

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

MODELO DE REINGENIERÍA DE PROCESOS PARA EL CENTRO DE AUTO LAVADO SANTA LUCÍA, OAXACA, OAX.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS EMPRESARIALES

PRESENTA

HADYA CONCEPCIÓN DÍAZ ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS

M.A. CONRADO AGUILAR CRUZ

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAX. ABRIL 2005

A mis padres Ignacio y Verónica,
a mis hermanos Erick, Alberto y Rosario, y a
mis amigos.

AGRADECIMIENTOS

A mis sinodales, los profesores Olivia Allende Hernández, Mónica Espinosa Espíndola y Mark Multer Pueppke, por el tiempo invertido en la revisión de esta tesis.

A mi asesor; profesor Conrado Aguilar Cruz por dirigir esta tesis y por su amistad.

A la profesora Norma Edith Alamilla López por ayudarme en la resolución matemática y enseñarme que las cosas no son tan complicadas.

A todos mis profesores por compartirme sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	14
HIPÓTESIS.....	14
METODOLOGÍA.....	15
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	19
1.1 Reingeniería.....	20
1.1.1 Antecedentes.....	21
1.1.2 Conceptos.....	21
1.1.3 Aplicación.....	22
1.1.4 Tipos de reingeniería.....	24
1.1.4.1 Reingeniería organizacional.....	24
1.1.4.2 Reingeniería de procesos.....	24
1.2 Modelo de procesos de negocios.....	27
1.2.1 Modelo de mejora de procesos (MP).....	27
1.2.1.1 Principios.....	28
1.2.1.2 Herramientas de ayuda.....	30
1.2.1.3 Metodología.....	32
1.3 Teoría de colas.....	35
1.3.1 Estructura del sistema.....	36
1.4 Matriz FODA.....	40
1.4.1 Estrategias alternativas.....	40
1.5 Reflexiones finales.....	42
CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO DEL CENTRO DE AUTO LAVADO SANTA LUCÍA.....	45
2.1 Antecedentes.....	46
2.1.1 Clientes.....	48

2.1.2	Competencia.....	49
2.1.3	Proceso de lavado	50
2.2	Análisis desde el enfoque de la teoría de colas	52
2.3	Análisis de posicionamiento FODA	55
CAPÍTULO 3. MODELO DE REINGENIERÍA DE PROCESOS PARA EL CENTRO DE AUTO LAVADO SANTA LUCÍA.....		59
3.1	Modelo basado en teoría de colas	60
3.2	Proceso de lavado actual	60
3.3	Modelo de lavado propuesto	69
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		81
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		91
BIBLIOGRAFÍA.....		96
Anexos.....		100
Glosario.		126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Acciones que tienen lugar durante un proceso dado.....	31
Tabla 1.2 Cuadro de estrategias alternativas.....	41
Tabla 2.1 Análisis de posicionamiento estratégico del centro de auto lavado.....	57
Tabla 3.1 Hoja de trabajo del proceso de lavado actual.....	64
Tabla 3.2 Resumen de datos de la hoja de trabajo del proceso de lavado actual.....	65
Tabla 3.3. Concentrado de operación y desperdicio del proceso actual de lavado.....	67
Tabla 3.4. Eficiencia del trabajo del proceso actual de lavado.....	68
Tabla 3.5 Costo de demora.....	68
Tabla 3.6 Utilidad del proceso actual de lavado.....	69
Tabla 3.7 Hoja de trabajo del proceso de lavado actual.....	74
Tabla 3.8 Resumen de datos de la hoja de trabajo del proceso de lavado propuesto.....	75
Tabla 3.9. Concentrado de datos de operación y desperdicio del modelo propuesto.....	77
Tabla 3.10. Eficiencia del trabajo del proceso de lavado.....	77
Tabla 3.11 Costo de demora.....	78
Tabla 3.12 Utilidad del proceso de lavado propuesto.....	78
Tabla 4.1 Síntesis del diagrama de cuerdas.....	83
Tabla 4.2 Comparativo de la eficiencia de trabajo entre el modelo actual y el propuesto	84
Tabla 4.3 Comparativo del costo de demora.....	85
Tabla 4.4 Comparativo de las utilidades.....	86
Tabla 4.5 Comparativo de las colas.....	86
Tabla 4.6 Costo de la demora.....	88
Tabla 4.7 Utilidades.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diamante del sistema de negocios.....	26
Figura 1.2. Modelo básico del diseño estratégico	42
Figura 2.1. Croquis del centro de auto lavado.....	47
Figura 2.2 Diagrama del Proceso de Lavado.	51
Figura 2.3 Estructura de colas del centro de auto lavado.....	53
Figura 3.1 Diagrama de cuerdas actual, escala (1:300).....	66
Figura 3.2 Flujograma del proceso actual de lavado	67
Figura 3.3 Redistribución centro de auto lavado propuesto, escala (1:300).....	70
Figura 3.4 Diagrama de cuerdas del proceso de lavado propuesto, escala (1:300).....	76
Figura 3.5 Flujograma del proceso de lavado propuesto.....	77
Figura 4.1 Gráficas de las hojas de trabajo del modelo actual y propuesto (minutos).....	82
Figura 4.2 Comparativo del flujograma del proceso actual y propuesto	84

INTRODUCCIÓN

Lavar el automóvil en casa es una práctica cada vez menos común debido entre otros factores a la escasez de tiempo, la modificación de los hábitos y preferencias de los usuarios y a la creciente proliferación de negocios especializados en el lavado de automóviles. Estos centros de lavado los hay con diversas características, desde los de piso de tierra en espacios inadecuados y lavado manual hasta aquellos semi o completamente automatizados. Este sector ofrece una calidad heterogénea en el servicio, según sea el caso. El precio va desde 25 hasta 150 pesos de acuerdo al tipo de servicio; lavado, aspirado y encerado. La creciente competencia, el desarrollo tecnológico y el incremento del parque vehicular en los últimos años hacen indispensable el estudio de este tipo de negocios, sus procesos, el grado de satisfacción del cliente, la calidad de su servicio, entre otras variables sirven para conocer las características específicas de cada centro además de proporcionar información necesaria para la realización de un estudio el cual con lleve a la generación de estrategias alternativas para fortalecer y/o generar sus ventajas competitivas.

Desde sus inicios el centro de auto lavado Santa Lucía ha tenido un crecimiento continuo, que se refleja en la ampliación del negocio, el incremento en su cartera de clientes e incorporación de maquinaria para semi-automatizar el proceso de lavado.

Sin embargo, se prevé que su crecimiento en el mediano plazo está condicionado a diversas situaciones, por ejemplo; los tiempos de espera, actualmente pueden superar los 70 minutos cuando el sistema de lavado esta congestionado, esto es, líneas de espera largas mientras que en su competencia son de 30 minutos. Está situación afecta de manera negativa a los clientes, debido a que cuando éstos permanecen en una cola para recibir el servicio, están pagando un costo en tiempo, más alto del que esperaban y por ende sus otras actividades planeadas tienen que esperar. De la misma manera, las líneas de espera largas también son costosas para el centro de auto lavado; debido a que causan desaliento en los clientes, quienes al retirarse están generando menos ingresos para la empresa y en consecuencia se deteriora la imagen de la misma.

Otra situación que afecta al centro de auto lavado Santa Lucía¹ es la inexistencia de un sistema de control *primeras entradas primeras salidas*, lo que ocasiona el incumplimiento del orden de atención a clientes. Si bien es cierto que se atiende a los primeros clientes que llegan al establecimiento, éstos no son los primeros en salir, debido a que durante el proceso de lavado ocurren situaciones no previstas, por ejemplo, la descompostura de una máquina (aspiradora, pistola a presión, etc.), el diferencial en la habilidad de los trabajadores o bien, debido al tipo del automóvil, el servicio o el color del mismo.

Lo anterior, aunado a la inexistencia de control estadístico de la información durante el proceso de lavado, no permite medir el nivel de eficiencia en el proceso de lavado, la productividad de la mano de obra, ni prever necesidades futuras relacionadas con el servicio.

JUSTIFICACIÓN

El estudio se justifica porque el centro de lavado Santa Lucía participa en una industria de desarrollo creciente, según datos del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), de enero a septiembre de 2004 se vendieron en el país 509 mil 430 automóviles nuevos entre vehículos populares, compactos, de lujo, deportivos e importados. De acuerdo con la Secretaría de Economía (SE) se estima que en México más de 70 por ciento de los automovilistas lavan sus vehículos más de una vez a la semana, por ello el potencial del negocio del auto lavado es interesante.

De acuerdo a INEGI, en la ciudad de Oaxaca el incremento del parque vehicular 2003-2004 fue de 23,000 unidades, en este mismo año se abrieron 15 centros de auto lavado logrando un total de 120 centros registrados.

Entre los principales retos que enfrenta el centro de auto lavado Santa Lucía está la incorporación de tecnología que han realizado algunas empresas, lo que hace

¹ En lo sucesivo nos referiremos solo como el centro de auto lavado.

indispensable buscar el mejoramiento continuo de sus procesos y servicios que le permitan diferenciarse rápidamente de su competencia a través de la disminución de los tiempos de espera, bajar sus costos de operación que le permitan eficientar el sistema en su conjunto para aprovechar el aumento significativo de la demanda por los servicios.

En términos teóricos también se justifica debido a que la reingeniería de procesos se enfoca, particularmente, a la minimización de todo aquello que no agregue valor, esto puede dar como resultado la reducción de tiempos y al mejoramiento del servicio.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de esta investigación es formular un modelo de reingeniería de procesos del centro de auto lavado Santa Lucía, encaminado a mejorar la eficiencia del sistema en su conjunto que permita fortalecer sus ventajas competitivas.

Los *objetivos particulares* que se derivan del objetivo general son:

- Medir los tiempos de espera para determinar los cuellos de botella que permita eliminar los tiempos muertos e ineficiencias del sistema
- Determinar el tiempo real que dura el servicio de manera que se pueda medir la eficiencia del sistema.
- Realizar un análisis de posicionamiento FODA.

HIPÓTESIS

La formulación de este modelo de reingeniería de procesos del centro de auto lavado Santa Lucía, permite reducir el tiempo total en el sistema en un 50% e incrementar en más de un 30% el nivel de eficiencia.

METODOLOGÍA

Con el propósito de alcanzar los objetivos, se llevó a cabo investigación documental (libros, revistas, estadísticas, buscadores en Internet) e investigación de campo mediante entrevista estructurada y no-estructurada y observación directa.

En la entrevista estructura se aplicó el cuestionario² dirigido a los clientes con la finalidad de medir el nivel de satisfacción, detectar problemas potenciales y prever necesidades futuras.

Los clientes a entrevistar se eligieron de acuerdo al método de muestreo probabilístico simple, por lo que todos tuvieron la misma oportunidad de ser entrevistados (Weiers, 1995).

La entrevista no-estructurada se llevó a cabo con el propietario del centro de auto lavado con el objeto de conocer el establecimiento así como con los trabajadores con el fin de comprender el proceso de lavado.

Para la observación directa, se utilizó una hoja de trabajo³ en la cual se anotó la hora de entrada de todos los vehículos, la hora en que fue atendido, el momento en que terminó el servicio y la hora exacta en que el vehículo fue entregado a su propietario. Con lo que se pudo conocer el tiempo total en el sistema, desde la recepción del automóvil hasta su despacho incluyendo el tiempo de espera que tuvo que emplear el cliente.

Determinación de la muestra: En promedio asisten 178 automovilistas diariamente esto es equivalente a 1,248 servicios a la semana, empleando la fórmula de tamaño de la muestra al estimar una población finita de Weiers, la cual está dada por:

² Remítase al anexo 1 para ver el cuestionario

³ Véase el anexo 2 para ver el formato que se utilizó para el concentrado de la información

$$n = \frac{P(1-P)}{\frac{E^2}{z^2} + \frac{P(1-P)}{N}}$$

$N =$ Población

$E^2 =$ error muestral

$Z =$ desviación estándar

$P =$ probabilidad de que ocurra el evento

y considerando para este caso un margen de error de 5% y un nivel de confianza del 95%, se tiene que la muestra es de 293 cuestionarios. (Weiers, 1995:35)

MÉTODO

La teoría de colas se empleó para determinar los tiempos muertos, los momentos de mayor congestionamiento del sistema así como los cuellos de botella, también sirvió para conocer el tiempo real que dura el servicio, por ello el método de prueba de hipótesis de acuerdo a Gross (1974) aplicado fue:

1. Obtención de los tiempos entre llegadas así como el tiempo empleado en cada servicio.
2. Determinación de las distribuciones de probabilidad del tiempo entre llegadas y del tiempo de servicio mediante la prueba de bondad de ajuste.
3. Calculo del valor esperado y varianza de las distribuciones
4. Determinación del modelo de colas a seguir
5. Aplicación de las formulas de Little para conocer el factor de carga, fracción de pérdida, longitud promedio de la línea de espera y el tiempo total en el sistema.

El trabajo esta conformado por seis capítulos. En el primer capítulo se revisa la teoría referente a la reingeniería basado en el modelo de procesos de negocios, teoría de colas y matriz FODA. En el capítulo dos se desarrolla la metodología seguida para esta investigación. En el capítulo tres se abordan los antecedentes y características del centro de auto lavado Santa Lucía, también se realiza el análisis de posicionamiento FODA así como el análisis desde el enfoque de la teoría de colas. En el capítulo cuatro se desarrolla, el modelo de lavado propuesto, basado en el modelo de proceso de negocios, analizando el modelo de lavado actual. En el capítulo cinco se compara la hoja de trabajo, el diagrama de cuerdas, el flujograma de actividades tanto del modelo actual como el del modelo propuesto y se muestran los resultados obtenidos. Finalmente en el capítulo seis se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

C a p í t u l o 1

MARCO TEÓRICO

El marco teórico conceptual esta integrado por una nueva tendencia administrativa que permite reestructurar el proceso, reingeniería; un modelo de procesos de negocios; una herramienta de diagnóstico, matriz FODA; y otra que permite detectar los tiempos muertos, tiempos de espera y la longitud de la cola, teoría de colas.

1.1 Reingeniería

Hammer y Champy argumentan que existen tres fuerzas, por separado y en combinación están impulsando a las compañías a tener una mayor penetración en el mercado, que son: clientes, competencia y cambio (Hammer y Champy, 1994:17).

Los clientes que asumen el mando al decidir qué es lo que quieren, cuándo lo quieren y cuánto pagarán. La competencia que se intensifica al venirse abajo las barreras comerciales, ninguna compañía tiene su territorio protegido de la competencia extranjera, un sólo competidor eficiente puede subir el umbral competitivo para todas las compañías del mundo. El cambio es general y permanente hacia la creación de nuevas estrategias competitivas, productos e innovaciones en todos los ámbitos (Hammer y Champy, 1994).

Nuevas tendencias administrativas han surgido para ayudar a las empresas a afrontar dichas barreras, sin embargo para muchas, la reingeniería es la única esperanza de librarse de los métodos ineficaces y anticuados de manejar los negocios que los llevarán inevitablemente al desastre (Hammer y Champy, 1994:25).

Renovar su capacidad competitiva no es cuestión de hacer que la gente trabaje más duro, sino de aprender a trabajar de otra manera. La reingeniería tiene que concentrarse en un proceso fundamental del negocio, no en departamentos ni en otras unidades organizacionales (Hammer y Champy, 1994:2).

1.1.1 Antecedentes

Michael Hammer se ha convertido en el misionero del cambio organizacional masivo. Utiliza el termino “Reingeniería” para abogar por el trabajo del diseño radical.

Hace aproximadamente 12 años, Hammer junto con Champy, empezaron a observar que unas pocas compañías habían mejorado espectacularmente su rendimiento en unas áreas de su negocio cambiando radicalmente las formas en que trabajaban. No habían cambiado el negocio a que se dedicaban, habían alterado en forma significativa los procesos que seguían y todos los procedimientos. Poco a poco examinaron las experiencias de muchas compañías, y gradualmente vieron surgir una serie de procedimientos que efectuaba el cambio radical. Con el tiempo, le dieron a esta serie de procedimientos el nombre de reingeniería⁴ (Hammer y Cahmpy, 1994:3).

1.1.2 Conceptos

La reingeniería es definida como: el replanteamiento fundamental y rediseño radical de los procesos de las empresas para el logro de mejoras drásticas en medidas contemporáneas de desempeño tan importantes como costo, calidad, servicio y rapidez (Hammer y Cahmpy, 1994:34).

Bennis la definen como: reinventar a la empresa desafiando sus doctrinas, sistemas y actividades existentes para redespigar motivacionalmente sus recursos humanos y de capital en procesos ínter funcionales. La reinención busca optimizar la posición competitiva de la empresa, su valor para los accionistas y su contribución a la sociedad (Bennis y Mische, 1996:15).

En este marco, un proceso de negocios es un conjunto de actividades que reciben uno o más insumos para crear un producto de valor para el cliente. Reingeniería no es hacer más con menos, es con menos dar más al cliente. El objetivo es hacer lo que ya

⁴ También llamaremos a la reingeniería como: “rediseño de procesos”, “recomienzo”, “reinicio” o “reinención”.

estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente. Es rediseñar los procesos de manera que estos no estén fragmentados. Entonces la compañía se las podrá arreglar sin burocracias e ineficiencias (Hammer y Champy, 1994:35).

Del análisis de los conceptos se puede percatar que la reingeniería es una herramienta que le permite a las empresas redefinir sus procesos productivos y procedimientos administrativos, con el objeto de que esta logre adaptar su ventaja competitiva al entorno cambiante en el que se desenvuelven y con ello cumplir con las exigencias del mercado. De la misma manera la reingeniería no solo busca la satisfacción de los clientes sino también la del recurso humano de la empresa.

La reingeniería persigue definir criterios de simplificación y optimización que permiten alcanzar las metas del cambio (Lowenthal, 1997:40).

- Racionalizar las operaciones
- Reducir los costos
- Mejorar la calidad
- Aumentar los ingresos
- Mejorar la orientación hacia los clientes basándose en:
 - Distribución de carga de trabajos
 - Reducción de tiempo y papeleo
 - Apoyo computacional
 - Apoyo de otras áreas
 - Evitar duplicidad e inconsistencia
 - Orientación al servicio al cliente

1.1.3 Aplicación

Existen tres tipos de empresas donde puede aplicarse la reingeniería y alcanzar éxito, siempre y cuando éstas se atrevan a afrontar el reto (Hammer y Champy, 1994:36).

En primer lugar están aquellas empresas que se encuentran en graves dificultades, es decir, no tienen más remedio que reinventarse.

En segundo lugar están las compañías que todavía no se encuentran con ningún problema de importancia, pero tienen la capacidad de detectarlos. En dichas compañías, los resultados financieros podrían ser satisfactorios, pero pueden ser detectadas dificultades como: competidores, requisitos cambiantes de la clientela, cambios económicos drásticos, etc. Para que este tipo de compañías siga por el buen camino por el que están acostumbradas a transitar, es necesario que se rediseñen antes de caer en la adversidad.

En tercer y último lugar, tenemos a las compañías que se encuentran en óptimas condiciones y emprenden la reingeniería como una oportunidad de ampliar su ventaja sobre los competidores levantando más la barrera que han logrado imponer durante mucho tiempo.

Organizaciones como Chrysler, Ford, y Harley Davidson fueron las pioneras de la reingeniería, comprendieron que se enfrentaban a cambios del entorno de gran magnitud, que requerían como respuesta modificaciones masivas de estructuras internas. Para ellas la reingeniería se convirtió en el camino del éxito y de la supervivencia. Chrysler a través de la formación de grupos interfuncionales barrió a la competencia introduciendo nuevos vehículos, Harley Davidson ganó el 65% del mercado de motocicletas, Ford pudo disminuir su plantilla de trabajadores en el área de cuentas por cobrar. Disney también optó por la reingeniería al reinventar sus operaciones de entretenimiento. El proceso de reingeniería de Home Depot cambió radicalmente la forma en que las personas adquirían los materiales para remodelar su hogar, al aplicar el concepto de almacenes de venta al menudeo. Otras empresas que optaron por la reingeniería para continuar en el gusto del consumidor son Toyota, Yamaha, Matsushita, Pepsico, BMW, Motorola, General Electric, Merck y AT&T, entre otros, las cuales a pesar de que operaban con éxito decidieron aplicar el proceso de reingeniería, (Hammer y Champy, 1994).

Es importante señalar que la reingeniería no es de aplicación exclusiva a grandes empresas, puede ser aplicada a cualquier empresa sin importar el tamaño, giro, etc. ejemplo de esto, de acuerdo a COMPITE⁵, en México la reingeniería esta siendo aplicada en empresas de textiles, de madera, de alimentos, muebles y confección.

1.1.4 Tipos de reingeniería

La reingeniería puede aplicarse de forma integral o parcial, es decir, puede abarcar la totalidad de la empresa o un área específica, denominadas reingeniería organizacional y reingeniería de procesos respectivamente.

1.1.4.1 Reingeniería organizacional

Lowenthal define a la reingeniería de la organización como: el pensamiento nuevo y el rediseño fundamental de los procesos operativos y la estructura organizacional, orientado hacia las competencias esenciales de la organización, para lograr mejoras dramáticas en su desempeño (Lowenthal, 1997:37).

La reingeniería organizacional es un proceso por el cual una empresa puede rediseñar su forma de hacer negocios para elevar al máximo las competencias esenciales y a su vez, este rediseño provoca ganancias dramáticas o significativamente más elevadas de mayor satisfacción para el cliente, que implica reducción de gastos, consolidación de actividades y aumento de la productividad (Lowenthal, 1997:35).

1.1.4.2 Reingeniería de procesos

Johanson define la reingeniería de procesos como: El método mediante el cual una organización puede lograr un cambio radical de rendimiento medido por el costo, tiempo de ciclo, servicio y calidad, mediante la aplicación de varias técnicas empleadas para el

⁵ Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C

diseño de los procesos del producto y/o servicio principal de la empresa, orientados hacia el cliente en integrar una serie de funciones organizacionales (Johanson 1997:16).

Cuando se quiere aplicar la reingeniería de procesos es importante que se entienda perfectamente qué son los procesos y por qué es la clave del éxito de un negocio. Un proceso es una serie de actividades vinculadas que toma materia prima y la transforma en un producto y/o servicio (Johanson, 1997:75). Hammer define un proceso de negocios⁶ como un conjunto de actividades que recibe uno o más insumos y crea un producto de valor para el cliente (Hammer y Champy 1994:37)

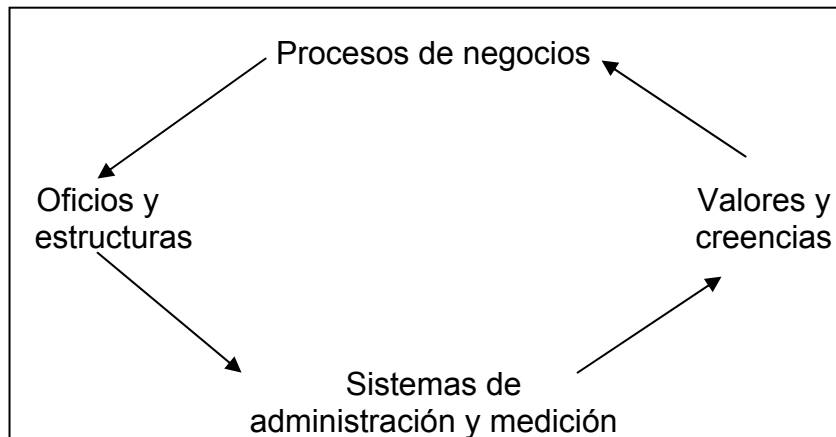
Los procesos son la clave del éxito porque son la base sobre la cual todos los negocios crean riqueza, al pensar en los negocios como procesos y no como funciones, los administradores pueden enfocar sus esfuerzos para simplificar los procesos y crear valor con menos esfuerzo, en lugar de concentrarse en reducir el tamaño de las funciones para simplemente reducir costos (Johanson, 1997:237).

Ahora bien, la reingeniería de procesos significa desafiar y descartar valores tradicionales, precedentes históricos, métodos comprobados y conocimientos convencionales, para reemplazarlos con conceptos y técnicas completamente diferentes. Implica redirigir y re-entrenar a los trabajadores de acuerdo con esos nuevos conceptos y técnicas, (Bennis, 1996:25).

Cuando se rediseñan los procesos de negocios en una empresa se cambia prácticamente todo en ella, porque los aspectos de personal, oficios, administración y valores están vinculados entre sí. Los denominan los cuatro puntos del diamante del sistema de negocios, figura 1.1 (Hammer y Champy, 1994:86).

⁶ Procesos y procesos de negocios se utilizaran indistintamente.

Figura 1.1 Diamante del sistema de negocios



Fuente: Hammer y Champy 1994:86.

Los enlaces son claves. El punto superior del diamante, procesos, determina el segundo punto, oficios y como se agrupan y organizan las personas que los ejecutan. Los procesos fragmentados que se encuentran en las compañías tradicionales llevan a oficios estrechamente especializados y a organizaciones basadas en departamentos funcionales. Los procesos integrados llevan a oficios multidimensionales que se organizan mejor en equipos de procesos.

De igual manera, las personas que desempeñan oficios multidimensionales y están organizadas en equipos tienen que engancharse, evaluarse y pagarse por medio de sistemas administrativos apropiados. En otras palabras, oficios y estructuras, determinados por los diseños de proceso, a su vez llevan al tercer punto del diamante, el tipo de sistemas administrativos que debe tener una compañía.

Los sistemas administrativos- cómo se les paga a los trabajadores, las medidas por las cuales se evalúa su desempeño, etc.- son los principales formadores de los valores y las creencias de los empleados, cuarto punto del diamante. Finalmente, los valores y creencias dominantes en una empresa tienen que sustentar el desempeño de los diseños de los procesos. Por ejemplo, un proceso de despacho de pedidos diseñado para obrar rápidamente y con precisión, no funcionará así a menos que las personas encargadas de

él crean que la rapidez y la precisión son importantes. Esto nos trae otra vez al punto alto del diamante. Por ello en la reingeniería de negocios no basta con rediseñar los procesos. Todos los cuatro puntos del sistema de negocios tienen que concordar entre sí, o de lo contrario la compañía será defectuosa o mal formada.

La reingeniería de procesos busca conocer cada paso al realizar determinada actividad (operativa, administrativa, contable, etc.) y tratar de buscar el cambio total o parcial hacia la mejora de procesos cumpliendo con los objetivos tanto de la empresa como de la reingeniería; en cambio, la reingeniería organizacional retoma aspectos estratégicos (marketing, publicidad, nivel de inventarios, etc.), es decir, la reingeniería de procesos busca mejorar los procesos una vez que la empresa ha definido su ventaja competitiva o sus estrategias para adaptarlas al cambio que promueve la reingeniería, por otro lado la reingeniería organizacional define las estrategias suficientes que proporcionen a la empresa las ventajas competitivas a considerar en el proceso de aplicación de la reingeniería, por lo tanto, en la reingeniería de procesos las ventajas competitivas ya están definidas no siendo así en la reingeniería organizacional en donde éstas se tienen que definir (Hammer y Champy 1994:86-87).

1.2 Modelo de procesos de negocios

Los modelos de negocios son útiles para entender la importancia de los procesos al contribuir al desempeño de un negocio. Existen modelos de contabilidad, de mercadotecnia y fijación de precios, de producción, mejora de procesos, etc. cualquiera de estas técnicas de modelado puede ayudar en la reingeniería de procesos.

1.2.1 Modelo de mejora de procesos (MP)

No existe un modelo de reingeniería de procesos universal, sin embargo, J. Harbour después de estudiar a empresas estadounidenses y japonesas, teniendo el conocimiento inicial de los precursores Michael Hammer y James Champy, logró hacer práctica la aplicación de la reingeniería a través de un modelo de mejora de procesos.

1.2.1.1 Principios

Harbour estable que los principios del modelo de mejora de procesos para aplicar la reingeniería son:

1. Eliminar el desperdicio. Para disminuir el desperdicio se pueden eliminar los siguientes procesos: almacenaje, demora, inspección, retrabajo y transporte. Es importante identificar el propósito y el rendimiento que se persigue al analizar el efecto que produce la eliminación de los procesos antes mencionados; si el proceso no se ve afectado, se procede a la eliminación.
2. Reducir el desperdicio al mínimo. Generalmente, el desperdicio no se puede eliminar completamente, pero se debe reducir al mínimo; esto implica buscar la forma de reducir el número de actividades sin afectar el resultado del proceso sujeto a estudio; por ejemplo, en vez de enviar una forma por correo, se puede enviar vía fax; con lo que se reduce al mínimo el tiempo de paso de transporte.
3. Simplificar. Este principio es importante dado que se basa en la sencillez y el empleo de un número mínimo de pasos, haciendo que el proceso sea fácil de identificar, ejecutar y comprender. Generalmente, los procesos sencillos logran tiempos breves en su ciclo, bajos costos y propician menos defectos.
4. Combinar pasos en los procesos. Como se ha dicho anteriormente, no siempre es posible eliminar el desperdicio; sin embargo, la forma de obtener menor número de pasos es mediante la combinación de los pasos que generan desperdicio con el paso de operación, el cual agrega valor; aun cuando al combinarlos no generen rendimientos.
5. Diseñar procesos con rutas alternas. Existen puntos de decisión que eliminan pasos innecesarios del proceso que representan desperdicio; un punto de decisión

es similar a una demacración: si algo es cierto, entonces se toma una determinada decisión, si es falso, entonces se toma otra.

6. Pensar en paralelo, no en línea. Uno de los aspectos que se deben llevar a cabo al aplicar reingeniería es que cuando se diseñe un proceso se tome en cuenta que el objetivo es mejorar la eficiencia. Las cadenas lineales de pasos hacen que los procesos sean más largos, además de que deben esperar la conclusión del paso previo antes de iniciar el siguiente. Para mejorar la eficiencia de los procesos se debe adoptar una forma de pensar en paralelo y ser diseñados utilizando procesos convergentes y divergentes.
7. Recabar los datos en su origen. Recabar más de una vez la información se considera un desperdicio, por lo que la mayoría de las empresas emplean actividades en donde suponen recolectar y manejar mejor la información.
8. Usar tecnología para mejorar el proceso. La opinión sobre el uso de la tecnología es compartida, algunas personas piensan que es la solución a todo problema y otras opinan que es un problema y no es una solución; lo cierto es que, para utilizar tecnología se debe comprender la importancia de las facilidades que ésta proporciona a las empresas en la búsqueda de mejores formas de aprovechamiento. Muchas empresas adquieren tecnología porque consideran que eso significa el primer paso para crecer, sin ser conscientes de la capacidad que ésta proporciona para efectuar el cambio, ya que su interés es no quedarse fuera de la moda que ellos interpretan como tecnología. Para evitar esto, es importante considerar principalmente los siguientes aspectos antes de adquirir tecnología:⁷
 - Planear la forma de utilizarla.
 - Tener una idea de la capacidad de la empresa y el tipo de tecnología que se requiere.

⁷ Estos suelen ser los aspectos principales que deben considerarse para adquirir tecnología, sin embargo, pueden ser más los aspectos a considerar.

- No dejar que la tecnología rija el proceso: la tecnología debe ser utilizada para mejorar el proceso y no desarrollar los procesos en torno a la tecnología.

Si la evaluación de los anteriores aspectos refleja la posibilidad de adquirir tecnología, ésta ayudará a mejorar, agilizar y reducir los costos que los pasos de desperdicio generan en los procesos.

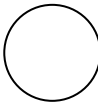

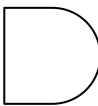



9. Dejar que los clientes ayuden en el proceso. La empresa considera, equivocadamente, que el compromiso por parte del cliente se retribuye al brindar un buen servicio, “hacer todo por el cliente”. Para elevar la eficiencia del proceso y contribuir a la satisfacción del cliente, se debe permitir que el cliente maneje el proceso o haga parte del trabajo. Algunas características de este principio consisten en: involucrar a los clientes directamente en el proceso. permitir que los clientes inicien el proceso, dejar que los clientes realicen una buena parte del trabajo, usar tecnología que ayuden a mejorar el servicio al cliente. (Harbour, 1999:107).

1.2.1.2 Herramientas de ayuda

El modelo MP cuenta con la ayuda de las siguientes herramientas:

- ❖ Simbología. Facilita la comprensión de la aplicación de reingeniería mediante el uso de símbolos estandarizados que identifican de manera gráfica cada paso del proceso (Tabla 1.1) y contribuye al desarrollo de la hoja de trabajo.

Tabla 1.1 Acciones que tienen lugar durante un proceso dado.

Simbología para el modelo MP			
Actividad	Símbolo	Definición	Resultado
Operación.		Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o se está planeando algo.	Se produce o efectúa algo.
Transporte		Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección	Se cambia de lugar o se mueve
Demora (no programada)		Ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Con esto se retarda el siguiente paso planeado.	Se interfiere o retrasa el paso siguiente
Inspección		Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características.	Se verifica calidad o cantidad
Almacenaje (demora programada)		Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.	Se guarda o protege
Decisión		Está diseñado para la excepción, no para la regla. Es una alternativa en el caso de que una actividad tenga dos posibilidades para su realización.	Se toma una decisión

Fuente: Vaughin, México 2004

- ❖ Hoja de trabajo. Herramienta cuyo formato permite la recopilación sistemática de la información necesaria para el rediseño del proceso; los procesos más importantes a tomar en cuenta para cada actividad o paso son:
 - Número de identificación
 - Descripción
 - Símbolo correspondiente
 - Tiempo de realización
 - Comportamiento gráfico de acuerdo a la simbología

Finalmente, debe indicarse el total de pasos y el tiempo, en minutos, empleados en el proceso de estudio. Los resultados obtenidos servirán para calcular la eficiencia del trabajo y la utilidad; previa clasificación de los pasos en trabajo o demora.

- ❖ Diagrama de cuerdas. Una planta a escala que muestra el movimiento de los hombres o materiales mediante una “cuerda” que sigue la trayectoria de cada uno.
- ❖ Flujograma de actividades. Esta herramienta permite clasificar los procesos en lineales, paralelos, divergentes, convergentes o de árboles de decisiones; también indica la secuencia global del proceso y la simbología de cada paso que se describe en la hoja de trabajo.

1.2.1.3 Metodología

De acuerdo a Harbour (1998) modificado por Suarez (2002), los pasos a seguir para la elaboración del modelo son:

Paso 1. Observar y definir los límites del proceso. Este paso analiza los procesos para determinar cual de ellos requiere ser mejorado; dicho análisis se lleva a cabo mediante la observación y cuestionamiento a los representantes o encargados de las áreas más importantes de la empresa y contempla tres aspectos: la selección del área, la definición de los límites y la identificación de los insumos y rendimientos del proceso.

- a) Selección del área. Se define el área sujeta a cambios dependiendo del grado de importancia que tiene dentro de la empresa; es decir, si el proceso cuesta grandes sumas de dinero, si requiere mucho tiempo o tiene serios problemas de calidad, lo cual impacta generalmente con el objetivo principal, que considera la satisfacción del cliente.
- b) Definir los límites. Para mejorar un proceso es necesario seleccionarlo y posteriormente, definir sus límites, determinando el inicio y final del proceso

para dividirlo en pasos más manejables. Lo anterior, se divide en tres pasos de estudio: Elegir el nivel adecuado, elección del parámetro y revisión del proceso.

- i. Elegir el nivel adecuado. Se delimita el proceso sujeto a estudio mediante la observación, estableciendo los pasos que lo integran y definiendo cada uno, de forma que resulten manejables y faciliten su análisis.
 - ii. Elección del parámetro más apropiado para medir el proceso. Es necesario establecer un parámetro que mida el tiempo del ciclo; su elección la realiza el ejecutor del cambio⁸ de acuerdo al tipo de actividad y/o medida que se considera más apropiada para el análisis cuantitativo y puede ser medido en días, horas, minutos, etc.
 - iii. Revisión del proceso sujeto a rediseño. El representante y el ejecutor revisan los pasos del proceso para verificar que la delimitación sea correcta; este es el momento para hacer las correcciones pertinentes.
- c) Identificación de los insumos y rendimientos del proceso. Simultáneamente al análisis del proceso, se especifican los insumos que se requieren para su desempeño y el rendimiento o resultado una vez terminado éste. Considera determinar los recursos requeridos para mejorar el proceso y definir los rendimientos resultantes.

Paso 2. Descripción de los pasos del proceso. Se detallan los datos necesarios del proceso y se registra cada una de las actividades en la hoja de trabajo, su tiempo de realización y la clasificación simbólica para un posterior análisis.

Paso 3. Recabar los datos cuantitativos y análisis de los pasos del proceso. Una vez recabados los datos necesarios del proceso y para apoyar las observaciones, es

⁸ Persona a cargo de aplicar la reingeniería a la empresa, proponiendo el tipo de mejora acorde a las necesidades de la empresa.

necesario tomar en cuenta ciertas medidas como la eficiencia del trabajo y la utilidad⁹, variables útiles como referencia para una mejor apreciación de los resultados. La eficiencia del trabajo y la utilidad se determinan mediante las ecuaciones E3.1 y E3.2

$$\text{Eficiencia del trabajo} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Trabajo} + \text{Desperdicio}} \cdot 100\% \quad (\text{E.3.1})$$

$$\text{Utilidad} = \text{Valor de Rendimiento} - (\text{Costos de Insumos} + \text{Costos del Proceso}) \quad (\text{E.3.2})$$

Cabe mencionar que el cálculo de la eficiencia se lleva a cabo mediante la clasificación de los símbolos, empleados en la hoja de trabajo, en aquellos que agregan valor al proceso considerados como parte del trabajo y aquellos que generan demoras o que no agregan valor a los procesos considerados como desperdicio. El único símbolo que se considera como parte del trabajo es el de operación, representado por un círculo, mientras que todos los demás se consideran como desperdicio.

Paso 4. Análisis de resultados. Después de calcular la eficiencia del proceso, se procede a analizar el resultado cuyo porcentaje muestra lo que el proceso puede mejorar; por otro lado, mediante el cálculo de utilidad se analizan los rendimientos, los costos obtenidos y se comparan los resultados del proceso antes y después de aplicar la reingeniería, con la finalidad de formular el diagnóstico de la propuesta de mejora dentro de la empresa.

Paso 5. Desarrollo de mejoras. El ejecutor del cambio desarrolla la propuesta del modelo MP de reingeniería a la empresa realizando una comparativa entre variables

⁹ Conceptos propios de la reingeniería y que tienen poco ó nada que ver con la concepción contable, cuyas variables se describen en las ecuaciones E.3.1 y E.3.2.

como el tiempo, eficiencia y rendimientos de la propuesta y el proceso tradicional; resultado de esa comparativa es la elaboración de un documento que exprese claramente las sugerencias de mejora para el proceso analizado y sea presentado a los representantes de la empresa para su análisis correspondiente.

Paso 6. Implantar mejoras. Al presentar los resultados obtenidos de la aplicación del modelo, se espera la decisión o autorización por parte del gerente de la empresa para hincar la implantación de la propuesta de mejora MP.

1.3 Teoría de colas

Con frecuencia, las empresas deben tomar decisiones respecto al caudal de servicios que debe estar preparada para ofrecer. Sin embargo, muchas veces es imposible predecir con exactitud cuándo llegarán los clientes que demandan el servicio y/o cuánto tiempo será necesario para dar ese servicio. Estar preparado para ofrecer todo servicio que se solicite en cualquier momento puede implicar mantener recursos ociosos y costos excesivos. Pero, por otro lado, carecer de la capacidad de servicio suficiente causa colas excesivamente largas en ciertos momentos.

Mientras los trabajos esperan por el servicio, están en una línea de espera o cola. El orden en que estos se atienden suele ser del tipo primeras entradas, primeras salidas (PEPS), es decir, primero en entrar, primero en salir. Ahora bien, cuando los clientes tienen que esperar en una cola para recibir el servicio están pagando un costo en tiempo, más alto del que esperaban. Las líneas de espera largas también son costosas para la empresa ya que producen pérdida de prestigio y pérdida de clientes.

La teoría de colas está relacionada en primer lugar, con procesos que tienen variabilidad en la llegada de los trabajos al sistema, el tiempo que se requiere para atenderlos. El resultado como se mencionó anteriormente es congestión y líneas de espera. Así como costos asociados con tener trabajos de espera y costos asociados con

agregar más capacidad de servicio, de tal manera el reto de la gerencia es equilibrar estos costos (Charles y Warren, 2000:371).

La teoría de las colas en si no resuelve directamente el problema, pero contribuye con la información vital que se requiere para tomar las decisiones concernientes prediciendo algunas características sobre la línea de espera así como el tiempo de espera promedio.

La teoría de colas permite detectar tiempos muertos, mejorar la eficiencia del servicio y atención al cliente así como generar confianza (empresa-cliente, empresa-trabajadores). Obteniendo de esta manera una ventaja competitiva que permita permanecer en el gusto de los clientes.

1.3.1 Estructura del sistema

Según Charles y Warren (2000), las distinciones estructurales más importantes y algunas de las medidas más comunes del desempeño del sistema son:

- **Sistemas de pérdida frente a sistemas de colas.-** Los sistemas de pérdida son aquellos donde las llegadas al sistema simplemente salen de éste cuando encuentran retraso. En los sistemas de colas, las llegadas al sistema esperan en la línea de servicio.
- **Llegadas.-** Los trabajos entran al sistema en busca de servicio. Pueden llegar por separado o en lotes; pueden tener diferencias de tiempo o similares entre sí o seguir un patrón aleatorio.
- **Servicios.-** Cada trabajo debe atenderse. El tiempo de servicio requerido puede ser el mismo para cada trabajo o puede variar considerablemente de manera aleatoria.
- **Estación única o red de estaciones.-** El servicio puede prestarlo una sola unidad. Los sistemas que requieren de más de una estación se llaman redes de colas.

- Cantidad de servidores.- En una estación puede haber un solo servidor o canal. Los servidores pueden tener diferentes índices de servicio.
- Disciplina de las colas.- Mientras los trabajos esperan por el servicio, están en una línea de espera o cola. Puede haber un espacio limitado en la línea de espera y los trabajos que llegan cuando ésta se encuentra llena pueden ser desviados o rechazados. El orden en que los trabajos se atienden suele ser del tipo PEPS.
- Notación de Kendall.- Se ha convertido en una práctica estándar denotar los modelos de colas a través de una notación corta como sigue (Charles y Warren, 2000:374);

Distribución del Tiempo de Llegada / Distribución del Tiempo de servicio / Número de servidores o canales

Donde;

M ; distribución de Markov (poisson o exponencial)

D ; distribución determinística (es decir, constante)

G ; distribución general con media especificada y desviación estándar

Los modelos de colas son de acuerdo al tipo de distribución que sigue el tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio.

- ❖ Modelo de colas para un único servidor (Charles y Warren, 2000:377).

Cuando las llegadas son aleatorias y los tiempos entre llegadas proceden de una distribución de probabilidad exponencial (Markov). Hay un servidor o canal único. La disciplina de las colas es PEPS. Los tiempos promedio entre llegadas y de servicio no cambian con el paso del tiempo.

- M/G/1.- Los tiempos de servicio también se consideran aleatorios, siguiendo una distribución general con media μ_S y una desviación estándar σ_S . Los tiempos de servicio se consideran independientes entre sí e independientes del proceso de llegada.
- M/M/1.- Los tiempos de servicio es exponencial en donde la desviación estándar es igual a la media, es decir $\sigma_S = \mu_S$.
- M/D/1.- El tiempo de servicio es determinístico, es decir, es una constante con desviación estándar cero.

Cuando las distribuciones para el tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio son distribuciones de probabilidad con medias específicas y desviaciones estándar sigue un modelo G/G/1.

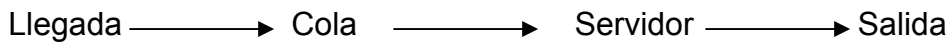
❖ Modelo de colas para múltiples servidores (Charles y Warren, 2000:382):

- M/M/c.- Los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y todos son atendidos con el mismo tiempo promedio de servicio.
- G/G/c.- Sistema en donde los trabajos que llegan así como los tiempos de servicio tienen una distribución general
- M/G/c.- Es un sistema en donde los trabajos llegan de manera aleatoria y los tiempos de servicio pueden tener una distribución general. Hay c canales de servicio. Los trabajos que llegan cuando todos los canales c están ocupados se pierden

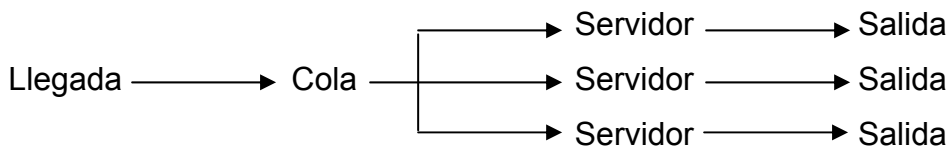
Existen muchos mas modelos, sin embargo los enunciados son los más comunes.

Una vez definidos los diferentes conceptos que integran las colas así como los diferentes modelos, de acuerdo a Gallagher las estructuras típicas de las colas son:

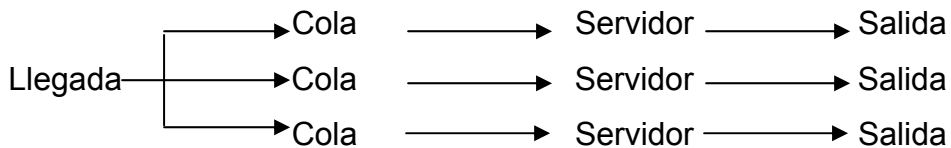
- a. Una línea, un servidor.- Ejemplo de este sistema es el lavado de vehículos automático o un muelle de descarga de un solo lugar.



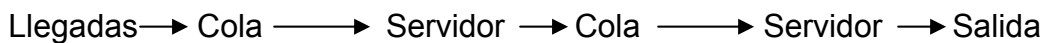
- b. Una línea, múltiples servidores.- Comunes en peluquerías o lavanderías en donde los clientes toman un número al entrar y se les atiende cuando les toca el turno.



- c. Varias líneas, múltiples servidores.- Los bancos y tiendas de autoservicio son un claro ejemplo de esta estructura.



- d. Una línea, servidores secuenciales.- Las fabricas se basan en este tipo de estructuras. (Gallagher, 1994:468);



1.4 Matriz FODA

La matriz FODA, es una herramienta que facilita el apareamiento entre las amenazas y oportunidades externas con las debilidades y fortalezas internas. Las variables que se utilizan para la elaboración de esta matriz son; **F** fortalezas, **O** oportunidades, **D** debilidades, **A** amenazas. (Koontz 2001:172).

- Fortalezas.- Son los recursos y capacidades especiales con que cuenta la organización, y por lo que posee una posición privilegiada frente a la competencia. Son de carácter interno; por ejemplo, cualidades administrativas, operativas, financieras, de comercialización, investigación y desarrollo, ingeniería, etc.
- Debilidades.- Son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia. Son de carácter interno; por ejemplo, debilidades en las áreas incluidas en el cuadro de fortalezas.
- Oportunidades.- Son aquellas posibilidades favorables que se deben reconocer o descubrir en el entorno en el que actúa la organización, y que permite obtener ventajas competitivas. Son de carácter externo; por ejemplo, condiciones económicas presentes y futuras, cambios políticos y sociales, nuevos productos, servicios y tecnología.
- Amenazas.- Son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la organización. Su carácter es externo; por ejemplo, escasez de energéticos, competencia.

1.4.1 Estrategias alternativas

De acuerdo a Koontz y Weihrich (2001), las estrategias alternativas se basan en el análisis de las condiciones externas y de las condiciones internas. Cuya combinación se convierte en estrategias FO, DO, FA y DA (ver tabla 1.2).

FO: fortaleza X para aprovechar oportunidad Y.

DO: estrategia X para superar debilidad Y, y aprovechar oportunidad Z.

FA: optimizar la fortaleza X para reducir al mínimo la amenaza Y.

DA: la estrategia X permite reducir al mínimo tanto la debilidad Y como la amenaza Z

Tabla 1.2 Cuadro de estrategias alternativas.

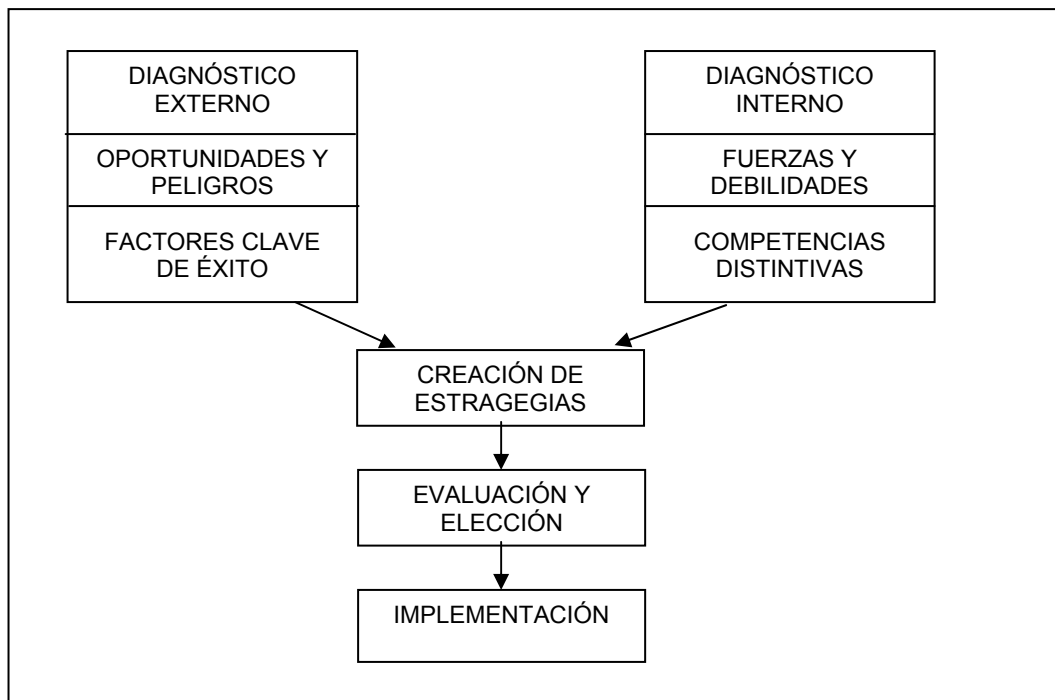
<div style="text-align: center;">Factores Internos</div> <div style="text-align: center;">Factores Externos</div>	<div style="text-align: center;">Fortalezas</div> <div style="text-align: center;"><i>Por ejemplo, cualidades administrativas, operativas financieras, de comercialización, investigación y desarrollo, ingeniería</i></div>	<div style="text-align: center;">Debilidades</div> <div style="text-align: center;"><i>Por ejemplo, debilidades de las áreas incluidas en el cuadro de "fortalezas"</i></div>
<div style="text-align: center;">Oportunidades</div> <div style="text-align: center;"><i>(Considérese también los riesgos): por ejemplo, condiciones económicas presentes y futuras, cambios políticos y sociales, nuevos productos, servicios y tecnología</i></div>	<div style="text-align: center;">Estrategia FO:</div> <div style="text-align: center;">maxi-maxi</div> <div style="text-align: center;"><i>Potencialmente la estrategia más exitosa, que se sirve de las fortalezas de la organización para aprovechar las oportunidades</i></div>	<div style="text-align: center;">Estrategia DO:</div> <div style="text-align: center;">mini-maxi</div> <div style="text-align: center;"><i>Pretende la reducción al mínimo de las debilidades y la optimización de las oportunidades</i></div>
<div style="text-align: center;">Amenazas</div> <div style="text-align: center;"><i>Por ejemplo, escasez de energéticos, competencia y áreas similares a las del cuadro superior de "oportunidades"</i></div>	<div style="text-align: center;">Estrategia FA:</div> <div style="text-align: center;">maxi-mini</div> <div style="text-align: center;"><i>Se basa en las fortalezas de la organización para enfrentar amenazas en su entorno, el propósito es optimizar las primeras y reducir al mínimo las segundas</i></div>	<div style="text-align: center;">Estrategia DA:</div> <div style="text-align: center;">mini-mini</div> <div style="text-align: center;"><i>Persigue la reducción al mínimo tanto de debilidades.</i></div>

Fuente: Harold Koontz y Weihrich, H. 2001:173

Sin embargo, la Escuela de Negocios de Harvard plantea que para el diseño de estrategias se debe poner énfasis primordialmente en el análisis de la situación interna y externa de la empresa. La relación de estos dos aspectos conduce a la creación de estrategias, o alternativas estratégicas, que permitan a la empresa lograr una mejor

posición. Las estrategias deben lograr el mejor aprovechamiento de las oportunidades del medio a la vez que reduzca el impacto potencial de los peligros que éste plantea, todo esto basado en las fuerzas internas de la empresa buscando contrarrestar las debilidades que posee (Loyola y Schettino, 1994:178) (ver figura 1.2).

Figura 1.2. Modelo básico del diseño estratégico



Fuente. Loyola y Schettino, 1994:179.

Por lo anterior, para la generación de estrategias se deben combinar los factores internos y externos de la empresa, es decir, deben estar encaminadas a la reducción de debilidades y amenazas aprovechando las oportunidades para consolidar las fortalezas.

1.5 Reflexiones finales

Retomando el marco teórico conceptual expuesto, se considera que: el enfoque de reingeniería de procesos es el más adecuado para el centro, debido a que éste busca fortalecer sus ventajas competitivas levantando más la barrera que han logrado imponer durante el tiempo de operación.

El modelo de colas a aplicar es del tipo M/G/c (sistema de pérdidas), ya que todos aquellos trabajos que llegan al centro de auto lavado cuando los lavadores estén ocupados, se pierden.

La estructura de las colas del centro de auto lavado es del tipo de una línea, múltiples servidores, por que el cliente que llega debe de esperar su turno para ser atendido por los diferentes lavadores y con ello iniciar el proceso de lavado.

El análisis FODA es el propuesto por Koontz y Weihrich, sin embargo, la generación de estrategias es en base a la escuela de negocios de Harvard.

C a p í t u l o 2

**DIAGNÓSTICO DEL
CENTRO DE AUTO
LAVADO SANTA
LUCÍA**

En seguida se presentan los antecedentes y se mencionan las características del centro de auto lavado como: clientes, competencia, proceso de lavado, así como el análisis de posicionamiento.

2.1 Antecedentes

El centro de auto lavado Santa Lucía se encuentra ubicado en Avenida Lázaro Cárdenas No. 99, Santa Lucia del Camino; Oaxaca, cuenta con una extensión de 1300m² (ver figura 2.1).

Inició sus operaciones en noviembre del 2000, contando solamente con una plancha¹⁰ de lavado y un lavador, para diciembre del mismo año ya tenía 3 planchas de lavado. Al día de hoy cuenta con 8 planchas de lavado, 2 de aspirado y 3 de secado.

En la actualidad cuenta con 14 trabajadores¹¹; de los cuales 12 son lavadores y 2 encargados. Cabe mencionar que los 12 lavadores trabajan los fines de semana debido a la afluencia de automóviles y entre semana sólo trabajan 10.

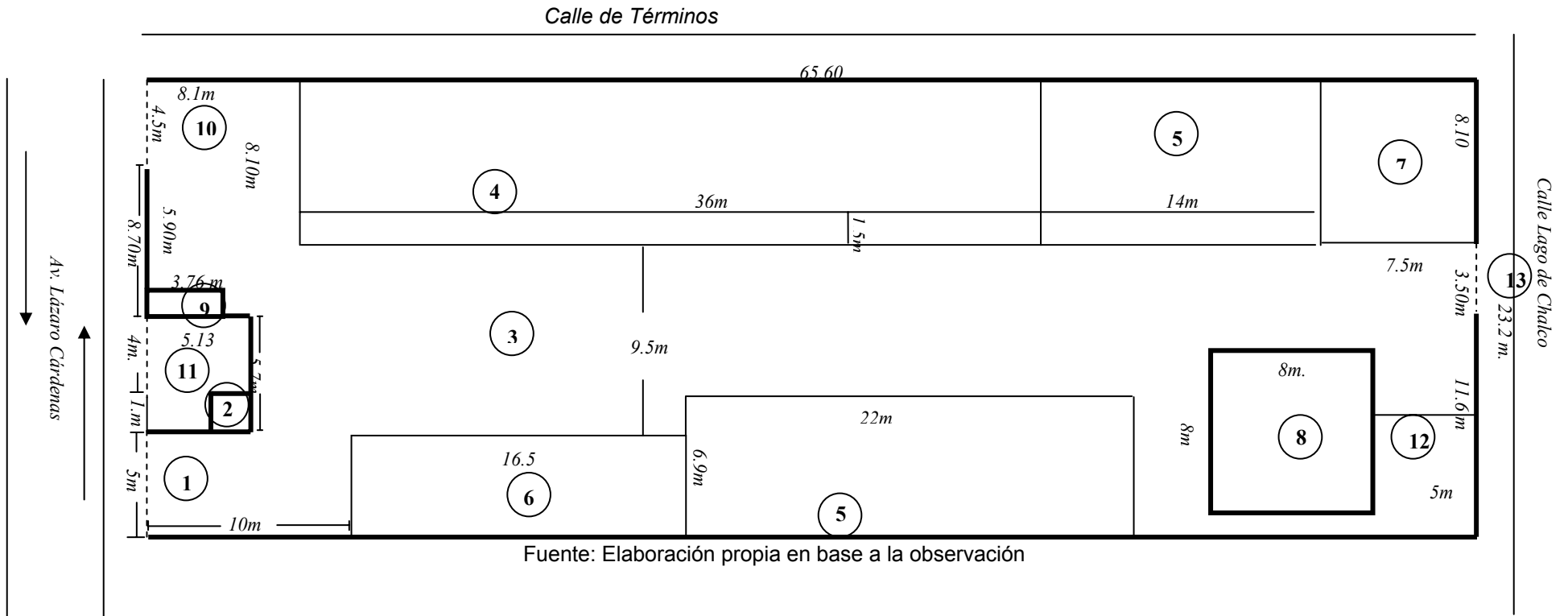
Los servicios que prestaba en sus orígenes era el de lavado y aspirado, a estas fechas además de brindar este servicio, también ofrece los servicios de; pulido y encerado, lavado de vestiduras, aplicación del *armor all*, lavado de carrocerías y lavado de motor a presión.

Actualmente se lavan 160 automóviles en promedio entre semana, y 210 los fines de semana, es de señalar que durante los meses de julio, agosto y septiembre la clientela se incrementa en un 10% debido al tiempo de lluvias.

¹⁰ Área de 12m² en el que se desarrolla la parte de pistoleado del automóvil.

¹¹ Todos inscritos al seguro social, IMSS.

Figura 2.1. Croquis del centro de auto lavado



Fuente: Elaboración propia en base a la observación

- | | | |
|----------------------|---|--------------------|
| 1. Entrada | 6. Sala de espera | 11. Tienda de ropa |
| 2. Recepción | 7. Estacionamiento para trabajos especiales | 12. Patio trasero |
| 3. Estacionamiento | 8. Almacén | 13. Puerta trasera |
| 4. Lavado a presión | 9. Baños | |
| 5. Secado y Aspirado | 10. Salida | |

En un primer período el servicio de lavado de automóviles era de 24 hrs. Sin embargo, en la actualidad el servicio es de 7a.m. a 22:00 p.m. A pesar de esta variación en el horario de atención sus utilidades no se vieron mermadas, los clientes procuran llevar su automóvil en los nuevos horarios, esta situación condujo al centro de auto lavado a una disminución de sus gastos de luz, teléfono.

Desde sus inicios, el centro de auto lavado ha tenido un desarrollo continuo que ha permitido la ampliación del negocio para brindarles un mejor servicio a sus clientes, ejemplo de ello es la introducción de 3 pistolas a presión con dos carretes (agua y espumadora) y 6 aspiradoras en el 2002 con la finalidad de agilizar el sistema de lavado. Así como la introducción de la máquina de café y la máquina de golosinas en la sala de espera, la primera instalada hace tres años y la segunda a finales de agosto del presente año, estas con el objeto de mejorar el servicio y hacer más amena la espera.

2.1.1 Clientes

A través de los resultados que arrojó el cuestionario aplicado a los clientes, se detectó que el centro de auto lavado no se centra en un tipo específico de automóviles para brindarles servicio, es decir, ofrece servicio de la misma calidad en limpieza tanto a un volkswagen o chevy como a un BMW ó Mercedes Benz.

El 9.0% de servicios diarios son clientes nuevos, el 20.7% clientes ocasionales que acuden una o dos veces al mes y el 70.3% restante son clientes constantes, de los cuales el 61.3% acuden una vez a la semana, el 27.0% dos veces por semana y 11.8% tres veces por semana, cabe resaltar que los clientes constantes conocen los días en que el sistema se encuentra congestionado (sábado, domingo, lunes por la mañana y viernes por la tarde) y por ello buscan acudir el resto de la semana.

A pesar de que se ofrece servicio a todos los vehículos en general, su mayor clientela son automóviles estándar y automáticos, camionetas de una cabina y de doble, autos tipo Van y suburban. También mencionar que del total de la clientela solo el 2.0% son taxis, esto se debe a que estos buscan rapidez, descuentos; preferencias que el centro de auto lavado no puede brindar debido a la imparcialidad que manejan.

Es importante señalar que asisten en la misma proporción hombres y mujeres, aunque estas por lo general dejan su automóvil en servicio mientras que los hombres esperan en el establecimiento.

Sus clientes son de un nivel socioeconómico medio, por ejemplo, el 31.4% gana entre 6 y 9 salarios mensuales, es decir entre \$7,560 a \$11,340 y el 51.4% más de 10 salarios mensuales, esto es más de \$12,600.

Una de las razones por la que los clientes acuden al centro de auto lavado es por la comodidad que este les representa, el establecimiento les queda de paso a su trabajo o cerca de su casa. Otro factor que influye es el proceso de lavado, son muy pocos los centros de auto lavado que ofrecen lavado a presión. Estas características dan una posición competitiva que es necesario fortalecer para no perderlas.

2.1.2 Competencia

La ciudad de Oaxaca a la fecha cuenta con 120 centros de lavado de automóviles registrados en 3 cabeceras municipales¹²; el 51.6% en el municipio de Oaxaca, 16.6% en el municipio de Santa Lucía y 31.6% en el municipio de Xoxocotlán. Sin embargo existen muchos otros que no se encuentran registrados.

¹² Se consideran los municipios de Oaxaca, Santa Lucía y Xoxocotlán, por ser las tres cabeceras municipales más importantes de la ciudad de Oaxaca además de la proximidad que existe entre ellas.

Otra competencia a la que se enfrenta el centro de auto lavado son todos aquellos establecimientos que están registrados como estacionamientos y brindan el servicio de lavado de autos, también aquellos niños y personas que se dedican al lavado de autos pero de manera informal.

Su principal competencia es OB y DAYTONA, estos ofrecen los mismos servicios además de la característica de que el proceso de lavado es semi-automatizado. Otro competidor es Mr. Wash, que está/ubicado a unos 6km. de distancia del centro de auto lavado, quien ofrece servicio de limpieza automatizado. Sin embargo en estos momentos Mr. Wash se encuentra en remodelación, situación que ha beneficiado al centro de auto lavado, los clientes de Mr. Wash acuden ahora al centro de auto lavado, razón por la cual se deben buscar estrategias para mantener a los clientes de Mr. Wash cuando este reinicie operaciones. Una estrategia que se puede implantar es mejorar la calidad del servicio.

2.1.3 Proceso de lavado

El proceso de lavado¹³ se lleva a cabo a través de personas especializadas¹⁴; lavadores.

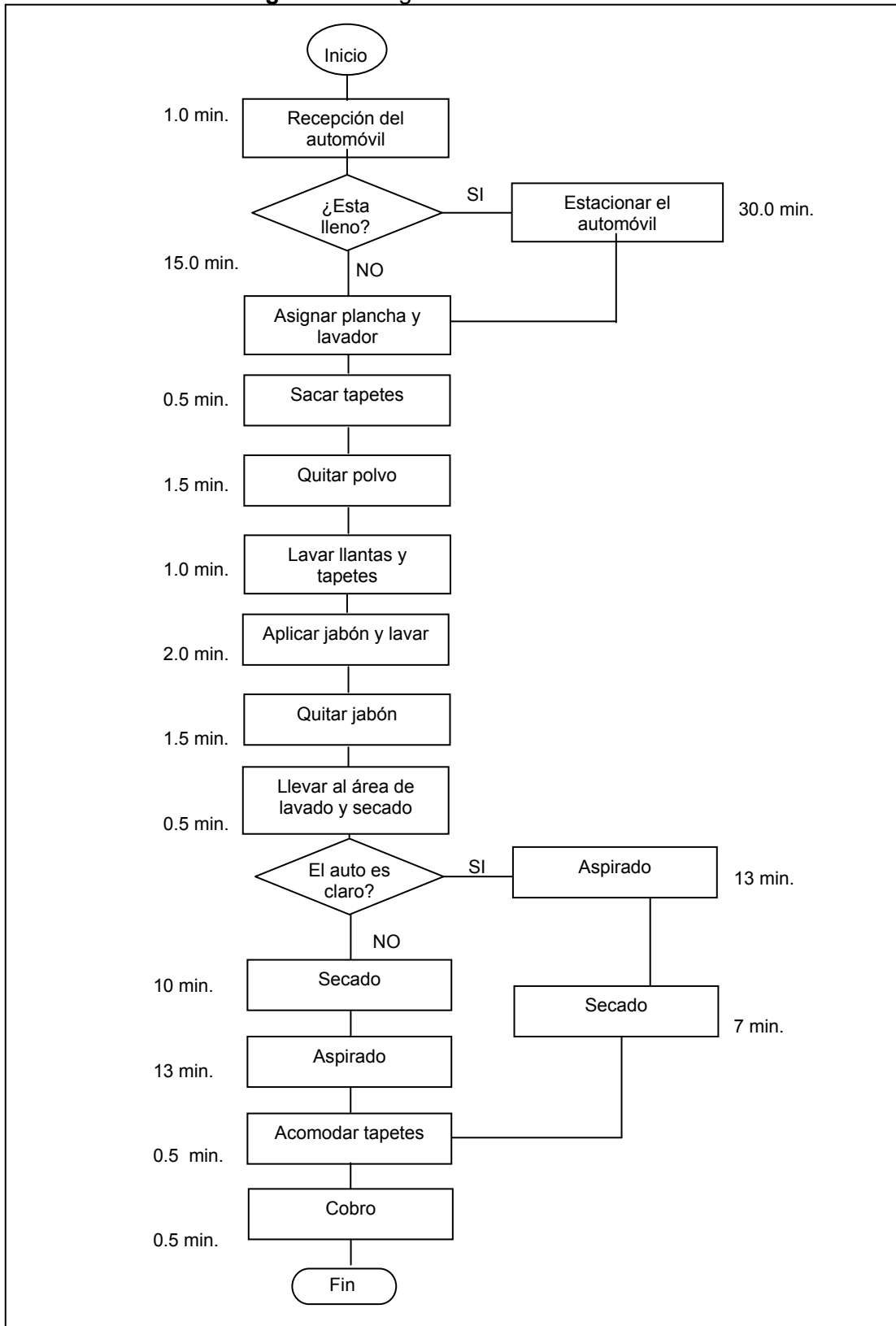
El proceso de lavado¹⁵ se muestra en el siguiente diagrama:

¹³ El estudio solo abarca el proceso de lavado, no incluye el análisis de los demás servicios que ofrece el centro de auto lavado.

¹⁴ Son especializadas porque llevan mucho tiempo lavando autos

¹⁵ En el capítulo 3 se estudia a profundidad el proceso de lavado actual.

Figura 2.2 Diagrama del Proceso de Lavado.



Fuente: Elaboración propia en base la observación

En promedio el servicio dura 35 minutos aproximadamente, esto varía dependiendo del color, tamaño y suciedad del automóvil así como de las líneas de espera. En caso de que todos los lavadores estén ocupados y no haya espacio disponible para colocar los automóviles en las planchas, el tiempo total en el sistema puede ser de más de 70 minutos, de los cuales los primeros 35 minutos son de espera para iniciar el proceso de lavado y los 35 minutos restantes lo que dura el proceso de lavado.

El aspirado y el secado es la parte del proceso que se lleva más tiempo, esta etapa dura 23 minutos. Para el aspirado se utiliza maquinaria industrial como las aspiradoras fijas, las cuales agilizan el servicio. En el secado se ocupan franelas, las cuales hacen que el proceso se atrase y no se continúe con el ritmo que se traía en un primer momento.

Hay que señalar que si el automóvil es de un color claro primero se aspira y después se seca en 20 minutos aproximadamente, en cambio, si es de un color oscuro primero se seca y después se aspira, el proceso es 3 minutos mas largo.

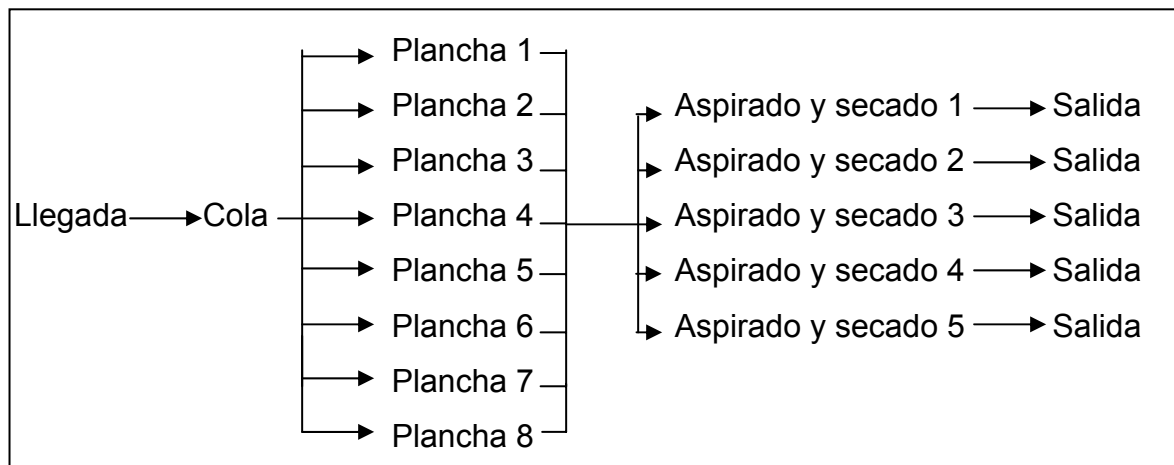
Como se mencionó anteriormente el servicio dura 35 minutos aproximadamente, no obstante este número no capta por completo el patrón de tiempo de espera, puesto que el 30.0% de los clientes tuvieron que esperar más de 35 minutos en un día de afluencia baja, en un día de afluencia alta el tiempo de espera aumenta a 70 minutos aproximadamente, esta cifra al igual no denota el patrón de tiempo de espera, el 45.0% tuvo que esperar más de 70 min. Por todo lo anterior, es importante determinar mediante la aplicación de la teoría de colas el tiempo promedio de espera, el tiempo promedio de servicio, el tiempo promedio entre llegadas, la longitud promedio de la fila y con ello conocer el tiempo total en el sistema

2.2 Análisis desde el enfoque de la teoría de colas

Como se mencionó en el apartado 1.5 la estructura del sistema del centro de auto lavado es del tipo de una línea con múltiples servidores.

La figura 2.3 muestra la estructura de colas que se sigue en el centro de auto lavado, cabe indicar que son 8 planchas en las cuales se pistolea el automóvil, es decir se limpia el automóvil por la parte exterior aplicándole agua y jabón a presión, y son 5 planchas de secado y aspirado en las que se cuenta con cinco aspiradoras. Los servidores (lavadores) son 10 cuando la afluencia de sistema es baja (martes, miércoles, jueves y viernes) y de 12 cuando es alta (sábado, domingo, lunes por la mañana, viernes por la tarde y los meses de julio, agosto, septiembre).

Figura 2.3 Estructura de colas del centro de auto lavado.



Fuente. Elaboración propia con información del centro de lavado

El modelo de colas de acuerdo a la notación de Kendall es del tipo $M/G/c$ ¹⁶ conocido como sistema de pérdida, donde la distribución que sigue el tiempo de llegadas es exponencial (M), el tiempo de servicio es del tipo log-normal (G) con 10 a 12 canales dependiendo de la afluencia (c).

Cuando el sistema se encuentra congestionado el tiempo de servicio medio es de 31.28 minutos y en promedio cada 2.44 minutos llega un automóvil al centro de auto lavado, lo que lleva al sistema a ocurrir en pérdidas¹⁷.

¹⁶ Si se quiere profundizar en los cálculos para la determinación de las distribuciones, remítase al anexo 4.

¹⁷ Remítase al anexo 5 para ver los cálculos

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = 107\%$$

$$\text{Fracción de pérdida (PD)} = 23.0\%$$

$$\mu_S = 31.28 \quad cv_x = 0.30$$

$$\mu_A = 2.44$$

donde μ_S = Media de tiempo de servicio

cv_x = Coeficiente de variación de S

μ_A = Media de tiempo de llegadas

El tiempo promedio de espera no puede ser calculado, puesto que el factor de carga del sistema es mayor al 100%, que significa que la cola crece indefinidamente, por ello el sistema incurre en pérdidas. Esto es; que el trabajo disponible es 107% de la capacidad del centro de auto lavado. La fracción de trabajo perdido es 0.23, es decir; en un periodo dado el servicio de auto lavado pierde el 23.0% y en realidad atiende el 77% restante.

Para hacer un estimado del tiempo promedio de espera se presupone que el factor de carga es del 99%, por lo tanto el tiempo promedio de espera es de 51 minutos, lo que significa que en realidad el cliente tiene que esperar más de 51 minutos para ser atendido, dando un tiempo total en el sistema de 82.28 minutos o más.

Entre semana el comportamiento de las colas es el siguiente:

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = 60.0\%$$

$$\mu_E = 18.77 \text{ min.}$$

$$\mu_L = 4.32 \text{ min.}$$

$$\mu_S = 27.81 \quad cv_x = 0.29$$

$$\mu_A = 4.34$$

donde

c = No de canales

μ_S = Media de tiempo de servicio

cv_x = Coeficiente de variación de S

μ_A = Media de tiempo de llegadas

μ_E = Media de tiempo de espera

μ_L = Media de la longitud de la línea

El tiempo promedio de espera es de 18.77 minutos, no olvidar que algunas llegadas encuentran la línea vacía cuando ingresan y tendrán tiempo cero de espera (en realidad el 40%, ya que las instalaciones están ocupadas 60% y desocupadas 40% del tiempo), mientras que otros tienen que esperar 18.77 minutos para recibir el servicio.

Aunque el conductor (cliente) tarda en promedio 18.77 minutos en espera, también debe dedicar 27.81 minutos en promedio en ser atendido, para un tiempo total en el sistema de 46.58 minutos, promedio.

Como se mencionó arriba en algunas ocasiones el primero en entrar no es el primero en salir, esto depende del color, tipo, tamaño, y suciedad del automóvil, también influye la eficiencia del lavador, algunos tienen más agilidad que otros al lavar un automóvil y varían en tiempo, con una diferencia de 3 a 5 minutos.

2.3 Análisis de posicionamiento FODA

A través de la investigación documental y de campo (cuestionarios, entrevista no estructurada) se realiza una evaluación del posicionamiento actual en el mercado a través del análisis FODA.

El centro de auto lavado cuenta con: una extensión de 1300 m²; un ambiente laboral familiar; un proceso de lavado semi-automatizado por la combinación de maquinaria que no daña la pintura del automóvil con personas que realizan el proceso de lavado; un servicio de la misma calidad a todos sus clientes; una sala de espera en la cual tiene periódicos, televisión y máquinas de golosinas y de café, cuatro mesas y 25 sillas de plástico; 5 años de experiencia en el lavado de autos así como una excelente ubicación geográfica, lo anterior se refiere a sus fortalezas, en cuanto a sus debilidades se encuentra: la inexistencia de un sistema de seguridad; la lentitud en el proceso de lavado, principalmente en el área de secado; altos costos en la demora en la atención al cliente cuando el sistema está congestionado y una mala calidad en el secado.

Entre las oportunidades que genera el ambiente externo se encuentra; el acelerado incremento del parque vehicular debido a los cambios en el financiamiento que ofrecen las agencias automotrices; la aparición de nueva tecnología así como la modificación de los hábitos y preferencias de los usuarios.

La introducción de tecnología de vanguardia en algunos centros de auto lavado así como la proliferación de los mismos; escasez de agua y políticas ambientales son las amenazas a las que se enfrenta el centro de auto lavado.

La tabla 2.1 Muestra el análisis de posicionamiento estratégico del centro de auto lavado.

Tabla 2.1 Análisis de posicionamiento estratégico del centro de auto lavado.

ANÁLISIS DE POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO “MATRIZ TOWS”		
Factores Internos	Fortalezas (S)	Debilidades (W)
	<p>S1. Ambiente laboral óptimo S2. El proceso de lavado es semiautomático S3. Amplia extensión del terreno. S4. Imparcialidad en el servicio. S5. Sala de espera S6. Experiencia y prestigio. S7. Excelente ubicación geográfica.</p>	<p>W1. Sistema de seguridad inadecuado. W2. Lentitud en el proceso de lavado. W3. Altos costos de demora en la atención al cliente. W4. Mala calidad en el secado</p>
Factores Externos	Oportunidades (O)	Amenazas (T)
	<p>O1. Incremento de la flotilla de los vehículos de motor en un 18% anual. O2. Facilidad para la adquisición de un vehículo a través del financiamiento accesible con intereses mínimos que se adecuan a cada cliente. O3. Aparición de nueva tecnología. O4. El ritmo acelerado de vida urbana.</p>	<p>T1. Uso de tecnología de vanguardia en algunos centros de auto lavado. T2. Apertura de nuevos centros de Lavado. T3. Remodelación del centro de auto lavado Mr. Wash. T4. Escasez de agua. T5. Políticas ambientales.</p>
		Estrategias Alternativas (E)
		<p>E1. Reingeniería de procesos. E2. Automatización del área de secado. E3. Asesoría empresarial. E4. Reducción de la longitud de las líneas de espera. E5. Capacitación del personal de lavado E6. Sistema de control de calidad E7. Proyecto de inversión</p>

Fuente: Elaboración propia con información del centro de auto lavado.

La tabla anterior permite generar las siguientes estrategias alternativas que se proponen como solución a los problemas actuales de la empresa:

- Reingeniería de procesos.
- Automatización del área de secado.
- Asesoría empresarial.
- Reducción de la longitud de las líneas de espera.
- Capacitación del personal de lavado
- Sistema de control de calidad
- Proyecto de inversión

En base al objetivo, esta investigación solo atiende a través de la reingeniería de procesos, la reducción de la longitud de las líneas de espera mediante la automatización del área de secado, con el objeto de incrementar la eficiencia en el sistema de lavado así como los rendimientos de la empresa.

C a p í t u l o 3

MODELO DE REINGENIERÍA
DE PROCESOS PARA EL
CENTRO DE AUTO LAVADO
SANTA LUCÍA.

A partir del análisis de posicionamiento FODA, así como el análisis desde el enfoque de la teoría de colas realizado al centro de auto lavado en el apartado 2.4 y 2.3 respectivamente, se propone el desarrollo de un modelo de reingeniería de procesos el cual permita disminuir el tiempo de espera a través de la automatización del área de secado, con lo que se logrará una mejora en el proceso de lavado y se incrementará la satisfacción del cliente así como los rendimientos de la empresa y de los trabajadores.

La propuesta surge como una estrategia encaminada a lograr un mayor posicionamiento competitivo para el centro de auto lavado.

3.1 Modelo basado en teoría de colas

El diseño del modelo se basa en la longitud de las colas y el tiempo de espera real promedio determinadas mediante de la teoría de colas, así como en los principios MP.

3.2 Proceso de lavado actual

Para conocer el proceso de lavado actual¹⁸ se observó durante una semana las actividades diarias del auto lavado, lo que permitió obtener información específica sobre el proceso, sus pasos y el tiempo empleado en cada servicio, en base a ello se propone un proceso de lavado con el cual se logre una mejora en la satisfacción del cliente.

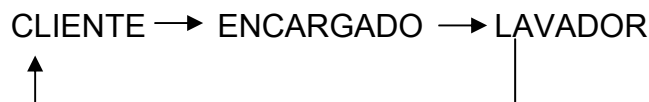
De acuerdo a la metodología mencionada en el apartado 1.3.1.3 el proceso de lavado actual es el siguiente.

Paso 1. Observar y definir los límites del proceso.

Mediante la observación, la entrevista no estructurada al propietario y trabajadores así como el cuestionario aplicado a los clientes se detectó lo siguiente:

¹⁸ Proceso actual y modelo actual se utilizaran indistintamente

- a) Selección del área. El centro de auto lavado carece de un sistema de control de calidad en servicio. Resultado de lo anterior se eligió el proceso de lavado, específicamente el área de secado para el análisis y aplicación del modelo de reingeniería de procesos.
- b) Definir los límites. Para obtener la hoja de trabajo que sigue el proceso tradicional de lavado se realizan las siguientes actividades:
- Elegir el nivel adecuado. Las personas que intervienen en el servicio son dos; el encargado y el lavador



El encargado asigna la plancha, el lavador y controla el registro de llegada de automóviles. El lavador es la persona que lleva a cabo todo el proceso de lavado, es decir, una vez que se le asigna el automóvil a lavar este lo pistolea, lo seca y lo aspira. Las entrevistas con los clientes permitieron detectar que la parte del secado es en donde se encuentran las deficiencias, además es donde actualmente se dedica más tiempo, de aquí la importancia de implantar una mejora en esta área.

- Elección del parámetro más apropiado para medir el proceso. El parámetro de medición de cada paso del proceso será el tiempo (minutos).
- Revisión del proceso sujeto a rediseño. Dos lavadores revisaron la secuencia del proceso de lavado actual con el objeto de definir mejor el proceso.

- c) Identificación de los insumos y rendimientos del proceso. Los insumos con los que cuenta la empresa para el proceso de secado son franelas, como rendimiento debe entenderse la limpieza del automóvil una vez concluido el servicio. El objeto de la mejora es otorgar al cliente un servicio de calidad, más rápido y automatizado de manera que se pueda reducir la longitud de las líneas de espera.

Paso 2. Descripción de los pasos del proceso.

Las actividades que se realizan dentro del proceso actual de lavado se muestran en la hoja de trabajo (ver tabla 3.1).

1. Llegada del cliente. El automóvil entra al establecimiento
2. Registro del automóvil. El encargado registra la secuencia en que los automóviles entran al establecimiento, y de esta forma llevar un control y saber que automóvil llevo primero.
3. Asignar plancha. Lo ideal es que una vez que el automóvil es registrado se le asigne una plancha de lavado. Sin embargo en caso de que las planchas estén llenas el automóvil es estacionado para después uno de los lavadores colocarlo en la plancha que se desocupe.
4. Asignar lavador. El lavador es asignado de acuerdo a la hora de llegada, si un lavador no ha terminado de lavar su automóvil mientras que el posterior a él ya, éste es saltado para que al momento de terminar su trabajo se ponga al corriente con el automóvil siguiente. Supongamos que el lavador 4 termina antes del 3, entonces se salta el lavador 3 y se le da el automóvil al lavador 4, en cuanto termine de lavar el automóvil el lavador 3 en vez de asignarle el automóvil al lavador 5 se lo asignan al lavador 3.
5. Sacar los tapetes del automóvil

6. Eliminar el polvo. Utilizando las pistolas a presión se elimina el polvo del automóvil.
7. Lavar las llantas. Para el lavado de las llantas se recurre a los cepillos, con el fin de obtener una mayor limpieza en las mismas.
8. Aplicar jabón al automóvil y a los tapetes. Los lavadores para aplicar el jabón se valen de la espumadora.
9. Tallar con franelas la carrocería del automóvil para no rayar la pintura.
10. Lavar los tapetes. Al igual que a la carrocería se le aplica jabón a los tapetes con la espumadora y se utilizan cepillos para su limpieza.
11. Quitar el jabón del automóvil y de los tapetes. Se utilizan nuevamente las pistolas a presión.
12. Llevar el automóvil al área de secado y aspirado. El lavador conduce el automóvil al área de secado y aspirado.
13. Secar el automóvil. Una vez que el automóvil es llevado al área de secado y aspirado, este es secado por medio de franelas de algodón.
14. Aspirar el automóvil. El automóvil es aspirado por medio de aspiradoras industriales.
15. Acomodar tapetes
16. El propietario paga en caja y le es entregado el automóvil.

Tabla 3.1 Hoja de trabajo del proceso de lavado actual.

PROCESO DE LAVADO ACTUAL								
#	Paso	Flujo	Tiempo (min.)	Símbolo en la gráfica				
				○	➔	D	□	▽
1.	Llegada del cliente	➔	0.5					
2.	Registro del automóvil.	D	0.5					
3.	Estacionar	D	30.0					
3a.	Asignar plancha	D	15.0					
4.	Asignar lavador.	D	0.5					
5.	Sacar los tapetes del automóvil	○	0.5					
6.	Eliminar el polvo	○	1.5					
7.	Lavar las llantas.	○	0.5					
8.	Aplicar jabón al automóvil y a los tapetes.	○	0.5					
9.	Tallar con franelas	○	1.0					
10.	Lavar los tapetes	○	0.5					
11.	Quitar el jabón del automóvil.	○	1.5					
12.	Llevar el automóvil al área de secado y aspirado	○	0.5					
13.	Secar el automóvil ¹⁹	○	10.0					
14.	Aspirar el automóvil	○	13.0					
15.	Acomodar los tapetes	○	0.5					
16.	El propietario paga en caja y le es entregado el automóvil.	○	0.5					
TOTAL		17	77.0	12	1	4	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a la observación.

En el paso 3 existe un punto de decisión en el cual se puede estacionar el automóvil para después asignarle una plancha ó asignarle directamente la plancha.

¹⁹ En el capítulo 3 se menciona que en el caso de que el auto sea claro primero se aspira y luego se seca, caso contrario para el auto oscuro. Sin embargo en la hoja de trabajo no se describe este proceso, debido a que en tiempo no representa mucha diferencia (3 minutos). Dado que se busca mejorar la atención al cliente se toma el proceso del auto oscuro, el cual requiere más tiempo

- a) Si el automóvil es estacionado para después asignarle plancha, el tiempo total en el sistema es de 77 minutos aproximadamente.
- b) Si se le asigna plancha inmediatamente, el tiempo total en el sistema es de 47 minutos.

Paso 3. Recabar los datos cuantitativos y análisis de los pasos del proceso.

A partir de la hoja de trabajo (tabla 3.1) se obtiene la tabla 3.2 en donde se resumen los pasos del proceso de lavado actual.

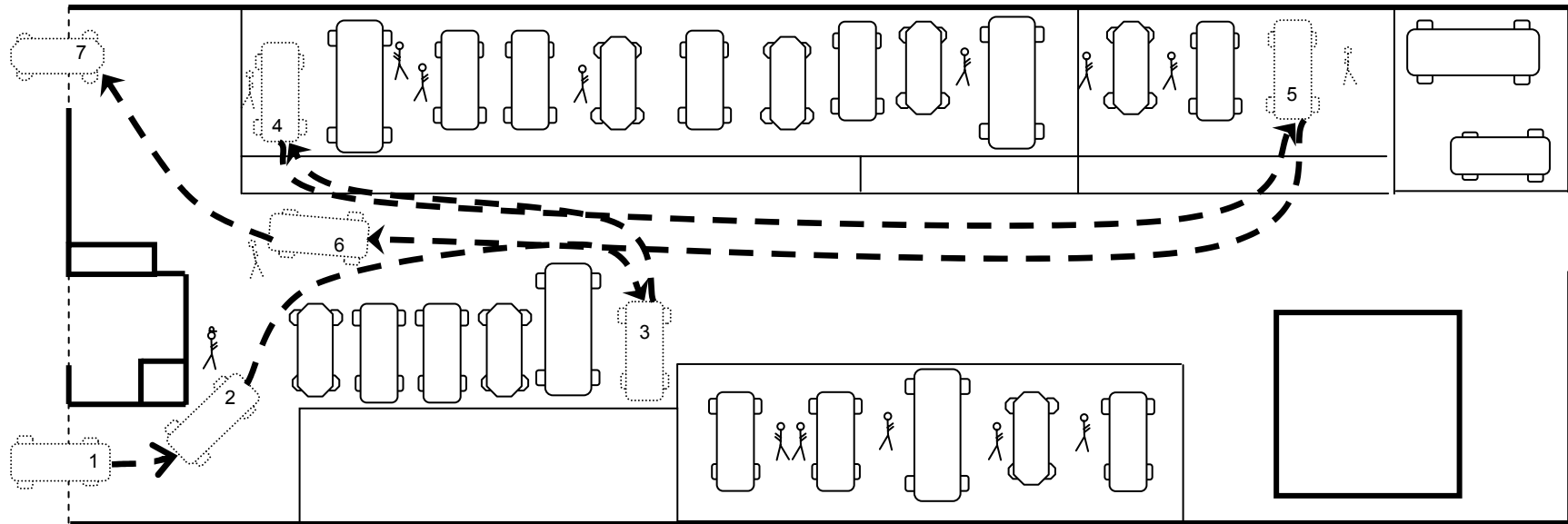
Tabla 3.2 Resumen de datos de la hoja de trabajo del proceso de lavado actual

Paso	Símbolo	Total de pasos	Minutos
Operación	○	12	30.5
Transporte	→	1	0.5
Demora (no programada)	D	4	46
Inspección	□	--	--
Almacenaje (demora programada)	▽	--	--
TOTAL		17	77

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.1

La figura 3.1 muestra el diagrama de cuerdas del centro de auto lavado, en donde se señala el movimiento que siguen los automóviles durante el servicio. Es importante mencionar que se para la elaboración del diagrama de cuerdas se considera el sistema de mayor afluencia debido a que es en donde las distancias y movimientos son mayores.

Figura 3.1 Diagrama de cuerdas actual, escala (1:300).

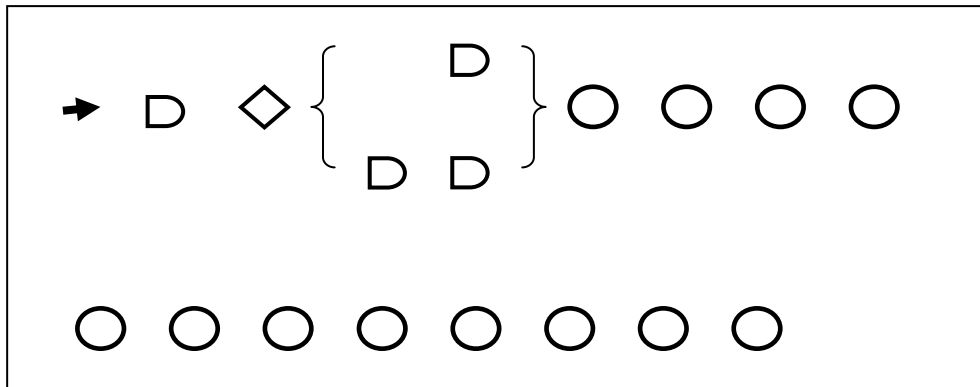


Fuente: Elaboración propia en base a la observación.

La distancia que recorre un automóvil cuando el sistema esta congestionado es de 191.1 metros aproximadamente.

La figura 3.2 muestra el flujograma de actividades el cual se obtiene utilizando los símbolos del flujo de la hoja de trabajo.

Figura 3.2 Flujograma del proceso actual de lavado



Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.1

Se puede observar la decisión en el paso 3 que debe tomar el encargado en base a la afluencia de automóviles, que es asignar una plancha o estacionar el automóvil.

A través de la hoja de trabajo, el diagrama de cuerdas y el flujograma del proceso actual se pueden clasificar aquellas operaciones que agreguen valor y aquellas que representan desperdicio para el proceso actual de lavado. De los 17 pasos, 12 son considerados de trabajo u operación, los cuales equivalen a 30.5 minutos y 5 generan desperdicio equivalente a 46.5 minutos. Ver tabla 3.3

Tabla 3.3. Concentrado de datos de operación y desperdicio del proceso actual de lavado

	# (paso)	Minutos	Total de pasos	Símbolos
Operación/Trabajo	5,6,7,8,9,10,11 12,13,14,15,16	30.5	12	○
Desperdicio	1 ,2,3,3 ^a ,4	46.5	5	D →

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.1

La eficiencia del trabajo y la utilidad sirven como referencia para una mejor apreciación de los resultados y para hacer una comparación cuántica entre el modelo actual de lavado y el modelo propuesto.

Para el calculo de la eficiencia del trabajo²⁰ (ver tabla 3.4) se sustituye la formula E.3.1 con los datos de la tabla 3.3.

Tabla 3.4. Eficiencia del trabajo del proceso actual de lavado

Proceso actual de lavado	
Eficiencia del trabajo	39.6%

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.3

La tabla 3.4 nos muestra la eficiencia del trabajo, el cual nos indica que el proceso actual de lavado tiene una ineficiencia del 60.4%, es decir, debido a que se tiene una eficiencia del 39.6% el proceso puede ser mejorado en un 60.4%.

El costo diario de desperdicio²¹ es de \$2,078.91 originados por 178 autos, por lo cual el costo anual es de \$ 758,800.87 generados por 64,970 autos, resultados que señalan un alto costo operativo no recuperable que afecta a la empresa hasta el grado de reducir sus expectativas de crecimiento.

Tabla 3.5 Costo de demora

Proceso actual de lavado			
Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual
\$2,078.91	\$14,552.35	\$62,367.20	\$758,800.87

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.3

Las utilidades son los excedentes de dinero de una empresa después de haber pagado su de materia prima y sus gastos de operación, para tener un comparativo entre

²⁰ Es importante mencionar que se considero trabajo todos aquellos pasos de operación y desperdicio los pasos de transporte y demora.

²¹ Si se quiere profundizar en el cálculo, véase anexo 5.

el modelo actual de lavado y el modelo propuesto se hace necesario el cálculo de las utilidades. En base a la ecuación E.3.2 se calcularon las utilidades²². Véase Tabla 3.6

Tabla 3.6 Utilidad del proceso actual de lavado

Proceso actual de lavado				
	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Utilidad	\$ 2,474.20	\$ 17,319.40	\$ 74,226.00	\$ 903,083.00

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.3

Paso 4. Análisis de resultados.

La eficiencia del trabajo muestra que el proceso puede mejorar en un 60.4%, de igual manera, los resultados arrojan la existencia de factores tales como la demora y el desperdicio que son costosos para la empresa en monto anual de \$758,800.87, esto es que la empresa deja de percibir \$2,078.91 pesos diarios.

El paso 5, desarrollo de mejoras se expone a continuación (apartado 3.3), este estudio no llegará hasta el paso 6, la implementación del modelo.

3.3 Modelo de lavado propuesto

Una vez realizado el estudio y análisis del proceso actual de lavado, se está en la posición de proponer un modelo con el cual se logre agilizar el servicio, disminuir el tiempo de espera y buscar mejorar la calidad de atención al cliente, incrementando la satisfacción del mismo así como los rendimientos de la empresa y de los trabajadores. Por ello se hace necesario rediseñar el proceso de lavado y la distribución de la planta.

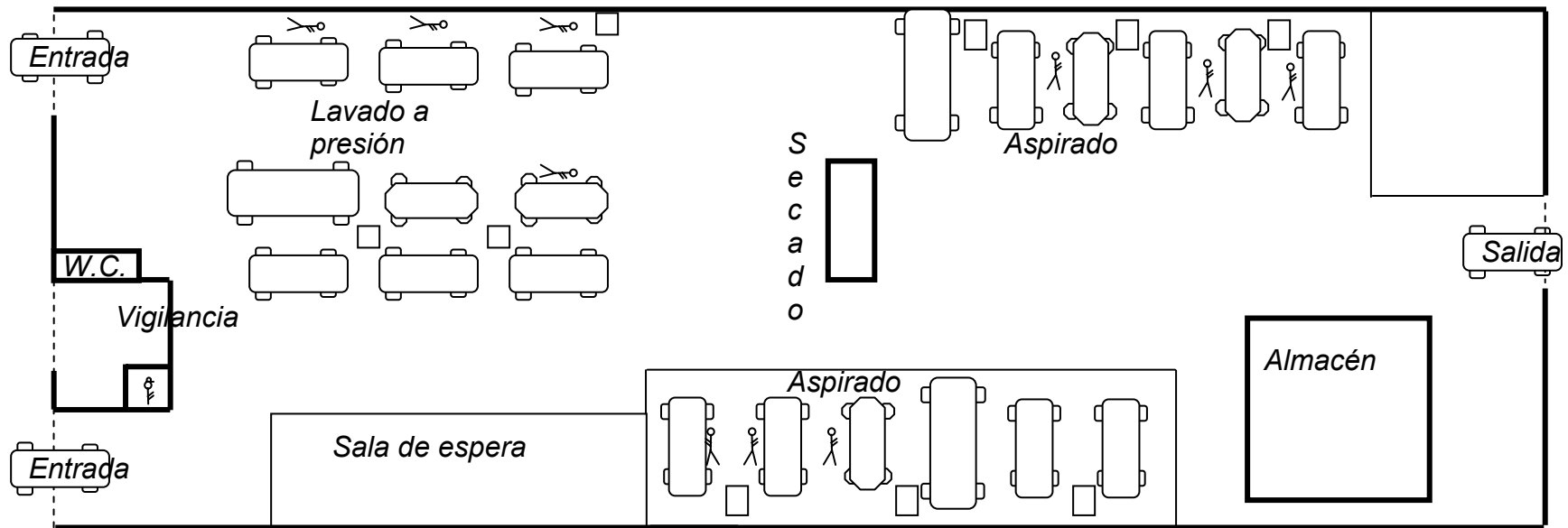
Antes de señalar el proceso de lavado propuesto²³ se presenta la nueva distribución de la planta, con la cual se reducirán distancias y movimientos. Figura 3.3.²⁴

²² Si se quiere profundizar en el cálculo, véase anexo 5.

²³ Proceso propuesto y modelo propuesto se utilizarán indistintamente

²⁴ Si se quiere profundizar en la redistribución del centro de auto lavado, véase anexo 6.

Figura 3.3 Redistribución centro de auto lavado propuesto, escala (1:300)



Fuente: Elaboración propia en base a SLP

Con el objeto de aprovechar espacios e infraestructura, en la figura 3.3 se puede observar que el centro de auto lavado contará con dos vías de acceso y una vía de salida, la cual en sus inicios era puerta trasera, y 9 planchas de lavado en un área de 327m².

Para el secado se implementarán 3 máquinas de secado ²⁵ las cuales reciben el nombre de: *top concorde*, *side window concorde left* y *side window concorde ride*, la primera seca la cubierta del automóvil y las otras dos secan los costados. La superficie destinada a esta área será de 11 m², la distancia entre el área de secado y el lavado a presión será de 127m²; en el caso del aspirado se contará con 12 planchas.

Se redistribuyeron las pistolas a presión así como las aspiradoras.

Los lavadores se turnaran las áreas, es decir, un día 4 se dedicaran exclusivamente al lavado de automóviles y 6 al aspirado, al día siguiente se invierten, siempre siendo 4 en el área de lavado y 6 en el aspirado. El encargado llevará un control de las entradas y salidas de automóviles además de acomodarlos en las planchas de lavado. Una persona será la responsable de pasar el automóvil ya limpio por la máquina de secado y llevarlo al área de aspirado.

El almacén, sala de espera, baños y vigilancia se mantendrán en el mismo lugar así como el área de aspirado.

Una vez realizadas las especificaciones y aclaraciones de la nueva distribución de la planta así como las modificaciones a las diferentes áreas, se está en la posibilidad de detallar el proceso del modelo de lavado propuesto.

²⁵ Si se desea profundizar en el área de secado así como en las características de las máquinas, remítase al anexo 7.

El proceso de lavado propuesto consta de los siguientes pasos.

1. Llegada del cliente. El automóvil entra al establecimiento
2. Registro del automóvil. El encargado registra la secuencia en que los automóviles entran al establecimiento, y así llevar un control y saber que automóvil llegó primero.
3. Asignar plancha. Una vez que el automóvil es registrado se le asigna una plancha de lavado.
4. Asignar lavador.
5. Sacar los tapetes del automóvil
6. Eliminar el polvo. Utilizando las pistolas a presión se elimina el polvo del automóvil.
7. Lavar las llantas. Para el lavado de las llantas se recurre a los cepillos, para obtener una mayor limpieza en las mismas.
8. Aplicar jabón al automóvil y a los tapetes. Los lavadores para aplicar el jabón se valen de la espumadora.
9. Tallar con franelas la carrocería del automóvil para no rayar la pintura.
10. Lavar los tapetes. Al igual que a la carrocería se le aplica jabón a los tapetes con la espumadora y se utilizan cepillos para su limpieza.
11. Quitar el jabón del automóvil y de los tapetes. Se utilizan nuevamente las pistolas a presión.

12. Llevar el automóvil al área de secado. El lavador conduce el automóvil al área de secado en donde se elimina el agua del exterior a través de ventiladores.
13. Aspirar el automóvil. El automóvil es aspirado por medio de aspiradoras industriales.
14. Acomodar tapetes
15. El propietario paga en caja y le es entregado el automóvil.

La tabla 3.7 es la hoja de trabajo del proceso propuesto y recopila los pasos del proceso, tiempos así como la simbología de cada paso.

Tabla 3.7 Hoja de trabajo del proceso de lavado actual

PROCESO DE LAVADO PROPUESTO								
#	Paso	Flujo	Tiempo (Min.)	Símbolo en la gráfica				
				○	➔	D	□	▽
1.	Llegada del cliente	➔	0.5					
2.	Registro del automóvil.	D	0.5					
3.	Estacionar	D	6.0					
4.	Asignar lavador.	D	0.5					
5.	Sacar los tapetes del automóvil	○	0.5					
6.	Eliminar el polvo	○	1.5					
7.	Lavar las llantas.	○	0.5					
8.	Aplicar jabón al automóvil y a los tapetes.	○	0.5					
9.	Tallar con franelas	○	1.0					
10.	Lavar los tapetes	○	0.5					
11.	Quitar el jabón del automóvil.	○	1.5					
12.	Llevar el automóvil al área de secado	○	0.5					
13.	Aspirar el automóvil	○	13.0					
14.	Acomodar los tapetes	○	0.5					
15.	El propietario paga en caja y le es entregado el automóvil	○	0.5					
TOTAL		16	28	11	1	3	0	0

Fuente: Elaboración propia con base a la redistribución de la planta

Definidos los pasos del modelo propuesto se procede al análisis de los mismos, para lo cual el resumen de los datos de la hoja de trabajo (tabla 3.8), el diagrama de cuerdas (figura 3.4), así como el flujograma de actividades (figura 3.5) servirán para realizar el comparativo visual entre los dos modelos. Para el comparativo cuantitativo se calcula la eficiencia del trabajo y la utilidad.

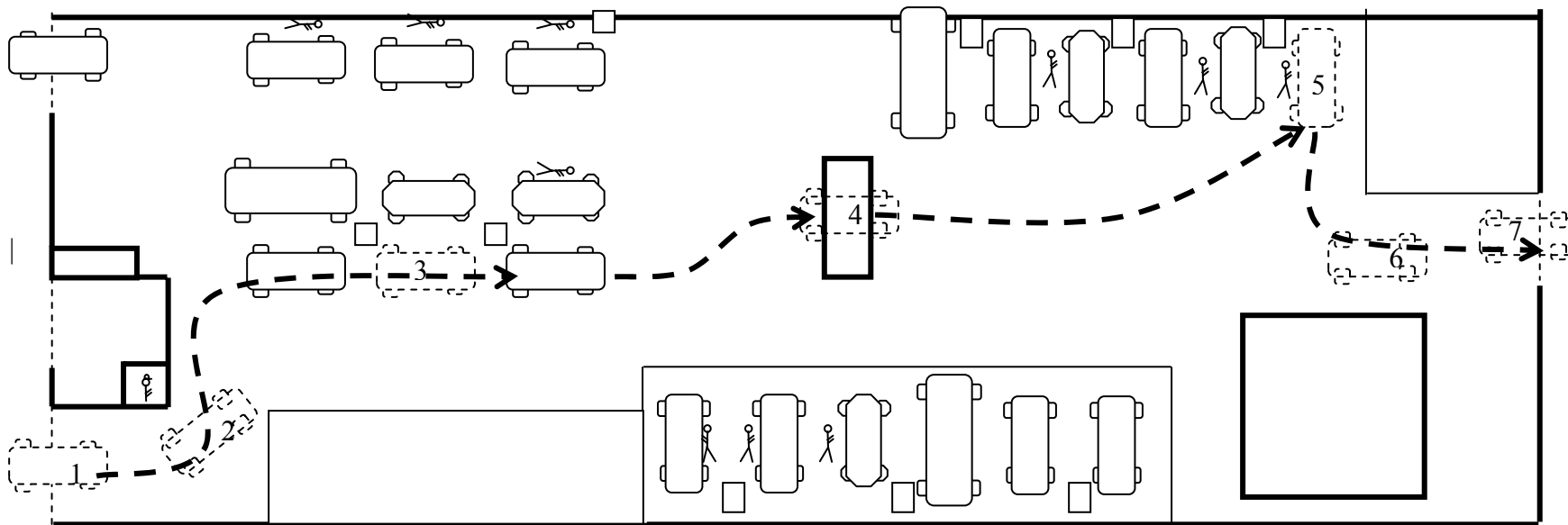
Tabla 3.8 Resumen de datos de la hoja de trabajo del proceso de lavado propuesto

Paso	Símbolo	Total de pasos	Minutos
Operación	○	11	20.5
Transporte	→	1	.5
Demora (no programada)	D	3	7
Inspección	□	--	--
Almacenaje (demora programada)	▽	--	--
TOTAL		15	28

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.7

El Diagrama de cuerdas para el proceso de lavado propuesto se muestra en la figura 3.4, y señala la trayectoria que debe seguir el automóvil para recibir el servicio de lavado desde que arriba al establecimiento, pasa por el área de lavado, secado, y aspirado hasta que sale del sistema.

Figura 3.4 Diagrama de cuerdas del proceso de lavado propuesto, escala (1:300)

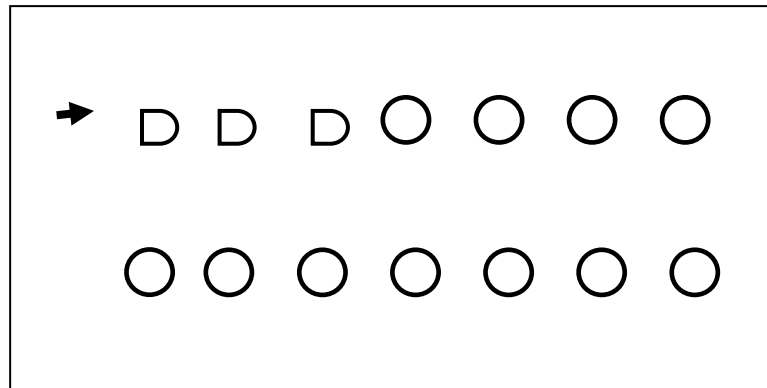


Fuente: Elaboración propia en base a la figura 3.3

Gracias a la nueva distribución de la planta y a la introducción de la maquinaria de secado, la distancia que recorre el automóvil es de 102 metros.

La figura 3.5 muestra el flujograma de actividades que se obtiene utilizando los símbolos del flujo de la hoja de trabajo.

FIGURA 3.5 Flujograma del proceso de lavado propuesto



Fuente: Elaboración propia con base a la tabla 3.6

Una vez elaborado el flujograma y el diagrama de cuerda, se pueden identificar los pasos que generan demora y los correspondientes al trabajo (ver tabla 3.9).

Tabla 3.9. Concentrado de datos de operación y desperdicio del modelo propuesto

	No. De paso	Minutos	Total de pasos	Símbolos
Operación/Trabajo	5,6,7,8,9,10,11 12,13,14,15,16	20.5	11	○
Desperdicio	1,2,3,4	7.5	4	D →

Fuente: Elaboración propia con base a la tabla 3.6

Para el cálculo de la eficiencia del trabajo (ver tabla 3.10) se sustituye la fórmula E.3.1 con los datos de la tabla 3.9.

Tabla 3.10. Eficiencia del trabajo del proceso de lavado

Proceso lavado propuesto	
Eficiencia del trabajo	73.2%

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.9

Con el modelo propuesto la eficiencia de trabajo que se logra es de 73.2%, debido a que la demora se reduce al mínimo.

El costo diario de desperdicio²⁶ es de \$412.43 originado por 219 autos, por lo cual el costo anual es de \$150,536.30 generados por 79,913 autos.

Tabla 3.11 Costo de demora

Proceso propuesto de lavado			
Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual
\$412.43	\$2,887.00	\$12,372.85	\$150,536.30

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.9

En base a la ecuación E.3.2 las utilidades anuales²⁷ que genera el modelo propuesto son de \$1, 067,906.96, es decir \$2,925.77 de ganancia diaria. Véase Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Utilidad del proceso de lavado propuesto

Concepto	Ingreso diario	Ingreso Semanal	Ingreso mensual	Ingreso anual
Utilidad	\$ 2,925.77	\$ 20,480.41	\$ 87,773.17	\$1,067,906.96

Fuente: Elaboración propia con base a la tabla 3.9

En cuanto a las colas tenemos que en caso de mayor afluencia²⁸:

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = 0.64$$

$$\mu_E = 11.23 \text{ min.}$$

$$\mu_L = 4.60$$

$$\mu_S = 17.23 \quad cv_x = 0.60$$

$$\mu_A = 2.4$$

²⁶ Si se quiere profundizar en el cálculo, véase anexo 8.

²⁷ Si se quiere profundizar en el cálculo, véase anexo 8.

²⁸ Remítase al anexo 9 para ver los cálculos.

El tiempo promedio de espera será de 11.23 minutos, no olvidar que algunas llegadas encuentran la línea vacía cuando ingresan y tendrán tiempo cero de espera (en realidad el 36%, ya que las instalaciones están ocupadas 64% y desocupadas 36% del tiempo), mientras que otros tienen que esperar determinado tiempo para recibir el servicio.

Aunque el conductor (cliente) tarda en promedio 11.23 minutos en espera, también debe dedicar 17.23 minutos en promedio en ser atendido, para un tiempo total en el sistema de 28.46 minutos promedio.

Para los días en que afluencia sea baja tenemos que:

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = 0.29$$

$$\mu_E = 0.0477 \text{ min.}$$

$$\mu_L = 0.010988$$

$$\mu_S = 14.10 \quad cv_x = 0.68$$

$$\mu_A = 4.30$$

El tiempo promedio de espera será de 0.04 minutos, y el tiempo de servicio promedio será de 14.10 minutos, para un tiempo total en el sistema de 14.14 minutos.

C a p í t u l o 4

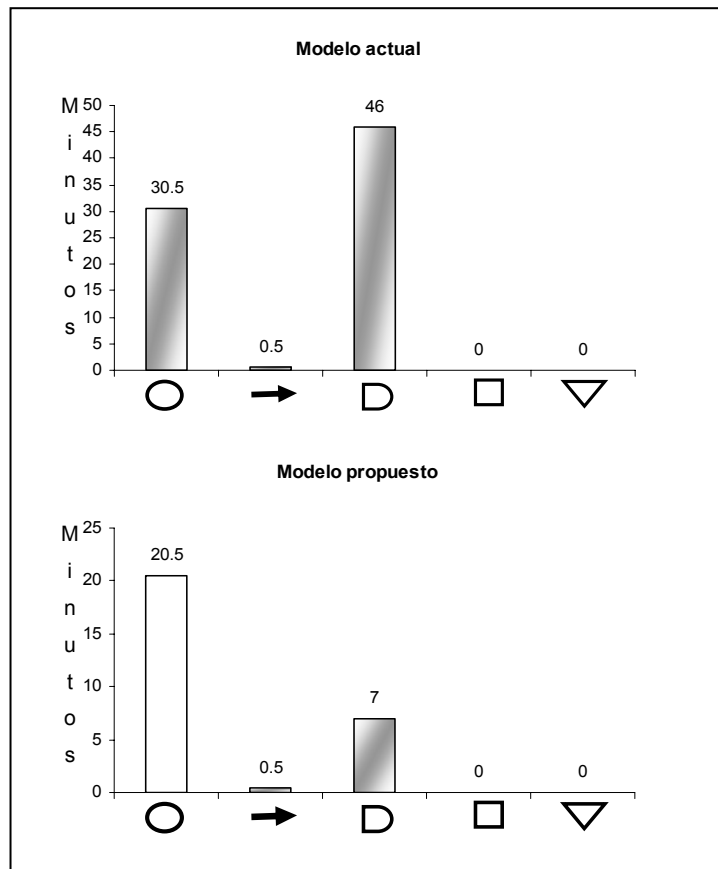
RESULTADOS

Una vez elaborada la hoja de trabajo, el diagrama de cuerdas, el flujograma de actividades, calculado la eficiencia del trabajo y la utilidad, el tiempo de espera promedio y el tiempo total en el sistema de ambos procesos (actual y propuesto), se realiza un comparativo de los resultados, el cual permite aceptar o rechazar el modelo.

❖ Hoja de trabajo

A partir de la hoja de trabajo se puede observar que en el modelo actual 30.5 minutos son de trabajo y 46.5 minutos de demora, en cambio, en el modelo propuesto el tiempo de trabajo disminuye a 20.5 minutos y la demora a 7.5, es decir, el tiempo de trabajo se redujo el 32.8% y la demora el 83.8%.

Figura 4.1 Gráficas de las hojas de trabajo del modelo actual y propuesto (minutos)



Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.1 y 3.7

❖ Diagrama de cuerdas

En el modelo propuesto se ven disminuidos los movimientos y posibles accidentes debido a la complejidad y congestionamiento del modelo actual, el recorrido se reduce a 102 metros, es decir 89.1 metros menos que en el proceso actual de lavado.

La cantidad de áreas por las que pasa el automóvil son las mismas, sin embargo el estacionamiento es eliminado y el área de secado y aspirado es separada, convirtiéndose de esta forma en dos áreas.

Tabla 4.1 Síntesis del diagrama de cuerdas

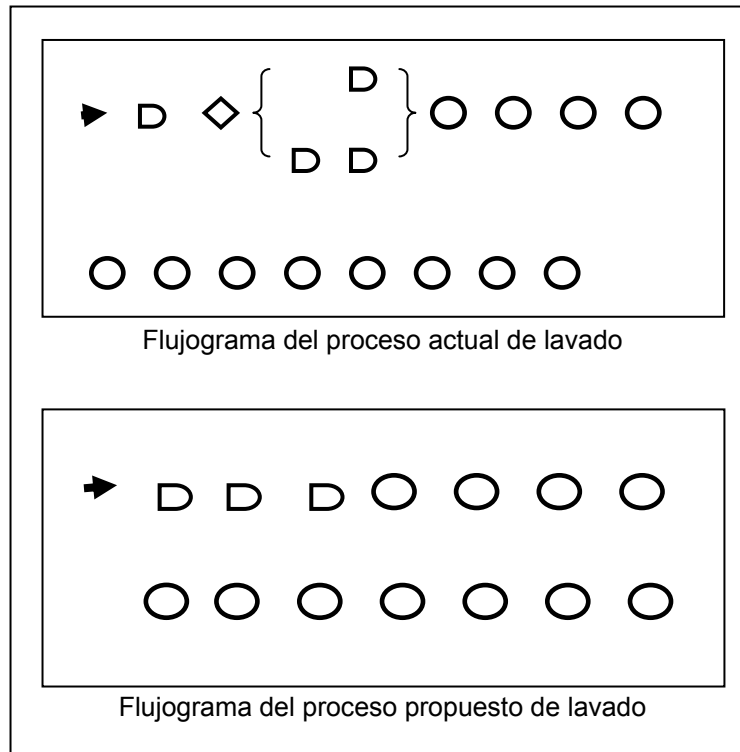
Modelo actual	Modelo propuesto
<ul style="list-style-type: none"> • La distancia en metros que recorre el automóvil durante todo el servicio es de 191.1. • El automóvil pasa por siete áreas; entrada, recepción, estacionamiento, pistoleado, secado y aspirado, entrega y salida 	<ul style="list-style-type: none"> • La distancia que recorre el automóvil en el modelo propuesto será de 102 metros. • Las áreas que recorre el automóvil son siete; entrada, recepción, pistoleado, secado, aspirado, entrega, salida.

Fuente: Elaboración propia con base a la fig. 3.1 y 3.4

❖ Flujograma de actividades

En la figura 4.2 se muestran los flujogramas del modelo actual y del propuesto, se puede observar que en el proceso actual se requieren 17 actividades con una decisión, cuatro demoras, uno de transporte y 12 de operación, en contraste, en el modelo propuesto se requieren 15 actividades, en donde once corresponden a operación, tres a demoras y uno a transporte.

Figura 4.2 Comparativo del flujograma del proceso actual y propuesto



Fuente: Elaboración propia en base a la fig. 3.2 y 3.5

❖ Eficiencia del trabajo

La eficiencia de trabajo en el modelo actual es del 39.6%, en el modelo propuesto está se incrementa 33.6 puntos porcentuales, alcanzando de esta manera el 73.2% y la ineficiencia se reduce a 26.8%.

Tabla 4.2 Comparativo de la eficiencia de trabajo entre el modelo actual y el propuesto

Concepto	Actual	Propuesto
Eficiencia de trabajo	39.6%	73.2%

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.4 y 3.10

❖ Utilidades

La tabla 4.3 muestra un comparativo de los costos de demora. En el proceso actual el costo diario es de \$2,078.91 alcanzando la cantidad de \$758,800.87 anuales. Para el proceso propuesto el costo es de \$412.43 diarios, esto es equivalente a \$150,536.30 anuales. En resumen, en el costo propuesto se logra un ahorro del 80.0%.

Tabla 4.3 Comparativo del costo de demora

Costo de la demora				
Concepto	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual
Proceso actual	\$ 2,078.91	\$14,552.35	\$ 62,367.20	\$758,800.87
Proceso propuesto	\$ 412.43	\$ 2,887.00	\$ 12,372.85	\$150,536.30
Diferencia (PA-PP)	\$ 1,666.48	\$11,665.35	\$ 49,994.35	\$608,264.57

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.5 y 3.11

Es relevante realizar un comparativo entre las utilidades de los dos modelos, y de esta manera tener un fundamento cuantitativo para aceptar o rechazar el modelo propuesto. Por ello la tabla 4.4 muestra la diferencia entre las utilidades de los modelos. El proceso actual genera utilidades diarias de \$ 2,474.20 equivalentes a \$ 903,083.00 anuales, en cambio el modelo propuesto genera utilidades diarias de \$ 2,925.77, es decir \$1, 067,906.96 anuales. Existe una variación de \$451.57 diarios a favor del modelo propuesto, por lo que la utilidad se incremento en un 18%.

Tabla 4.4 Comparativo de las utilidades

Utilidades				
Concepto	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Proceso actual	\$ 2,474.20	\$17,319.40	\$74,226.00	\$ 903,083.00
Proceso propuesto	\$ 2,925.77	\$20,480.41	\$87,773.17	\$1,067,906.96
Diferencia (PP-PA)	\$ 451.57	\$ 3,161.01	\$13,547.17	\$ 164,823.96

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 3.6 y 3.12

❖ **Comportamiento de las colas**

Tabla 4.5 Comparativo de las colas

Concepto	Modelo actual		Modelo propuesto	
	Mayor afluencia	Menor afluencia	Mayor afluencia	Menor afluencia
Factor de carga	107%	60%	64%	29%
Fracción de pérdida	23%			
Tiempo promedio de espera (minutos)	+ de 50	18.77	11.23	0.04
Longitud promedio de la línea de espera (autos)	+ de 15	4.32	4.60	0.01
Tiempo promedio de servicio (minutos)	31.28	27.81	17.23	14.10
Tiempo promedio entre llegadas (minutos)	2.44	4.34	2.44	4.34
Tiempo total en el sistema (minutos)	+ de 81.28	46.58	28.46	14.14

Fuente: Elaboración propia en base a cálculos matemáticos.

En el modelo actual el sistema pierde el 23% de sus clientes y su cola crece indefinidamente, razón por la cual el tiempo promedio de espera es una aproximación y se desconoce con exactitud el tiempo total en el sistema (más de 81.28 minutos). Para el caso del modelo propuesto, debido a la redistribución en planta y a la introducción de maquinaria, el tiempo de servicio se reduce en 10 minutos por el área de secado, por lo tanto el tiempo promedio de servicio es de 15.66 minutos y el tiempo de espera es de 5.63 minutos, para un tiempo total en el sistema de 21.30 minutos²⁹.

Cuando la afluencia es baja en el modelo actual, el 60% de los clientes tienen que esperar 18.77 minutos para ser atendidos, no siendo así en el modelo propuesto, puesto que la clientela es atendida inmediatamente para un tiempo total en el sistema de 14.14 minutos, el tiempo total en el sistema actual es de 46.58 minutos.

En resumen, con el modelo propuesto el tiempo total promedio en el sistema si la afluencia es alta es de 28.46 minutos y el tiempo de servicio promedio disminuye 14.05 minutos, además el centro de auto lavado ya no ocurre en pérdidas. Para el caso de la afluencia baja el tiempo total en el sistema es de 14.14 minutos lo que lleva al cliente a reducir el tiempo invertido en el lavado de su auto en 32.44 minutos, el centro de auto lavado disminuye en 13.71 minutos el tiempo promedio de servicio.

Si se considera la disminución del tiempo promedio total necesario de estancia en el sistema que es de 77 a 28 minutos (hoja de trabajo), entonces la capacidad del sistema se triplica generando la posibilidad de incrementar en un 275% las utilidades de la empresa.

A continuación se analiza el comportamiento de los costos y las utilidades bajo el supuesto de que se registre un incremento en la demanda como consecuencia del incremento de la flotilla de vehículos de motor en la ciudad de Oaxaca.

²⁹ El análisis se realiza bajo un escenario medio, utilizando el promedio entre mayor y menor afluencia del tiempo de servicio y del tiempo de espera.

El incremento del parque vehicular de febrero 2003 a febrero 2004 fue de 23000³⁰ unidades, se espera un incremento similar para el 2005, Ahora bien, si en el 2004 el centro de auto lavado tenía una demanda de 219 automóviles diarios en el 2005 con el incremento del parque vehicular la demanda será de 246 autos, y tenemos que:

Tabla 4.6 Costo de la demora.

Costo de la demora				
Concepto	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual
Proceso actual	\$ 2,078.91	\$ 14,552.35	\$ 62,367.20	\$758,800.87
Proceso propuesto	\$ 463.15	\$ 3,242.08	\$ 13,894.64	\$169,051.46
Diferencia (PA-PP)	\$ 1,615.75	\$ 11,310.26	\$ 48,472.55	\$589,749.41

Fuente. Elaboración propia en base al incremento del parque vehicular

El costo de demora anual sería de \$169,051.46, es decir \$463.15 diarios.

Tabla 4.7 Utilidades

Utilidades				
Concepto	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Proceso actual	\$ 2,474.20	\$17,319.40	\$ 74,226.00	\$ 903,083.00
Proceso propuesto	\$ 3,328.88	\$23,302.16	\$ 99,866.39	\$1,215,041.08
Diferencia (PA-PP)	\$ 854.68	\$ 5,982.76	\$ 25,640.39	\$ 311,958.08

Fuente. Elaboración propia en base al incremento

³⁰ Asociación Mexicana de la Industria Automotriz www.amia.com.mx

Las utilidades que se percibirían anualmente serían de \$1, 215,041.08, esto es, si el centro de auto lavado continúa con su sistema de lavado dejará de percibir \$311,958.08 anuales, o el equivalente al 32% de sus utilidades actuales.

Finalmente, a partir de este supuesto se sostiene que si el centro de auto lavado continúa con el modelo de lavado actual generará menos ganancias que el modelo propuesto, por ello la necesidad de implementar el modelo de lavado propuesto.

C a p í t u l o 5

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

A partir del análisis de la matriz FODA y de la teoría de colas fue posible realizar un diagnóstico a partir del cual se sugiere formular un modelo de reingeniería de procesos.

A través de la teoría de colas se determinaron los tiempos muertos, el tiempo promedio de llegadas, de servicio, el de espera y con ello el tiempo total en el sistema. También se detectó el factor de pérdida del sistema y la longitud promedio de la línea de espera.

Lo anterior condujo a proponer un modelo de reingeniería de proceso que rediseñe la planta en el que se propone la automatización del área de secado y se modifique la distribución del área de lavado y aspirado.

- El modelo propuesto se demuestra se logra un incremento de 33.6 puntos porcentuales en la eficiencia del centro de auto lavado, llegando de esta manera a un 73.2% y con ello la hipótesis de investigación se prueba.
- La automatización del área de secado permite una reducción de 9 min. en el secado, pasando de 10 actualmente a 1, esto a su vez, reduce el tiempo promedio de espera en un 84.0% pasando de 34.38 a 5.6 min.; el tiempo de promedio de servicio en 47.0% pasando de 29.54 a 15.66 min.; lo que conduce a que el tiempo total en el sistema se reduzca en 67% pasando de 63.93 a 21.30; esto significa que los clientes invierten 42.61 min. menos en el lavado de su automóvil.
- El modelo propuesto elimina en su totalidad la fracción de pérdida del sistema, calculada en 23.0%.

- El costo de demora se disminuye en 80%, es decir, disminuye de \$758,800.87 a \$150,536.30 anuales.
- Las utilidades percibidas por el centro de auto lavado se incrementan en un 18% logrando una utilidad anual de \$1, 067,906.96.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al centro de auto lavado la aplicación de la reingeniería de procesos, la cual le permita modificar su proceso de lavado actual mediante la redistribución de planta y la adquisición de una máquina de secado.

También se sugiere un proyecto de inversión para estimar el costo-beneficio y tasa de retorno de inversión, capacitación al personal de lavado para llevar a la práctica el modelo y la implementación de un sistema de control de calidad para evaluar la eficacia del modelo propuesto.

Finalmente, este estudio no prevé el congestionamiento futuro debido a que no se contemplaron variables tales como: pronóstico a largo plazo del crecimiento de la industria automotriz y un estudio a profundidad de los planes de financiamiento por lo que sería objeto de un estudio posterior que persiga tal objetivo.

La reingeniería, teoría de colas y matriz FODA son aplicables a cualquier otro centro de auto lavado sin embargo es oportuno destacar que el objetivo de investigación del presente trabajo solo es aplicable a este centro de auto lavado debido a sus características (ubicación, extensión del terreno, sistema de lavado a presión, clientes, financiamiento). Cualquier generalización del modelo arrojaría diferentes resultados.

B i b l i o g r a f i a

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes bibliográficas

- Andersen, Arthur; Diccionario de Economía y Negocios. Editorial ESPASA, España, 1999.
- Bennis, Warren; La organización del siglo XXI: Reinventando la empresa a través de la reingeniería. Editorial Panorama, México, 1996.
- Canavos, Gorge.; Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. Ed. McGraw-Hill, México, 1922.
- Charles, Bonini y Warren Housman; Análisis cuantitativo para los negocios, Ed. McGraw-Hill, Novena Edición, Colombia, 2000.
- Gallagher, Charles; Métodos Cuantitativos para la toma de decisiones en administración, Ed. McGraw-Hill, México, 1994.
- García, Roberto; Estudio del trabajo: ingeniería y métodos, Ed. McGraw-Hill, México 2001.
- Garza, A.; Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales. Ed. El Colegio de México, 6ª Edición, México 2000.
- Gersick, K. ; Empresas Familiares: Generación. Ed. McGraw-Hill, México 1997.
- Ginebra, J. Arana; Dirección por servicio; la “única” reingeniería, la “otra” calidad, Ed. McGraw-Hill, México, 2001.
- Gross, Donald y Harris C.; Fundamentals of queuening theory. Ed. John Wiley & Sons, 1974.
- Hammer, Michael y Champy James; Reingeniería. Grupo editorial Norma, Colombia 1994.
- Handy, Taha; Investigación de operaciones: Una introducción., Ed. Prentice-Hall Hispanoamérica, 6ª Edición, México, 2000.
- Harbour, J.; Manual de trabajo de reingeniería de procesos. Ed. Panorama, 1ª Edición, México, 1998.
- Hernández, R.; Metodología de la Investigación. Ed. McGraw-Hill, 2ª Edición, México, 2000.
- Hernández, Sergio; Introducción a la Administración. Un enfoque teórico-práctico, Ed. McGraw-Hill, México, 1994.
- Hillier, Frederick y Lieberman Gerald; Introducción a la investigación de operaciones. Sexta Edición, Ed. McGraw-Hill, Mexico, 1996.

- Johanson, H., McHugh, P., Pendlebury, J. y Wheeler III.; Reingeniería de Procesos de Negocios. Ed. Limusa, México, 1995.
- Konz; Diseño de instalaciones industriales. Limusa, Noriega editores, México 2001.
- Koontz, H. y Weihrich, H.; Administración una perspectiva global. Ed. McGraw-Hill, 11a Edición, México, 2001.
- Loyola, Antonio y Schettino Y.; Estrategia empresarial en una economía global, Grupo editorial Iberoamericano, México 1994.
- Lowenthal, J.; Reingeniería de la Organización. Ed. Panorama, México, 1997.
- Manganelle, Raymond; Como hacer reingeniería, Grupo editorial Norma, Colombia, 1995.
- Mood, Alexander; Introduction to the theory of statistics, Ed. McGraw-Hill, International Edition 1974.
- Morris, D. y Brandon, J.; Reingeniería, como aplicarla con éxito en los negocios. Ed. McGraw-Hill, 1a edición, España, 1995.
- Peppard, Joe; La esencia de la reingeniería en los procesos de negocios, Editorial Prentice-Hall, México, 1996.
- Seller, Robert; El arte de gestionar los cambios, Editorial Grijalbo, Barcelona, 1998.
- Steiner, George; Planeación estratégica, Cía Editorial Continental, p. 142, Vigésima octava reimpresión, México 2002.
- Tijms, H.C.; Stochastic modelling and analysis: a computational approach. Ed John Wiley & Sons, 1986.
- Vaughin, R.C; Introducción a la ingeniería industrial. Editorial Reverté, 2ª Edición, México 2004.
- Weiers, Ronald; Investigación de mercado, Prentice Hall Hispanoamérica, México 1995.

Tesis

- Suárez, Alonso Suhail; Tesis de licenciatura; "Modelo de reingeniería administrativa en el sector automotriz de servicios, con el uso de nuevas tecnologías, UTM 2002.

Fuentes hemerográficas

- Francisco Barceló, Joseph Paradelles.; Evaluación de sistema de telefonía móvil de grupo cerrado, p. 459, Barcelona 1998.

Departamento de Organización de Empresas, Distribución en planta: diseño de sistemas productivos y logísticos. Marzo/2004.

Otras fuentes

<http://www.canacintra.htm>

“Registro de socios en el servicio de Lava Autos en la ciudad de Oaxaca”

<http://www.siem.htm>

“Registro de socios en el servicio de Lava Autos en la ciudad de Oaxaca”

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

“Asociación Mexicana de la Industria Automotriz”

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

“Comercializadora de equipos de auto lavado”

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

“Comercializadora de equipos de auto lavado”

<http://www.acaiwash.es>

“Comercializadora de equipos de auto lavado”

<http://www.hanna.com>

“Comercializadora y productora de equipos de auto lavado”

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

“Comercializadora de equipos industriales”

<http://www.inegi.gob.mx>

Software Mathematica 5

**A
n
e
x
o
s**

Anexos

Anexo 1. Cuestionario

El cuestionario que se aplicó a los clientes del centro de auto lavado es el siguiente:

INTRUCCIONES. - Marca con una x la respuesta de su preferencia.

De que ciudad viene: _____

Colonia: _____

Rango de ingresos:

Menos de 5 salarios mínimos () Entre 6 y 9 salarios mínimos () Más de 10 salarios mínimos ()

1. Con qué frecuencia trae a servicio su automóvil:

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| Una vez a la semana () | Dos veces por semana () |
| Una vez al mes () | Dos veces al mes () |
| Tres veces al mes () | Otra: _____ |

2. ¿Qué día de la semana la trae a servicio? Nota: Puede elegir más de una opción

- | | |
|---------------|------------|
| Lunes () | Martes () |
| Miércoles () | Jueves () |
| Viernes () | Sábado () |
| Domingo () | |

3. ¿Cuánto tiempo, aproximadamente, espera para que le entreguen su auto?

- | | |
|----------------|--------------------|
| 20 -25min. () | 26-30 min. () |
| 31-35 min. () | 36-40 min. () |
| 46-50 min. () | 50-55 min. () |
| 56-60 min. () | Más de 60 min. () |

Especifique _____

4. ¿Cuáles son las razones para traer su auto aquí y no a otro lado? Puede elegir más de una opción.

- | | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Comodidad () | Seguridad () |
| Rapidez () | Porque pueden ver como lo lavan () |
| Atención al cliente () | Precio () |
| Proceso de lavado () | |

5. ¿Qué tan satisfecho queda usted con el servicio que recibe?

- Muy Satisfecho () Satisfecho () Insatisfecho ()

6. De acuerdo con la siguiente escala, como califica los siguientes aspectos: tomado como calificación máxima 10 y 6 como mínima.

	10	9	8	7	6
Tiempo de espera					
Limpieza de su auto					
Trato del personal					
Seguridad de su auto dentro del lava autos					
Precio del servicio					
Manejo del automóvil durante el servicio					

7. Desde su punto de vista, que le gustaría que le mejoráramos al servicio?

8. ¿Cuándo no trae su auto aquí, donde lo lava?

En casa ()

Lo lleva a otro establecimiento ()

Cuál? _____

9. ¿Ha llevado su auto a un servicio de limpieza automatizado?

Si ()

No ()

Sí su respuesta es afirmativa pase a la siguiente pregunta, si es no pase a la pregunta 12.

10. ¿Cómo califica el servicio automatizado?

Muy Bueno ()

Bueno ()

Regular ()

Malo ()

Muy Malo ()

11. ¿Qué considera que es mejor, el lavado a mano ó el automatizado?

Lavado a mano ()

Lavado automatizado ()

12. ¿Por qué no lo ha llevado?

Las máquinas rayan la pintura del auto ()

El proceso de limpieza de las máquinas es uniforme ()

Las máquinas no se dan cuenta en que partes esta muy sucio el auto ()

Las máquinas no realizan tan bien el trabajo ()

Anexo 3. Prueba de bondad de ajuste

Para determinar el modelo de colas a seguir se analiza el tiempo de llegada y el tiempo del servicio con la finalidad de definir el tipo de distribución que siguen (de Markov, determinística, general con media especificada y desviación estándar). La prueba de bondad de ajuste³¹ Chi-cuadrada o la prueba de Kolgomorov-Smirnov nos sirve para determinar el tipo de distribución que siguen los datos observados.

Procedimiento de la Prueba Chi-cuadrada (χ^2)

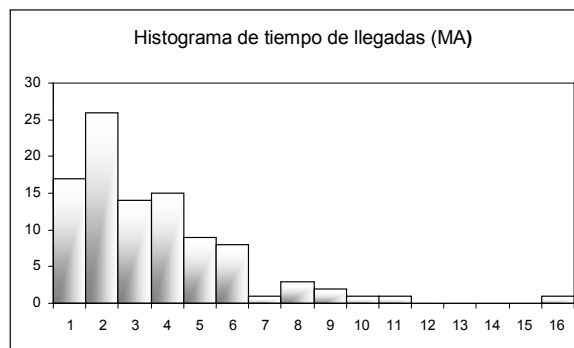
1. Elaborar el histograma
2. Establecer la hipótesis
3. Establecer el estadístico de prueba
4. Definir el nivel de significancia
5. Calculo de la estadística de prueba
6. Rechazo o aprobación de la hipótesis

Se tomaron dos momentos uno de mayor afluencia y otro de menor afluencia.³²

1.a Mayor afluencia (M.A)

a) Tiempo de llegadas

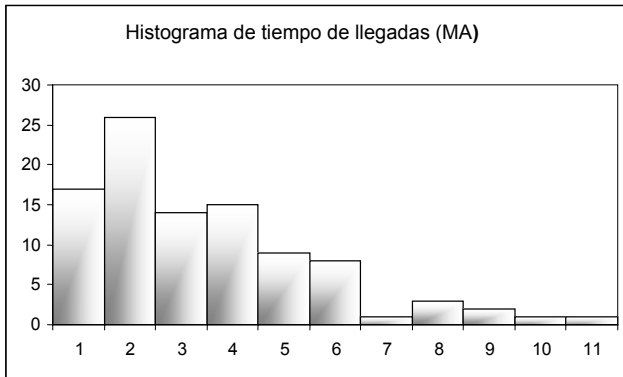
Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo
[0,1)	17	[8,9)	2
[1,2)	26	[9,10)	1
[2,3)	14	[10,11)	1
[3,4)	15	[11,12)	0
[4,5)	9	[12,13)	0
[5,6)	8	[13,14)	0
[6,7)	1	[14,15)	0
[7,8)	3	[15,16)	1



Análisis: Como se observa, existe un dato alejado del grupo conocido como atípico, el cual jala a los demás y hace que existe un sesgo mucho mayor, por lo tanto se procede a eliminar este dato. Y el histograma se muestra a continuación;

³¹ Para el presente estudio se tomará la Chi-cuadrada

³² Pesé a que se observaron las actividades durante una semana, sólo se muestra el comportamiento de dos días de observación uno de mayor afluencia y otro de menor afluencia, esto se debe a tienen el mismo comportamiento y en el calculo de la media solo varían por décimas.



El comportamiento del histograma presupone una distribución exponencial, para corroborar lo anterior se hace una prueba de bondad de ajuste.

La estadística de prueba es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i} \quad \text{Donde}$$

t_i = Valor esperado en la i -ésima celda

ε_i = Valor esperado en la i -ésima celda

n = Categorías o celdas

Para calcular las frecuencias esperadas tenemos que estimar el parámetro de la función de densidad.

Existen diversos métodos para estimar el parámetro de las funciones de densidad. El tipo de estimador más común es el de máxima verosimilitud. En el presente trabajo se utilizará este método para estimar el parámetro de la función exponencial el cual está definido por:

$$f(t_i) = \lambda e^{-\lambda t_i} \quad t_i \geq 0$$

$$L = \prod f(t_i) = \prod_{i=1}^n (e^{-\lambda t_i})$$

$$L = \prod_{i=1}^n f(t_i) = \lambda^n e^{-\lambda \sum t_i}$$

$$\log L = \log \prod_{i=1}^n f(t_i) = n \log \lambda - \lambda \sum t_i$$

$$\frac{\partial}{\partial \lambda} \log L = \frac{n}{\lambda} - \sum t_i = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{\sum t_i}{\hat{\lambda}} = n \quad \therefore \quad \hat{\lambda} = \frac{n}{\sum t_i}$$

Sustituyendo valores tenemos que $\hat{\lambda} = 0.4092827$.

Ho es una distribución exponencial con $f(t) = f_o(t)$

Donde:

$$f_o(t) = \frac{e^{-0.4092827} (0.4092827)^{t_i}}{t_i!}$$

Para calcular la frecuencia esperada se debe calcular la integral definida para cada uno de los intervalos

$$\int_0^1 0.41e^{-0.41} dt$$

Sustituyendo los valores observados tenemos:

No. de clase	Frecuencia observada	Frecuencia Esperada	Xi-Cuadrada χ^2
1	17	32.62592574	7.48391194
2	26	21.65220378	0.87304425
3	14	14.36949045	0.00950091
4	15	9.536315933	3.13033291
5	9	6.328778454	1.12745684
6	8	4.200095404	3.43784451
7	1	2.787394366	1.14615236
8	3	1.849854968	0.71510125
9	2	1.227656712	0.48589654
10	1	0.814734684	0.04212812
11	1	0.540698877	0.39015713

$$\chi^2 = 18.8415267$$

Ho se acepta, si X^2 calculada $\leq \chi^2$ tablas

Nivel de significancia (α) = 0.025

Como X^2 calculada = 18.84267 y la χ^2 tablas con 0.025 grados de libertad es igual a 19.03 ($\chi^2_{0.975,9}$) la hipótesis nula se acepta. Por lo tanto la distribución que sigue el tiempo de llegadas MA es exponencial (Canavos, 1992:619).

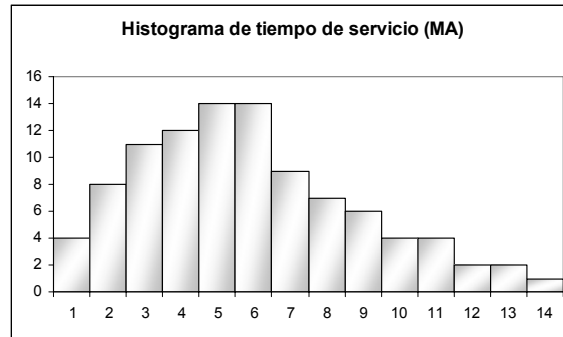
Ahora podemos calcular el valor esperado y la varianza de la distribución exponencial.

$$E[t] = \frac{1}{\lambda} \text{ y } \text{var}[t] = \frac{1}{\lambda^2}$$

$$E[t] = 2.44 \text{ y } \text{var}[t] = 5.96$$

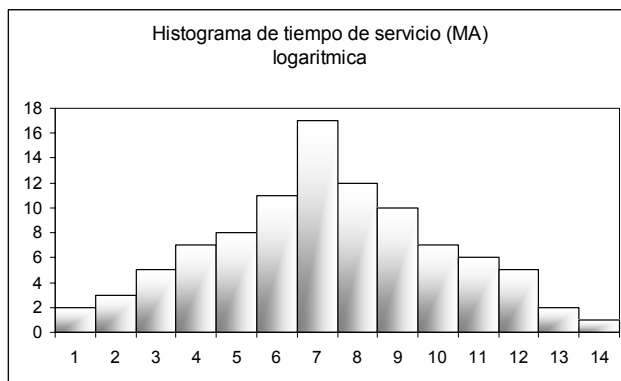
c) Tiempo de duración del servicio

Intervalo		Intervalo	
[17,20)	4	[38,41)	7
[20,23)	8	[41,44)	6
[23,26)	11	[44,47)	4
[26,29)	12	[47,50)	4
[29,32)	14	[50,53)	2
[32,35)	14	[53,56)	2
[35,38)	9	[56,59)	1



Análisis. EL histograma denota un comportamiento de una curva log-normal, para corroborarlo primero se le saca el logaritmo a los datos y se hace el histograma, por último se hace la prueba de bondad de ajuste.

El histograma queda de la siguiente manera.



La estadística de prueba es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i}$$

Para calcular las frecuencias esperadas tenemos que estimar el parámetro de la función de densidad.

Como se mencionó anteriormente se utilizará el estimador de máxima verosimilitud para estimar el parámetro de la función log-normal el cual está definido por:

$$f(t_i) = \frac{1}{t_i \sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln t_i - \mu)^2}$$

$$L = \prod_{i=1}^n f(t_i) = \left(\frac{1}{t_i \sqrt{2\pi} \sigma} \right)^n \left(e^{-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln t_i - \mu)^2} \right)^n$$

$$L = \prod_{i=1}^n f(t_i) = \frac{1}{\prod_{i=1}^n t_i (2\pi)^{n/2} \sigma^n} e^{-\sum_{i=1}^n \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \right) (\ln t_i - \mu)^2}$$

$$L = \prod_{i=1}^n f(t_i) = \frac{1}{\prod_{i=1}^n t_i (2\pi)^{n/2} \sigma^n} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}$$

$$L = \log \sum_{i=1}^n f(t_i) = \log(1) - \log \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) - \frac{n}{2} \log(2\pi) - n \log \sigma - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2$$

Para μ tenemos que:

$$\frac{\partial \log L}{\partial \mu} = -\frac{1}{2\sigma^2} (2) \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu) (-1)$$

$$\frac{\partial \log L}{\partial \mu} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \ln t_i - n \hat{\mu} = 0$$

$$\text{Por lo tanto } \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n}$$

Para σ tenemos que:

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma} = -\frac{n}{\sigma} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2 (-2)\sigma^{-3} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma} = -\frac{n}{\sigma} + \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{\sigma^3} = 0$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{\sigma^3} = \frac{n}{\sigma}$$

$$\text{Por lo tanto } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}}$$

$$\begin{aligned} \text{Sustituyendo valores tenemos que } \hat{\sigma} &= 0.2796132 \\ \hat{\mu} &= 3.48218984 \end{aligned}$$

Ho es una distribución log-normal con $f(t) = f_0(t)$

$$f_0(t) = f(t_i) = \frac{1}{t\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln t - \mu)^2}$$

donde

$$f(t_i) = \frac{1}{0.28t\sqrt{2\pi}} e^{-6.38(\ln t - 3.48)^2}$$

Para la frecuencia esperada se debe calcular la integral definida para cada uno de los intervalos.³³

$$\int_{17}^{20} \frac{1}{0.28t\sqrt{2\pi}} e^{-6.38(\ln x - 3.48)^2} dt$$

Sustituyendo los valores observados tenemos:

³³ Para el cálculo de la integral se utilizó el software Mathematica 5

No. de Clase	Frecuencia observada	Frecuencia esperada	Xi-Cuadrada χ^2
1	4	3.0446845	0.29974459
2	8	6.537121	0.32736352
3	11	10.159101	0.06960371
4	12	12.572461	0.02606583
5	14	13.195007	0.04911053
6	14	12.259636	0.2470601
7	9	10.39258	0.18660227
8	7	8.2146293	0.17959719
9	6	6.152128	0.00376178
10	4	4.4182336	0.03959033
11	4	3.0706611	0.28126542
12	2	2.0799128	0.00307035
13	2	1.3806592	0.277826
14	1	0.90211067	0.01062211

$$\chi^2 = 2.00128373$$

Ho se acepta, si X^2 calculada $\leq \chi^2$ tablas.

Como X^2 calculada = 2.0012 y la χ^2 tablas con 0.025 grados de libertad es igual a 3.82 ($\chi^2_{0.975,11}$) la hipótesis nula se acepta. Por lo tanto la distribución que sigue el tiempo de servicios MA es log-normal (Canavos, 1992:619).

Ahora podemos calcular el valor esperado y la varianza de la distribución exponencial.

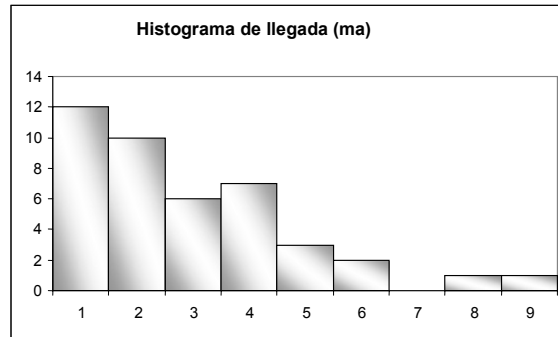
$$E[t] = e^{\mu - \frac{1}{2}\sigma^2} \quad y \quad \text{var}[t] = e^{2\mu + 2\sigma^2} - e^{2\mu + \sigma^2}$$

$$E[t] = 31.2837 \quad y \quad \text{var}[t] = 93.05$$

2.a Menor afluencia (ma)

a) Tiempo de llegadas

Intervalo	
[0,2)	12
[2,4)	10
[4,6)	6
[6,8)	7
[8,10)	3
[10,12)	2
[12,14)	0
[14,16)	1
[16,18)	1



Análisis.- El histograma muestra que la distribución que siguen los datos esperados es exponencial, para corroborar esto, se realiza la prueba de bondad de ajuste (χ^2).

El estadístico de prueba es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i}$$

Por definición el parámetro de la función exponencial ³⁴ esta definida por:

$$f(t_i) = \lambda e^{-\lambda t_i}$$

Tenemos que $\hat{\lambda} = \frac{42}{181} = 0.232044198$

Ho es una distribución exponencial con $f(x) = f_o(x)$

Donde

$$f_o(t) = \frac{e^{-0.23}(0.23)^{t_i}}{t_i!}$$

Sustituyendo los valores observados

No. de Clase	Frecuencia observada	Frecuencia Esperada	Xi-Cuadrada χ^2
1	12		
2	10		
3	6		
4	7		
5	3		
6	2		
7	0		
8	1		
9	1		

³⁴ La prueba de máxima verosimilitud quedó comprobada en el inciso 1a de este capítulo.

1	12	15.48608689	0.78475614
2	10	9.776113386	0.00512732
3	6	6.171500497	0.00476585
4	7	3.895967332	2.47307484
5	3	2.45946046	0.11879963
6	2	1.552617165	0.12891227
7	0	0.980141824	0.98014182
8	1	0.618747504	0.23491564
9	1	0.39060518	0.95073508

$$\chi^2 = 5.68122859$$

Ho se acepta, si X^2 calculada $\leq \chi^2$ tablas.

Como X^2 calculada = 5.68122859 y la χ^2 tablas con .025 grados de libertad es igual a 17.55 ($\chi^2_{0.975,7}$) la hipótesis nula se acepta. Por lo tanto la distribución que sigue el tiempo de llegadas ma es exponencial.

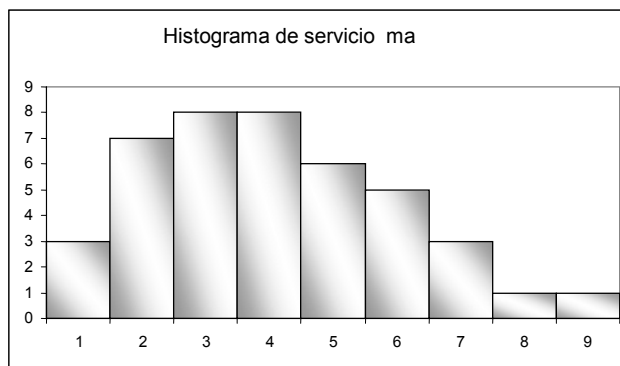
Ahora podemos calcular el valor esperado y la varianza de la distribución exponencial.

$$E[t] = \frac{1}{\lambda} \text{ y } \text{var}[t] = \frac{1}{\lambda^2}$$

$$E[t] = 4.34 \text{ y } \text{var}[t] = 18.90$$

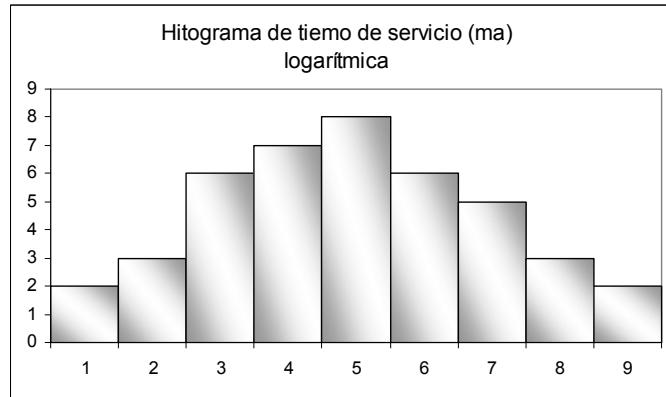
b) Tiempo de duración de servicio

Intervalo	Intervalo	
[16,20)	3 [40,44)	3
[20,24)	7 [44,48)	1
[24,28)	8 [48,52)	1
[28,32)	8	
[32,36)	6	
[36,40)	5	



Análisis: El histograma denota una distribución del tipo log-normal, para comprobarlo primero se le saca el logaritmo a los datos y se hace el histograma, por último se hace la prueba de bondad de ajuste.

El histograma queda de la siguiente manera:



El estadístico de prueba es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i}$$

Para calcular las frecuencias esperadas tenemos que estimar el parámetro de la función de densidad.

Por definición el parámetro de la función log-normal esta definida por³⁵:

$$f(t_i) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2}$$

Por lo tanto $\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n}$

Por lo tanto $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2}{n}}$

Sustituyendo valores tenemos que $\hat{\sigma} = 0.27$
 $\hat{\mu} = 3.3621$

Entonces; Ho es una distribución log-normal con $f(x) = f_o(x)$

³⁵ La prueba de máxima verosimilitud quedó comprobada en el inciso 1a de este capítulo

$$f_0(x) = f(t_i) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2}$$

Donde

$$f(t_i) = \frac{1}{0.27x\sqrt{2\pi}} e^{-6.38(\ln x - 3.36)^2}$$

Para la frecuencia esperada se debe calcular la integral definida para cada uno de los intervalos.³⁶

$$\int_{16}^{20} \frac{1}{0.27x\sqrt{2\pi}} e^{-6.38(\ln x - 3.36)^2} dx$$

Sustituyendo los valores observados tenemos:

No. De clase	Frecuencia observada	Frecuencia Esperada	Xi-Cuadrada χ^2
1	3	3.4251882	0.05278104
2	7	7.02303	7.552E-05
3	8	8.8221	0.07660856
4	8	8.131074	0.00211293
5	6	6.119148	0.00231997
6	5	4.0181274	0.20468409
7	3	2.4031224	0.25797674
8	1	1.3470912	0.81924769
9	1	0.721854	0.08943144

$$\chi^2 = \mathbf{1.50523798}$$

Ho se acepta, si X^2 calculada $\leq \chi^2$ tablas.

Como X^2 calculada = 1.5052 y la χ^2 tablas con 0.025 grados de libertad es igual a 1.69 ($\chi^2_{0.975,11}$) la hipótesis nula se acepta. Por lo tanto la distribución que sigue el tiempo de servicios ma es log-normal (Canavos, 1992:619)

$$E[t] = e^{\mu - \frac{1}{2}\sigma^2} \quad y \quad \text{var}[t] = e^{2\mu + 2\sigma^2} - e^{2\mu + \sigma^2}$$

$$E[t] = 27.81 \quad y \quad \text{var}[t] = 67.70.$$

³⁶ Para el cálculo de la integral se utilizó el software Mathematica5

Anexo 4. Aplicación de la teoría de colas

Factor de carga del sistema (ρ) = $\frac{\mu_s}{c \cdot \mu_a}$ donde $\rho \leq 1$

si $\rho \geq 1$ el sistema ocurre en pérdidas y la cola crece indefinidamente

$$\text{Fracción de pérdida } a = \frac{(c\rho)^c}{\sum_{k=0}^c \frac{(c\rho)^k}{k!}}$$

$$\mu_E = \frac{1 + cv_s}{\frac{2cv_s}{W_M} + \frac{1 - cv_s}{W_D}}$$

$$W_M = PD \frac{\mu_s}{c - TO}$$

$$W_D = \frac{W_M}{2} \left(1 + \frac{(1 - \rho)(c - 1)(\sqrt{4 + 5c} - 2)}{16\rho C} \right)$$

$$\mu_L = \frac{\mu_E}{\mu_A}$$

donde μ_s = Media de tiempo de servicio

cv_x = Coeficiente de variación de S

μ_A = Media de tiempo de llegadas

c = No de canales

μ_E = Media de tiempo de espera

μ_L = Media de la longitud de la línea

$E[t] = \mu$

Sustituyendo valores tenemos para MA

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = \frac{31.28}{12 \cdot 2.44} = 1.07$$

$$\text{Fracción de pérdida } (PD) = \frac{\frac{(1.07 \cdot 12)^{12}}{12!}}{1 + 12 \cdot 1.07 + \frac{(12 \cdot 1.07)^2}{2} + \frac{(12 \cdot 1.07)^3}{3!} + \dots + \frac{(12 \cdot 1.07)^{12}}{12!}} = 0.2299$$

donde

$$\mu_s = 31.28 \quad cv_x = 0.30 \quad \mu_A = 2.44 \quad c = 12$$

Sustituyendo valores tenemos para ma

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = \frac{27.81}{10 \cdot 4.34} = 0.64$$

$$\text{Fracción de pérdida (PD)} = \frac{\frac{(0.64 \cdot 10)^{10}}{10!}}{1 + 10 \cdot 0.64 + \frac{(10 \cdot 0.64)^2}{2} + \frac{(10 \cdot 0.64)^3}{3!} + \dots + \frac{(10 \cdot 0.64)^{10}}{10!}} = 0.0562$$

$$\mu_E = \frac{1 + 0.29}{\frac{2 \cdot 0.29}{0.43} + \frac{1 - 0.29}{0.25}} = 0.31 \cdot 60 = 18.77 \text{ min.}$$

$$W_M = 0.0562 \frac{27.81}{10 - 6.4} = 0.43$$

$$W_D = \frac{0.43}{2} \left(1 + \frac{(1 - 0.6)(10 - 1)(\sqrt{4 + 5 \cdot 10} - 2)}{16 \cdot 0.6 \cdot 10} \right) = 0.25$$

$$\mu_L = \frac{18.77}{4.34} = 4.32$$

donde

$$\mu_S = 27.81 \quad cv_x = 0.29 \quad \mu_A = 4.34 \quad c = 10$$

Anexo 5. Cálculos correspondientes al modelo de lavado actual

Calculo del costo de la demora para el proceso de lavado actual (pesos)											
Paso	Símbolo	Minutos	Min. x hora	Factor de división	Cto. de desperdicio por auto	Cto. de desperdicio por hora (\$)	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual	Total demora mensual
Transporte	→	0.5	60	0.0083	\$ 15.07	\$ 1.49	\$ 22.35	\$ 156.48	\$ 670.62	\$ 8,159.15	\$ 670.62
Demora	D	46	60	0.7667	\$ 15.07	\$ 137.10	\$2,056.55	\$14,395.87	\$61,696.58	\$750,641.72	\$ 61,696.58
Inspección	□	0	60	0.0000	\$ 15.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Almacenaje	▽	0	60	0.0000	\$ 15.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		Totales	240	0.6417	0.7750	\$ 138.59	\$2,078.91	\$14,552.35	\$62,367.20	\$758,800.87	\$ 62,367.20

Costo de desperdicio por auto (pesos)

Concepto	Cantidades
Salario por auto *	\$15.00
Otros:	
Shampoo °	\$ 0.01
Agua °	\$ 0.03
Luz °	\$ 0.02
Aromatizante	\$ 0.01
Total	\$15.07

* Salario a destajo

° Estimado por la gerencia

Calculo de autos lavados (unidades)

Concepto	diario	semanal	mensual	anual
Autos lavados	178	1246	5340	64970

Calculo de insumos (pesos) °

Artículo	Cto. Unitario por auto	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual	Desperdicio por auto
Shampoo	\$ 0.10	\$ 17.80	\$ 124.60	\$ 534.00	\$ 6,497.00	\$ 0.01
Agua	\$ 0.35	\$ 62.30	\$ 436.10	\$ 1,869.00	\$ 22,739.50	\$ 0.03
Luz	\$ 0.45	\$ 80.10	\$ 560.70	\$ 2,403.00	\$ 29,236.50	\$ 0.02
Aromatizante	\$ 0.05	\$ 8.90	\$ 62.30	\$ 267.00	\$ 3,248.50	\$ 0.01
Tapetes	\$ 0.15	\$ 26.70	\$ 186.90	\$ 801.00	\$ 9,745.50	
Total	\$ 1.10	\$ 195.80	\$ 1,370.60	\$ 5,874.00	\$ 71,467.00	\$ 0.07

° Estimado por la gerencia

Costo del proceso (pesos)

Concepto	por auto	diario	semanal	Mensual	anual
Costo del proceso	\$ 15.00	\$ 2,670.00	\$ 18,690.00	\$ 80,100.00	\$ 974,550.00

Calculo de utilidad (pesos)

Concepto	Ingreso por auto	Ingreso diario	Ingreso semanal	Ingreso mensual	Ingreso anual
Utilidad	\$ 13.90	\$ 2,474.20	\$ 17,319.40	\$ 74,226.00	\$ 903,083.00
Rendimiento MO	\$ 30.00	\$ 5,340.00	\$ 37,380.00	\$ 160,200.00	\$ 1,949,100.00
Costo de insumos	\$ 1.10	\$ 195.80	\$ 1,370.60	\$ 5,874.00	\$ 71,467.00
Costo del proceso	\$ 15.00	\$ 2,670.00	\$ 18,690.00	\$ 80,100.00	\$ 974,550.00






Valor de rendimiento de la mano de obra (pesos)

Concepto	Ingreso por auto	Ingreso Diario	Ingreso semanal	Ingreso Mensual	Ingreso anual
Rendimiento de M.O	\$ 30.00	\$ 5,340.00	\$ 37,380.00	\$ 160,200.00	\$ 1,949,100.00

Anexo 6. Distribución de la planta

La nueva distribución de la planta se basó en el método Systematic Layout Planning (SLP)³⁷.

Las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilaron a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: **A** (absolutamente necesaria), **E** (especialmente importante), **I** (importante), **O** (importancia ordinaria) y **U** (no importante); la indeseabilidad se represento por la letra **X**.

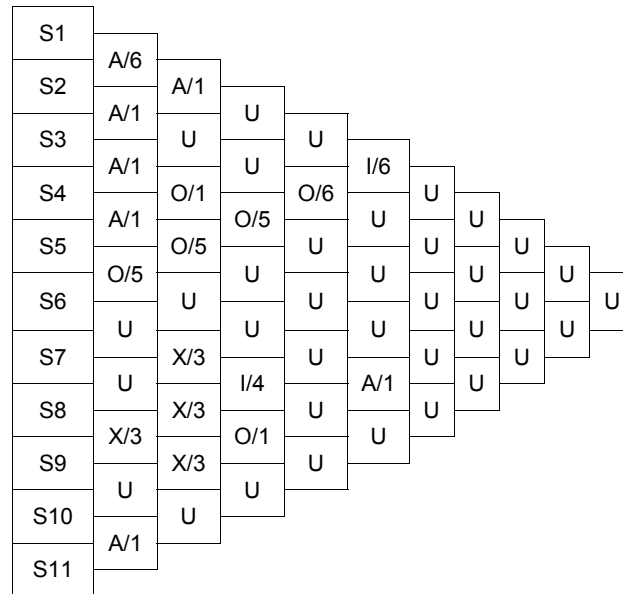
Valor	Prioridad o cercanía	Código de líneas	Código	Razón
A	Absolutamente		1	Flujo de trabajo
E	Especialmente		2	Espacios y/o equipos
I	Importante		3	Seguridad e higiene
O	Importancia		4	Personal común
U	Indiferente		5	Facilidad de supervisión
X	Indeseable		6	Contacto necesario
			7	Psicología

Las áreas o secciones que se consideraron para realizar la matriz fueron:

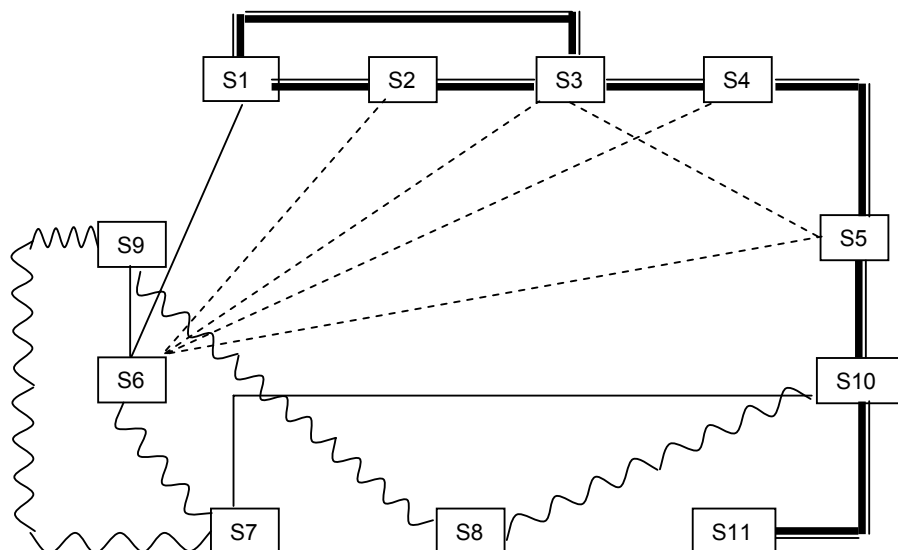
S1 - Entrada	S5 – Aspirado	S9 – Baños
S2 - Recepción	S6 – Sala de espera	S10- Salida
S3 - Lavado a presión	S7 – Trabajos especiales	S11- Patio trasero
S4 - Secado	S8 - Almacén	

Se forma la tabla triangular, con el fin de relacionar cada una de las áreas o secciones.

³⁷Notas del Curso: Distribución en planta; Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C, marzo/2004



Una vez realizada la tabla triangular se procedió a unir los cuadros que representan a las diferentes áreas (S1, S2, S3,...S11), los cuales son unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relaciona. El diagrama es ajustando por prueba y error hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria, la cual se muestra a continuación.



Anexo 7. Área de secado



Propuesta del área de secado

Máquinas de secado³⁸



Top Concorde, motor 15HP 60Hz, presión de aire 4300 CFM, altura total 2.80m, ancho 0.82m, largo 0.82m. Precio unitario de 6,325 usd.

Top concorde, no sólo reduce la necesidad del mantenimiento continuo, sino que además tiene un sonido aceptable.

El Top Concorde está equipado ahora con un restrictor de aire para reducir el flujo sobre los techos de los vehículos. Esto reduce el flujo de aire del 100 al 20 por ciento.

Side Window Concorde left and ride, motor 15HP 60Hz, presión de aire 4300 CFM, altura total 2.10m, ancho 0.82m, largo 0.82m. Precio unitario 5280 usd.

El Side & Window tiene una inclinación del inyector de 90° y 45° en el codo final para dirigir el flujo de aire en un ángulo complejo por el lateral bajo de los coches.

El Lateral y la Ventana de los coches quedan satisfactoriamente secos.



³⁸ Datos proporcionados por Hanna Car Wash Systems Inc. Sucursal en México

Anexo 8. Cálculos correspondientes al modelo de lavado propuesto

Calculo del costo de la demora para el proceso de lavado propuesto (pesos)											
Paso	Símbolo	Minutos	min. x hora	Factor de división	Cto. de desperdicio por auto	Cto. de desperdicio por hora (\$)	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual	Total demora mensual
Transporte	→	0.5	60	0.0083	\$ 15.07	\$ 1.82	\$ 27.34	\$ 191.39	\$ 820.22	\$ 9,979.37	\$ 820.22
Demora	D	7	60	0.1167	\$ 15.07	\$ 25.52	\$382.77	\$2,679.39	\$11,483.11	\$139,711.22	\$11,483.11
Inspección	□	0	60	0.0000	\$ 15.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Almacenaje	▽	0	60	0.0000	\$ 15.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Totales			240	0.1250	\$ 60.28	\$ 27.34	\$410.11	\$2,870.78	\$12,303.34	\$149,690.59	\$12,303.34

Costo de desperdicio por auto (pesos)	
Concepto	Cantidades
Salario por auto *	\$15.00
Otros:	
Shampoo °	\$ 0.01
Agua °	\$ 0.03
Luz °	\$ 0.02
Aromatizante	\$ 0.01
Total	\$15.07

* Salario a destajo

° Estimado por la gerencia

Calculo de autos lavados (unidades)				
Concepto	diario	semanal	mensual	anual
Autos lavados *	219	1533	6568	79913

* El lavado de auto se incrementa en 30%

Calculo de insumos (pesos) °						
Artículo	Cto. Unitario por auto	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual	Desperdicio por auto
Shampoo	\$ 0.10	\$ 21.89	\$ 153.26	\$ 656.82	\$ 7,991.31	\$ 0.01
Agua	\$ 0.35	\$ 76.63	\$ 536.40	\$ 2,298.87	\$ 27,969.59	\$ 0.03
Luz	\$ 0.75	\$164.21	\$ 1,149.44	\$ 4,926.15	\$ 59,934.83	\$ 0.02
Aromatizante	\$ 0.05	\$ 10.95	\$ 76.63	\$ 328.41	\$ 3,995.66	\$ 0.01
Tapetes	\$ 0.15	\$ 32.84	\$ 229.89	\$ 985.23	\$ 11,986.97	
Máquina de secado 1	\$ 0.07	\$ 16.20	\$ 113.41	\$ 486.05	\$ 5,913.60	
Máquina de secado 2	\$ 0.07	\$ 16.20	\$ 113.41	\$ 486.05	\$ 5,913.60	
Máquina de secado 3	\$ 0.09	\$ 19.41	\$ 135.86	\$ 582.25	\$ 7,084.00	
Total	\$ 1.64	\$358.33	\$ 2,508.29	\$ 10,749.83	\$130,789.54	\$ 0.07

° Estimado por la gerencia

Costo del proceso (pesos)					
Concepto	por auto	diario	semanal	mensual	anual
Costo del proceso	\$ 15.00	\$ 3,284.10	\$ 22,988.70	\$ 98,523.00	\$1,198,696.50

Calculo de utilidad (pesos)					
Concepto	Ingreso por auto	Ingreso diario	Ingreso semanal	Ingreso mensual	Ingreso anual
Utilidad	\$ 13.36	\$ 2,925.77	\$ 20,480.41	\$ 87,773.17	\$1,067,906.96
Rendimiento M.O.	\$ 30.00	\$ 6,568.20	\$ 45,977.40	\$ 197,046.00	\$2,397,393.00
Costo de insumos	\$ 1.64	\$ 358.33	\$ 2,508.29	\$ 10,749.83	\$ 130,789.54
Costo del proceso	\$ 15.00	\$ 3,284.10	\$ 22,988.70	\$ 98,523.00	\$1,198,696.50

Valor de rendimiento de la mano de obra (pesos)					
Concepto	Ingreso Por auto	Ingreso Diario	Ingreso semanal	Ingreso mensual	Ingreso anual
Rendimiento M.O	\$ 30.00	\$ 6,568.20	\$ 45,977.40	\$ 197,046.00	\$2,397,393.00

Depreciación de la maquina de secado 1 y 2 (pesos)				
Periodo anual de recuperación	Cto. Unitario (dólar)	Costo \$	% de depreciación	Cantidad depreciada
1	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
2	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
3	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
4	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
5	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
6	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
7	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
8	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
9	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
10	\$ 5,280.00	\$118,272.00	10%	\$ 11,827.20
Totales			100%	\$ 118,272.00

Dólar al día del calculo 04/feb/2004 = 11.20

Depreciación de la máquina de secado 3 (pesos)				
Periodo anual de resuperación	Costo (dólar)	Costo \$	% de depreciación	Cantidad depreciada
1	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
2	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
3	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
4	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
5	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
6	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
7	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
8	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
9	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
10	\$ 6,325.00	\$70,840.00	10%	\$ 7,084.00
Totales			100%	\$ 70,840.00

Dólar al día del calculo 04/feb/2004 = 11.20

Anexo 9. Aplicación de la teoría de colas en el modelo propuesto

Con la nueva distribución de la planta y el equipo de secado, el tiempo que se reduce en el servicio es de 10 minutos aproximadamente, con lo cual tenemos que:

El modelo de colas es el mismo M/G/c.

Mediante la simulación, para los días de mayor afluencia tenemos que:

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = \frac{17.23}{11 \cdot 2.4} = 0.64$$

$$\text{Fracción de pérdida (PD)} = \frac{\frac{(0.64 \cdot 11)^{11}}{11!}}{1 + 11 \cdot 0.64 + \frac{(11 \cdot 0.64)^2}{2} + \frac{(11 \cdot 0.64)^3}{3!} + \dots + \frac{(11 \cdot 0.64)^{11}}{11!}} = 0.05$$

$$\mu_E = \frac{1 + 0.64}{\frac{2 \cdot 0.64}{0.22} + \frac{1 - 0.64}{0.129}} = 0.187 \cdot 60 = 11.23 \text{ min.}$$

$$W_M = 0.05 \frac{17.23}{11 - 7.07} = 0.22$$

$$W_D = \frac{0.22}{2} \left(1 + \frac{(1 - 0.6)(11 - 1)(\sqrt{4 + 5 \cdot 11} - 2)}{16 \cdot 0.6 \cdot 11} \right) = 0.129$$

$$\mu_L = \frac{11.23}{2.4} = 4.60$$

donde

$$\mu_S = 17.23 \quad cv_x = 0.60 \quad \mu_A = 2.4 \quad c = 11$$

En los días de menor afluencia el comportamiento sería como sigue:

$$\text{Factor de carga del sistema } (\rho) = \frac{14.10}{11 \cdot 4.30} = 0.29$$

$$\text{Fracción de pérdida (PD)} = \frac{\frac{(0.29 \cdot 11)^{11}}{11!}}{1 + 11 \cdot 0.29 + \frac{(11 \cdot 0.29)^2}{2} + \frac{(11 \cdot 0.29)^3}{3!} + \dots + \frac{(11 \cdot 0.29)^{11}}{11!}} = 0.0004$$

$$\mu_E = \frac{1 + 0.68}{\frac{2 \cdot 0.68}{0.0008} + \frac{1 - 0.68}{0.00072}} = 0.000792 \cdot 60 = 0.0477 \text{ min.}$$

$$W_M = 0.0004 \frac{14.10}{11 - 3.24} = 0.0008$$

$$W_D = \frac{0.0008}{2} \left(1 + \frac{(1 - 0.29)(11 - 1)(\sqrt{4 + 5 \cdot 11} - 2)}{16 \cdot 0.29 \cdot 11} \right) = 0.00072$$

$$\mu_L = \frac{0.0477}{2.4} = 0.010988$$

donde

$$\mu_S = 14.10 \quad cv_x = 0.68 \quad \mu_A = 4.30 \quad c = 11$$

Glosario.

Almacenaje. Se produce cuando algo permanece en un sitio sin ser trabajado o en proceso de elaboración, esperando una acción en fecha posterior. El almacenamiento puede ser temporal o permanente.

Aspirado. Etapa del proceso de lavado en la cual se elimina el polvo y suciedad del interior del automóvil.

Bondad de ajuste (prueba χ^2). Comparar el histograma con la mejor función de densidad que le queda a los datos.

Canal y/o servidor. Persona y/o máquina que presta el servicio.

Cola. Fila o serie de personas que esperan a que les llegue su turno.

Decisión. Es una alternativa en el caso de que una actividad tenga dos posibilidades para su realización.

Demora. Se produce cuando las condiciones no permiten o no requieren una ejecución inmediata de la próxima acción planificada.

Diagrama de cuerdas. Una planta a escala que muestra el movimiento de los hombres o materiales mediante una "cuerda que sigue la trayectoria de cada uno.

Disciplina de las colas. Mientras los trabajos esperan por el servicio, están en una línea de espera o cola. Puede haber un espacio limitado en la línea de espera y los trabajos que llegan cuando ésta se encuentra llena pueden ser desviados o rechazados. El orden en que los trabajos se atienden suele ser del tipo PEPS.

Distribución de planta. Es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales

como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje y además el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y los beneficios correspondientes.

Estación única o red de estaciones.- El servicio puede prestarlo una sola unidad. Los sistemas que requieren de más de una estación se llaman redes de colas.

Flujograma de actividades. Herramienta que permite clasificar los procesos en lineales, paralelos, divergentes, convergentes o de árboles de decisiones; esta herramienta indica la secuencia global del proceso y la simbología de cada paso que se describe en la hoja de trabajo.

Hoja de trabajo. Herramienta cuyo formato permite la recopilación sistemática de la información necesaria para el rediseño de los procesos.

Lavador. Persona encargada de realizar el proceso de lavado.

Lavado a presión. Etapa del proceso de lavado en la cual a base de pistolas a presión se limpia el automóvil

Llegada. Son todos aquellos automóviles que arriban al sistema para recibir el servicio.

Llegadas. Los trabajos entran al sistema en busca de servicio. Pueden llegar por separado o en lotes; pueden tener diferencias de tiempo o similares entre sí o seguir un patrón aleatorio.

Matriz Tows. Herramienta que facilita el apareamiento entre las amenazas y oportunidades externas con las debilidades y fortalezas internas.

Máxima verosimilitud. Consiste en estimar los parámetros desconocidos de tal manera que la probabilidad de observar las Y dadas sea lo más alta posible (o máxima).

Operación. Representa las etapas principales del proceso. Se crea, se cambia o se añade algo.

Plancha. Área de 12 m² destinado al lavado del automóvil.

Procesos. Serie de actividades vinculadas que toma materia prima y la transforma en un producto.

Reingeniería de procesos. El método mediante el cual una organización puede lograr un cambio radical de rendimiento medido por el costo, tiempo de ciclo, servicio y calidad, mediante la aplicación de varias técnicas empleadas para el diseño de los procesos del producto y/o servicio principal de la empresa, orientados hacia el cliente en integrar una serie de funciones organizacionales.

Reingeniería organizacional. Es el pensamiento nuevo y el rediseño fundamental de los procesos operativos y la estructura organizacional, orientado hacia las competencias esenciales de la organización, para lograr mejoras dramáticas en su desempeño.

Reingeniería. Es reinventar la empresa desafiando sus doctrinas, sistemas y actividades existentes para rediseñar motivacionalmente sus recursos humanos y de capital en procesos interfuncionales. La reinención busca optimizar la posición competitiva de la empresa, su valor para los accionistas y su contribución a la sociedad.

Salida. Son todos aquellos automóviles que salen del sistema una vez recibido el servicio.

Secado. Etapa del proceso de lavado en la cual se eliminan los residuos de agua en el exterior del automóvil.

Servicios. Cada trabajo debe atenderse. El tiempo de servicio requerido puede ser el mismo para cada trabajo o puede variar considerablemente de manera aleatoria.

Sistemas de pérdida frente a sistemas de colas.

Son aquellos donde las llegadas al sistema simplemente salen de éste cuando encuentran retraso. En los sistemas de colas, las llegadas al sistema esperan en la línea de servicio.

Systematic Layout Planning (SLP). Técnica de distribución de planta en la cual las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales.

Teoría de colas. Rama de la teoría de la probabilidad que estudia las opciones más ventajosas para controlar situaciones o procesos en los que existen líneas de espera.

Tiempo de espera. Es el tiempo que debe esperar el cliente para iniciar el servicio.

Tiempo de lavado. Duración del proceso de lavado incluye lavado a presión, secado y aspirado.

Tiempo de servicio. Es el tiempo en el que el cliente permanece en el sistema incluye el tiempo de espera y el tiempo de lavado.

Tiempo entre de llegadas. Describe la distribución del tiempo entre la llegada anterior y *i*-ésima.

Transporte. Es el movimiento del material personal u objeto de estudio desde una posición o situación a otra.

Valor esperado. Es la expectativa o media poblacional de una variable aleatoria *Y*.

Varianza. Es la distribución o dispersión de los valores de *X* alrededor del valor esperado.

