



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Propuesta de Estandarización del Servicio de Mantenimiento Preventivo Chevrolet con Dos Técnicos para los Modelos Atendidos con Mayor Frecuencia en el Concesionario Automotores Continental S.A. e implementación de prueba de la misma en una Bahía**

**Daniela Stefanía Carrera García**

**María Daniela Ramírez Gómez**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, Septiembre 2011

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio Politécnico**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Propuesta de Estandarización del Servicio de Mantenimiento Preventivo Chevrolet con Dos  
Técnicos para los Modelos Atendidos con Mayor Frecuencia en el Concesionario Automotores  
Continental S.A. e implementación de prueba de la misma en una Bahía**

**Daniela Stefanía Carrera García**

**María Daniela Ramírez Gómez**

Daniel Merchán, M.Sc. ....

Director de Tesis y Miembro del Comité de Tesis

Gabriela García, M.Sc. ....

Miembro del Comité de Tesis

Verónica León, M.Sc. ....

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc. ....

Decano del Colegio Politécnico

Quito, Septiembre 2011

© Derechos de autor

Daniela Stefanía Carrera García

María Daniela Ramírez Gómez

2011

## DEDICATORIA

A nuestros padres, por su apoyo constante e incondicional en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestros hermanos, por ser los amigos más cercanos y la sonrisa oportuna.

*Daniela Carrera y Daniela Ramírez*

A Mario, Isabel, Erika, Juan, Said, Juana y Eva por ser quienes llenan mi vida y ser la luz que guía mi camino en todo instante.

*Daniela Carrera*

A mi esposo, quien ha sido mi alegría, mi soporte y mi alivio en los momentos buenos y en los difíciles.

*Daniela Ramírez*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra familia por su comprensión y apoyo incondicional, por ser quienes nos motivan a cumplir nuestras metas y alientan nuestros logros.

A nuestros amigos, compañeros de risas, que han sabido comprendernos y darnos consejos oportunos.

A nuestros profesores por ayudarnos a crecer personal y profesionalmente, por tener fe en nosotras y enseñarnos valiosas lecciones de vida.

A los miembros de Automotores Continental S.A. y General Motors Ecuador que nos abrieron las puertas y nos apoyaron durante la realización del proyecto.

## **RESUMEN**

General Motors Ecuador solicita apoyo al departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito para dar continuación al proyecto realizado en 2010. En esta ocasión GM requiere una propuesta de estandarización del servicio de mantenimiento preventivo Chevrolet con dos técnicos haciendo uso del nuevo tempario obtenido del proyecto anterior. El objetivo de la estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo es ofrecer un mejor servicio a los clientes disminuyendo los tiempos de ejecución del mantenimiento en cada vehículo mediante la identificación de la mejor secuencia para realizarlo. Adicionalmente, esto permitirá mejorar la eficiencia de los talleres, la utilización de los recursos y su agendamiento. El estudio se realizó en Automotores Continental Quito (AUTOCONSA). Primeramente, se recopiló y analizó la información sobre las rutinas de mantenimiento preventivo desde los 5 000 Km hasta 100 000 Km. Luego, se desarrolló y aplicó una metodología lógica para establecer las secuencias óptimas de mantenimiento. Finalmente, se realizó una implementación de prueba de la propuesta durante una semana en una bahía con el objetivo de validar el método o sugerir cambios. Finalmente, luego de la cuantificación de la reducción del tiempo obtenida con la implementación, se efectuó una simulación del sistema propuesto.

## **ABSTRACT**

General Motors Ecuador, asks Universidad San Francisco de Quito's Industrial Engineering Department to do a thesis project related to one done in 2010. This time, GM requires the standardization of Chevrolet's preventive maintenance service, employing two car mechanics and using the time study obtained from the previous project. The main objective of the preventive maintenance routine standardization is to improve customer service reducing the vehicles' maintenance service time by identifying the best sequence to perform it. Additionally, this will improve the vehicle repair shop's efficiency, scheduling and resource utilization. The project was developed at Automotores Continental Quito (AUTOCONSA). Firstly, data about the preventive maintenance routines from 5 000 Km to 100 000 Km was collected and analyzed. Then, a logical methodology to establish the best maintenance sequence was developed. Finally, a test implementation was performed for a week in one of AUTOCONSA's workstations. The objective was to validate the methodology and/or to suggest improving changes. Next, the time reduction obtained with the implementation was quantified. Lastly, the proposed system was simulated in order to model the potential results during a month in the repair shop.



## CONTENIDO

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Descripción de las Empresas Relacionadas con el Proyecto .....	1
1.1.1 General Motors .....	1
1.1.2 Automotores Continental S.A. (AUTOCONSA) .....	2
1.2 Antecedentes .....	4
1.3 Justificación e Importancia del Proyecto .....	4
1.4 Objetivos del Proyecto .....	6
1.4.1 Objetivo Final .....	6
1.4.2 Objetivos Específicos .....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Estandarización .....	8
2.1.1 Estudio de Tiempos y Movimientos .....	8
2.1.2 Formatos de Estandarización de GM .....	10
2.2 Información Cualitativa .....	18
2.2.1 Diagrama de Flujo .....	18
2.2.2 Diagrama de Espaguetti .....	20
2.2.3 Encuestas .....	21
2.3 Información Cuantitativa .....	22
2.3.1 Diagrama de Pareto .....	22
2.4 Estructuración de Secuencia de Mantenimiento .....	23
2.4.1 Balanceo de Líneas .....	23
2.5 Adecuación del Puesto de Trabajo .....	26
2.5.1 Seguridad Industrial .....	26
2.5.2 Ergonomía .....	27
2.5.3 5 S's .....	38
2.6 Simulación .....	42
2.6.1 ARENA® Software .....	42
2.6.2 Módulos de Arena® .....	44

2.6.3	Análisis de Datos de Entrada.....	45
2.6.4	Determinación del Número de Replicaciones del Modelo.....	46
2.6.5	Comparación de Alternativas .....	47
3.	CAPÍTULO III: RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	49
3.1	Determinación de Modelos Bajo Estudio .....	49
3.2	Recopilación del Plan de Mantenimiento para los Modelos Bajo Estudio.....	51
3.3	Consolidación de Planes de Mantenimiento Preventivo.....	56
3.4	Familiarización con AUTOCONSA y los Agentes Participantes en el Proceso de Mantenimiento Preventivo.....	59
3.4.1	Flujogramas del Proceso de Mantenimiento Preventivo de AUTOCONSA.....	59
3.4.2	Layout del Taller de AUTOCONSA y las bahías analizadas.....	60
3.4.3	Encuestas a Técnicos .....	61
3.4.4	Diagramas de Espaguetti realizados en las bahías analizadas .....	64
4.	CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BAHÍAS DE SERVICIO RÁPIDO .....	66
4.1	Definición de Bahía de Servicio Rápido.....	66
4.2	Hojas de Elementos, Herramientas y Equipo de Seguridad, y Materiales .....	67
4.3	Generación de Tablas de Mediciones Críticas.....	75
4.4	Guía para la Adecuación de la Bahía de Servicio Rápido .....	80
4.5	Recomendaciones para la Aplicación del Método.....	91
4.6	Hojas de Trabajo Estandarizado .....	93
4.6.1	Consideraciones para la Estructuración de la Secuencia de los Planes de Mantenimiento con Dos Técnicos.....	93
4.6.2	Planes de Mantenimiento por Kilometraje Excluidos del Proyecto.....	97
4.6.3	Evaluación ergonómica del levantamiento manual de ruedas en la operación de montaje y desmontaje de las mismas. ....	102
4.6.4	Descripción del Método Usado para la Conformación de las Secuencias de los Planes de Mantenimiento con Dos Técnicos .....	115
5.	CAPÍTULO V: COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO TRADICIONAL Y BAHÍAS DE SERVICIO RÁPIDO .....	134
5.1	Análisis de tiempos entre método tradicional y bahías de servicio rápido .....	134
5.2	Resultados de la Implementación .....	138

6. CAPÍTULO VI: SIMULACIÓN.....	143
6.1 Descripción del Sistema y Asunciones .....	143
6.2 Simulación en Arena.....	144
6.3 Validación y verificación del modelo .....	154
6.4 Análisis de Información de Salida .....	154
6.4.1 Número de Replicaciones .....	154
6.4.2 Ajuste de Parámetros .....	157
6.4.3 Comparación de Resultados entre Situación Actual y Propuesta.....	157
6.5 Beneficios de la propuesta .....	160
7. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	162
7.1 Conclusiones .....	162
7.2 Recomendaciones .....	165
BIBLIOGRAFÍA .....	167

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Ejemplo sobre la relación de Takt Time, Takt Time Actual y Tiempo de Ciclo para un trabajo. ....	12
Figura 2-2 Adaptación de la Hoja de Trabajo Estandarizado para uso en las operaciones de Talleres Mecánicos. ....	13
Figura 2-3 Adaptación de la Hoja de Elementos para uso en las operaciones de Talleres Mecánicos. ....	16
Figura 2-4 Adaptación de la Hoja de Herramientas y Equipos de Seguridad para uso en las operaciones de Talleres Mecánicos. ....	18
Figura 2-5 Adaptación de la Hoja de Materiales para uso en las operaciones de Talleres Mecánicos. ....	18
Figura 2-6 Símbolos estándar de la ANSI para elaboración de diagramas de flujo. ....	19
Figura 2-7 Representación gráfica de la posición ideal (o estándar) de levantamiento de carga. ....	32
Figura 2-8 Representación gráfica del ángulo de asimetría (A).....	35
Figura 3-1 Gráfica de Pareto de los vehículos atendidos en el taller de AUTOCONSA (Nov 2010 – Ene 2011).....	50
Figura 4-1 Frecuencia de quejas de clientes de talleres Chevrolet, recopiladas por concepto de la base de datos del Call Center de GM.....	79
Figura 4-2 Caja de herramientas móvil disponible en cada una de las bahías de mantenimiento. ....	84
Figura 4-3 Ganchos extraíbles para colgar herramientas ubicados en la pared lateral de la caja de herramientas.....	85
Figura 4-4 Barra metálica para asegurar los cajones de la caja de herramientas. ....	86
Figura 4-5 Bandejas magnetizadas ubicadas en las patas del elevador de tijeras para colocar los pernos de las ruedas. ....	87
Figura 4-6 Ejemplo de elemento señalizado dentro de la bahía de trabajo. ....	88
Figura 4-7 Gavetas para almacenar sprays y solventes a) sin señalizar b) correctamente señalizada.....	89
Figura 4-8 Bahía de servicio rápido correctamente delimitada.....	90
Figura 4-9 Ganchos ubicados en las patas del elevador de tijeras para colgar las pistolas neumáticas. ....	92
Figura 4-10 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de todos los modelos bajo estudio en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	99
Figura 4-11 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de AVEO en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	99

Figura 4-12 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de GV 4 CILINDROS 2.0 en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	100
Figura 4-13 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de LUV D-MAX GASOLINA en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	100
Figura 4-14 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de VITARA BÁSICO y GV 1.6 en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	101
Figura 4-15 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de LUV D-MAX DIESEL en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	101
Figura 4-16 Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de SPARK en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año. ....	102
Figura 4-17 Ejemplo de rueda del grupo 1 y la forma de agarre que el diseño de la misma provoca. ....	104
Figura 4-18 Ejemplo de rueda del grupo 2 y la forma de agarre que el diseño de la misma provoca. ....	105
Figura 4-19 Porcentaje de vehículos atendidos por modelo para el grupo 1.....	106
Figura 4-20 Porcentaje de vehículos atendidos por modelo para el grupo 2.....	106
Figura 4-21 Diagramación de la distancia vertical V y la distancia horizontal H.....	108
Figura 4-22 Montaje de rueda de un vehículo del grupo 2 entre 2 técnicos.....	113
Figura 6-1: Pareto de la entrada de vehículos al taller de AUTOCONSA desde Enero 2010 hasta Junio 2011. ....	145
Figura 6-2: Gráfica de dispersión del tiempo entre arribos de vehículos al taller en minutos. ....	146
Figura 6-3: Resultado de la prueba de corridas del tiempo entre arribos de vehículos al taller en minutos. ....	146
Figura 6-4: Despliegue de resultados en orden ascendente del error cuadrado para todas las distribuciones probadas. ....	147
Figura 6-5: Despliegue de resultados del análisis de bondad y ajuste para los datos de tiempo entre arribos de vehículos al taller a una distribución Lognormal. ....	148
Figura 6-6: Análisis de la demanda de AUTOCONSA.....	152
Figura 6-7 Prueba T e IC de dos muestras: Autos Atendidos Actual, Autos Atendidos Propuesta .....	158
Figura 6-8 Resultados de la prueba t de dos muestras para # de Autos Atendidos Actual y # de Autos Atendidos Propuesta. ....	158
Figura 6-9 Prueba T e IC de dos muestras: TIS Actual, TIS Propuesta .....	159
Figura 6-10 Resultados de la prueba t de dos muestras para TIS Actual y TIS Propuesta. ....	159

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Definición de los símbolos encontrados en la hoja de elementos.....	14
Tabla 2-2 Identificación de los factores de la ecuación de NIOSH para obtener el límite de peso recomendado (RWL).....	31
Tabla 2-3 Factores de frecuencia en base al número de levantamientos por minuto, la duración y la altura de los mismos. ....	35
Tabla 2-4 Clasificación del tipo de agarre de una carga.....	37
Tabla 2-5 Asignación de valores al factor de agarre en base a los parámetros de calificación de la Tabla 2-4. ....	37
Tabla 2-6: Descripción de los principales módulos usados en la construcción de modelos de simulación en Arena <sup>®</sup> . ....	44
Tabla 3-1 Modelos Chevrolet clasificados por categorías según el cilindraje del vehículo.....	49
Tabla 3-2 Resumen de los modelos incluidos en el estudio con sus correspondientes categorías. ....	51
Tabla 3-3 Lista de operaciones realizadas en el mantenimiento preventivo Chevrolet junto con su respectiva identificación, misma que será usada a lo largo del proyecto. ....	52
Tabla 3-4 Nuevo Tempario para Mantenimiento Preventivo Chevrolet para los modelos Volume Makers. ....	54
Tabla 3-5 Tempario del Plan de Mantenimiento Chevrolet para las operaciones que no poseen un tiempo estándar definido en la Tabla 3-4. ....	55
Tabla 3-6 Plan de mantenimiento compactado para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 5 000 Km para todos los modelos bajo estudio. ....	57
Tabla 3-7 Plan de mantenimiento compactado para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 10 000 Km para todos los modelos bajo estudio. ....	58
Tabla 3-8 Utilización adecuada o inadecuada de equipos de protección personal para los cuatro técnicos encuestados.....	63
Tabla 4-1 Ejemplo de tabla de calibración de bujías.....	75
Tabla 4-2 Ejemplo de tabla de espesor mínimo de ferodos de pastillas y zapatas. ....	76
Tabla 4-3 Ejemplo de tabla de capacidades de líquidos y lubricantes. ....	77
Tabla 4-4 Ejemplo de tabla de torques y tapones de cárter . ....	78
Tabla 4-5 Ejemplo de tabla de presiones de llantas de vehículos. ....	78
Tabla 4-6 Elementos a inspeccionar durante la ejecución de los mantenimientos contemplados en la lista de verificación de los 18 puntos.....	96
Tabla 4-7 Lista de operaciones excluidas del proyecto debido a su falta de ajuste con el concepto de bahía de servicio rápido.....	97
Tabla 4-8 Clasificación de vehículos bajo estudio según peso y diseño de las ruedas. ....	103
Tabla 4-9 Cálculo del peso ponderado de las llantas por grupo de acuerdo al número de vehículos atendidos por año de cada modelo. ....	107

Tabla 4-10 Medición de distancias para el análisis ergonómico del desmontaje de ruedas del grupo 1 y 2.....	110
Tabla 4-11 Medición de distancias para el análisis ergonómico del montaje de ruedas del grupo 1 y 2.....	110
Tabla 4-12 Factores para el desmontaje de ruedas del grupo 1.....	110
Tabla 4-13 Factores para el desmontaje de ruedas del grupo 2.....	111
Tabla 4-14 Factores para el montaje de ruedas del grupo 1.....	111
Tabla 4-15 Factores para el montaje de ruedas del grupo 2.....	111
Tabla 4-16 Medición de distancias para el análisis ergonómico del montaje de ruedas del grupo 2 entre 2 técnicos.....	114
Tabla 4-17 Factores para el montaje de ruedas del grupo 2 y su respectivo RWL con 2 técnicos.....	114
Tabla 4-18 Estimación de tiempos para cada una de las secciones que conforman la inspección visual de los 18 puntos.....	116
Tabla 4-19 Estimación de tiempos para actividades adicionales realizadas dentro de los mantenimientos.....	116
Tabla 4-20 Resumen de la sectorización de las operaciones dentro de los planes de mantenimiento.....	119
Tabla 4-21 Resumen de la sectorización de las secciones de la revisión visual de 18 puntos.....	120
Tabla 4-22 Tiempos estándar para cada uno de los modelos para la Operación 1.....	122
Tabla 4-23 Secuenciación inicial para el mantenimiento de 5 000 Km para el Aveo, Luv D-Max Gasolina y Vitara Básico.....	122
Tabla 4-24 Secuenciación inicial para el mantenimiento de 5 000 Km para Luv D-Max Diesel.....	124
Tabla 4-25 Sectorización de las operaciones dentro del plan de mantenimiento de 10 000 Km.....	125
Tabla 4-26 Tiempos estándar para cada uno de los modelos para las operaciones dentro del mantenimiento de 10 000 Km.....	126
Tabla 4-27 Secuenciación inicial para el mantenimiento de 10 000 Km para Luv D-Max Gasolina.....	126
Tabla 4-28 Secuenciación inicial para el mantenimiento de 10 000 Km para Luv D-Max Diesel.....	128
Tabla 5-1: Comparación de tiempos de ejecución de mantenimientos entre el método tradicional (1 técnico) y el método propuesto (2 técnicos).....	135
Tabla 5-2: Comparación de tiempos de ejecución de mantenimientos durante la semana de implementación y el tiempo teórico del método propuesto (2 técnicos).....	140
Tabla 6-1: Tiempo entre arribos de vehículos al taller con su probabilidad de ocurrencia.....	149
Tabla 6-2: Porcentaje de entrada de vehículos a AUTOCONSA por concepto de mantenimiento de acuerdo al modelo.....	150

Tabla 6-3: Porcentaje de entrada de vehículos al taller de AUTOCONSA por concepto de mantenimiento dependiendo del modelo y kilometraje.....	151
Tabla 6-4: Resumen de la desviación estándar y media de las medidas de interés calculadas a partir de 100 replicaciones.....	155
Tabla 6-5: Evaluación de los posibles tamaños de muestra para cada una de las medidas de interés. ....	156



# 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Descripción de las Empresas Relacionadas con el Proyecto

### 1.1.1 *General Motors*

#### 1.1.1.1. Historia

General Motors fue una de las compañías más importantes en el mundo industrial durante el siglo XX liderando el campo de las innovaciones automotrices. Tiene sus orígenes en 1908 y su sede se encuentra localizada en Detroit, Michigan. Desde 1931 constituyó la compañía automotriz más grande del mundo hasta el 2008 cuando fue alcanzada por Toyota debido a la crisis económica mundial que la obligó a declararse en bancarrota. Sin embargo, en uno de los renacimientos más grandes de la historia la nueva compañía, denominada *The General Motors Company* para su reestructuración, está una vez más en la cima de la industria automotriz (General Motors Company).

GM emplea a más de 326,999 personas alrededor del mundo (al 1 de mayo de 2009) y se encuentra en 157 países. GM y sus aliados estratégicos producen carros y camiones en 37 países y posee 11 marcas que son: Baojun, Buick, Cadillac, Chevrolet, FAW, GMC, Daewoo, Holden, Isuzu, Jiefang, Opel, Vauxhall, y Wuling. El mercado más grande de la compañía es China, seguido de Estados Unidos, Brasil, Alemania, Inglaterra, Canadá e Italia. La subsidiara OnStar de GM es el líder en la industria en seguridad vehicular y servicios de información (General Motors Company). Según el ranking de las 500 compañías más grandes del mundo de la revista Fortune, GM ocupó el puesto número 38 con ventas de \$104.8 billones en el 2010 (Fortune).

GM en Ecuador, más conocida como Ómnibus BB Transportes S.A., se localizó en el puesto número 5 de las 10 empresas más grandes del Ecuador con ventas de \$811.08 millones en el 2009 (El Universo). La planta, ubicada en Quito, produce diariamente cerca de 225 unidades en tres turnos, de las cuales una proporción se destina a exportación, a

países como Venezuela, Colombia y Chile. Actualmente, la planta ensambla aproximadamente 45 000 unidades anuales.

La planta de GM, localizada al norte de la ciudad de Quito posee aproximadamente 900 trabajadores de planta y alrededor de 300 trabajadores administrativos. La planta se caracteriza por su innovación, por los sistemas y altos estándares con los que trabaja. GM OBB implementa importantes herramientas para lograr el mejoramiento continuo de sus procesos y los de sus proveedores. En el 2009 GM OBB Ecuador y su marca Chevrolet lideraron el mercado con una participación del 43.3%.

### ***1.1.2 Automotores Continental S.A. (AUTOCONSA)***

#### **1.1.2.1 Historia**

Automotores Continental S.A. se constituyó el 25 de Septiembre de 1972 en la ciudad de Quito. A partir del 1 de Octubre de 1997 se fusionó con la compañía Alemotors de Guayaquil. Desde sus inicios Automotores Continental S.A., también conocido como AUTOCONSA, se posiciona como el concesionario integral de General Motors.

Actualmente, su actividad principal es la comercialización de vehículos de la marca Chevrolet. También posee servicio de venta de repuestos, siendo el #1 en el país en esta actividad; servicio de taller donde el personal es altamente competente y es capacitado constantemente por GM; y servicio de venta de accesorios para los vehículos (Automotores Continental).

AUTOCONSA posee siete sucursales repartidas en Quito y Guayaquil (Automotores Continental). En el periodo de Enero a Marzo del presente año, Automotores Continental S.A. se posicionó como el número nueve del ranking nacional de concesionarios Chevrolet según la calificación dada por GM basada en el CSI o índice de satisfacción del cliente (Documentos Internos, GM).

La cultura organizacional del concesionario se centra en proyectar al cliente una imagen de cumplimiento, innovación y conocimiento del negocio.

#### **1.1.2.2 Misión**

“Ser el concesionario General Motors comprometido en entregar productos y servicios de calidad al cliente, lo que se traduce a niveles crecientes de venta y rentabilidad” (Documentos Internos, Automotores Continental S.A.).

#### **1.1.2.3 Visión**

“Nuestra visión nos enfoca a ser líderes en el Ecuador en la venta y servicio de la marca Chevrolet a través de la innovación, el cumplimiento con el cliente y el desarrollo y el bienestar de nuestra gente” (Documentos Internos, Automotores Continental S.A.).

#### **1.1.2.4 Valores**

- **INTEGRIDAD:** Nuestros actos dentro y fuera de la empresa se basan en principios y ética personal y profesional. Nosotros decimos lo que creemos y hacemos lo que decimos.
- **AUTOGESTIÓN:** Los miembros de nuestra empresa cuentan con la preparación y facultades que les permiten individualmente y como miembros de un equipo responder a los requerimientos del cliente.
- **INNOVACIÓN:** Nosotros desafiamos el pensamiento tradicional, exploramos nuevas tecnologías e implementamos nuevas ideas.
- **PROFESIONALISMO:** Creemos que todo miembro de la organización podrá progresar en la medida que actúe, se capacite y se esfuerce en el servicio al cliente.
- **SENTIDO NACIONAL:** Buscamos hacer nuestro trabajo lo mejor posible aumentando permanentemente la productividad y cumpliendo nuestras obligaciones como ciudadanos.

(Documentos Internos, Automotores Continental S.A.)

## 1.2 Antecedentes

Durante el año 2010, las estudiantes María José Delgado Guzmán y María Gabriela Naranjo Bautista, de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito, realizaron un proyecto a solicitud de General Motors Ecuador. Este proyecto se enfocó en la estandarización de los tiempos de mantenimiento preventivo Chevrolet en los *Volume Makers* en dos concesionarios: Automotores Continental y Automotores de la Sierra. Esto se llevó a cabo mediante el levantamiento y validación de los temparios actuales de los concesionarios empleando un estudio de tiempos y movimientos. Los tiempos obtenidos mediante el estudio se compararon con los diferentes temparios de interés y entre concesionarios. Finalmente, se propuso un nuevo tempario que contiene los tiempos de ejecución por operación de acuerdo al mejor escenario real.

Con este precedente, General Motors Ecuador vuelve a solicitar apoyo al departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito para dar continuación al proyecto. El presente estudio se centra en crear una propuesta de estandarización del servicio de mantenimiento preventivo Chevrolet con dos técnicos haciendo uso del nuevo tempario obtenido de la tesis anterior.

## 1.3 Justificación e Importancia del Proyecto

El servicio de post-venta en los concesionarios carece de procesos estandarizados para efectuar las rutinas a realizarse en cada uno de los kilometrajes correspondientes al mantenimiento preventivo. Esto provoca ciertas inconformidades en los clientes de los concesionarios que se describen a continuación:

- Espera al momento de ingresar el vehículo a los talleres y en ocasiones al momento de retirarlos.
- No se utiliza todo el potencial de la herramienta de agendamiento (citas telefónicas) como se debería.
- Dificultad para calcular el tiempo de duración de cada uno de los mantenimientos.

La Figura 1-1 muestra el porcentaje de satisfacción del cliente en cuanto a la entrega del vehículo en AUTOCONSA, para ilustrar los problemas antes descritos. El índice muestra el porcentaje de clientes que se encuentran totalmente satisfechos con la entrega de su vehículo. Como se puede apreciar el índice no sobrepasa el 62% desde hace más de un año. En adición, según el Customer Satisfaction Index de GM, en el último trimestre (Enero 2011 – Marzo 2011) sólo el 70% de los clientes concuerdan con que su vehículo fue entregado en la fecha y horario acordados en este concesionario.



Fuente: CSI (Customer Satisfaction Index), GM.

**Figura 1-1** Satisfacción general del cliente con la entrega de su vehículo en AUTOCONSA.

En adición, se han observado problemas dentro de los talleres como los mencionados a continuación:

- Las personas responsables no disponen de un método para asignar los trabajos a los técnicos, lo cual puede resultar en carga de trabajo no balanceada entre los técnicos.
- Algunos puestos de trabajo no cuentan con las herramientas adecuadas para la realización de las actividades.

- A pesar de contar con tiempos estandarizados para cada operación dentro del mantenimiento preventivo, no se cuentan todavía con los métodos de trabajo estandarizados para realizar estas rutinas.
- Muchos concesionarios carecen de equipos para una medición exacta y por tanto las condiciones de algunos componentes del vehículo deben ser estimadas en base a la experiencia.

Con la estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo se pretende ofrecer un mejor servicio a los clientes disminuyendo los tiempos de ejecución del mantenimiento en cada vehículo mediante la identificación de la mejor secuencia para realizarlo. Adicionalmente, esto permitirá mejorar la eficiencia de los talleres, la utilización de los recursos y su agendamiento.

## **1.4 Objetivos del Proyecto**

### ***1.4.1 Objetivo Final***

Elaborar una propuesta de estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo limpio, desde los 5 000 Km hasta los 100 000 Km en Automotores Continental S.A., para los modelos atendidos con mayor frecuencia, a fin de conseguir homogeneidad y reducción de los tiempos de servicio, mediante la creación de bahías de servicio rápido que empleen dos técnicos.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Recopilar y analizar la información sobre las rutinas de mantenimiento preventivo, desde los 5 000 Km hasta los 100 000 Km, incluyendo el estudio de tiempos y movimientos realizado previamente.
- Presentar una guía para la adecuación de las bahías de mantenimiento preventivo limpio que apoye el concepto de mantenimiento rápido propuesto, tomando en cuenta consideraciones sobre las herramientas y equipos necesarios y el mejoramiento de la movilidad, la seguridad y comodidad de los técnicos en base a

fundamentos ergonómicos y a la metodología de las 5S's (parte de la filosofía de la manufactura esbelta).

- Validar las herramientas y equipos actualmente utilizados en las bahías de mantenimiento preventivo y en caso de ser necesario, informar al concesionario sobre la necesidad de herramientas especializadas o reemplazos.
- Realizar una implementación de prueba durante una semana en una bahía de AUTOCONSA con el objetivo de validar el método propuesto o sugerir cambios y cuantificar la reducción del tiempo obtenida.
- Comparar la situación actual dentro del taller con el método propuesto usando una simulación computacional para evaluar los potenciales beneficios.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Estandarización**

#### ***2.1.1 Estudio de Tiempos y Movimientos***

La ingeniería de métodos está orientada al diseño y creación de los mejores métodos, herramientas, equipo y habilidades para la realización de un proceso. La mejor combinación de estos factores resulta en un aumento de productividad en la empresa y en trabajadores más satisfechos con su trabajo. Para lograr la estandarización del trabajo se debe desglosar el mismo en operaciones y analizar cada una para determinar los mejores procedimientos disponibles teniendo en cuenta la seguridad y comodidad del operario. Dentro de la estandarización es fundamental establecer los tiempos estándar para cada una de las operaciones (Niebel y Freivalds 4-5) .

Para este efecto existen tres herramientas comúnmente usadas: las estimaciones, los registros históricos y los procedimientos de medición del trabajo (Niebel y Freivalds 373). Dentro de este último, el estudio de tiempos se define como “el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado” (Hodson 4.12). Para realizar con éxito un estudio de esta índole la operación analizada debe estar estandarizada o el estudio tendrá poco valor. En adición, se debe asignar analistas del proyecto que serán los responsables de la recolección y análisis de datos y se debe elegir a los operarios participantes en el estudio en base a su desempeño para asegurar que se elijan a “operadores promedio” o un poco arriba del promedio lo que proporcionará un estudio más satisfactorio. Un operario promedio desempeña el trabajo con consistencia y de manera sistemática, está correctamente capacitado en el método y debe mostrar interés y alto grado de cooperación frente al proyecto. (Niebel y Freivalds 384) En cuanto al equipo utilizado en un programa de estudio de tiempos se debe incluir un cronómetro o equipo de videograbación, tablas y formas para el estudio, y una calculadora (Niebel y Freivalds 377).



Una buena práctica dentro de un estudio de tiempos es dividir el trabajo en elementos, que constituyen actividades o tareas dentro de la operación analizada. Esto permite identificar con mayor facilidad el trabajo no productivo y los cambios en los elementos de trabajo y es especialmente útil cuando la operación bajo estudio es larga y compleja. Adicionalmente, el analista puede clasificar los elementos observados en regulares, los que ocurren cada ciclo; irregulares, aquellos que ocurren a intervalos de frecuencia; y extraños, los que no son parte del trabajo. Los tiempos identificados de cada tipo de elementos, se utilizan posteriormente para crear los datos de tiempo estándar (Hodson 4.25).

Una vez determinados los ciclos de estudio y el tamaño de la muestra de trabajo que se va a analizar dependiendo de la disponibilidad de datos y el costo del estudio se procede a la toma de datos en sí. Es importante que el analista asigne una calificación de desempeño global y una individual por elementos para cada operario. Esta calificación, evalúa la efectividad del operario en términos del desempeño de un operario calificado que ejecuta el mismo elemento. El valor de la calificación se expresa como porcentaje y se denomina  $C$ , y se utiliza para ajustar el tiempo medio observado ( $TO$ ) para cada elemento ejecutado durante el estudio, al tiempo normal ( $TN$ ) que requiere el operario calificado para realizar el mismo trabajo de tal forma que:

$$TN = TO \times C/100$$

(Niegel y Freivalds 395)

Una vez obtenido el tiempo normal se debe asignar suplementos al mismo, que toma en cuenta principalmente tres clases de interrupciones: personales, como viajes al baño; fatiga; y retrasos inevitables, como problemas con herramientas. Dichos suplementos, se dan como un porcentaje del tiempo normal para establecer el tiempo estándar como sigue:

$$TS = TN \times (1 + \text{SUPLEMENTO})$$

(Niegel y Freivalds 395)

Una vez determinado el tiempo estándar de los elementos, se suma aquellos tiempos correspondientes a los elementos parte de una operación para obtener el tiempo estándar de

ésta. Se debe recalcar, que no se describirá con mayor profundidad el estudio de tiempos y movimientos en el presente proyecto, pues el mismo no está enfocado en la realización de un estudio de esta índole. Al contrario, se utilizará un estudio de tiempos ya existente sobre las operaciones de mantenimiento periódico realizado en los Volume Makers (autos con el mayor volumen de ventas) de General Motors del cual se hablará con más profundidad en el siguiente capítulo. Este estudio resulta un precedente muy importante y la base para el presente proyecto.

### ***2.1.2 Formatos de Estandarización de GM***

Dentro de la filosofía de General Motors, la mejora continua es uno de los principales pilares que se pone en práctica en todos los ámbitos de la empresa. Muchas oportunidades de mejora se han conseguido mediante la eliminación de los siete desperdicios. En el caso del servicio post-venta se ha identificado que la falta de estandarización dentro de los procedimientos en los talleres conlleva a reprocesamientos por entrenamiento deficiente y herramientas inadecuadas; exceso de movimientos evidenciados en secuencias de trabajo mal planeadas o ejecutadas y distribución incorrecta del área de trabajo; esperas por falta de herramientas, información o repuestos; y sobre-procesamiento por falta de estándares claros y procedimientos ineficientes (GM).

Especialmente, dentro del área productiva se ha dado gran importancia a la estandarización de las operaciones. General Motors dispone de ciertos formatos que permiten la documentación de los métodos, tiempos y otras consideraciones como materiales, herramientas y equipo de protección personal necesarios para efectuar operaciones estandarizadas. Con el objetivo de conocer a profundidad los formatos, su configuración, las partes que lo conforman y cómo utilizarlos, las autoras del presente proyecto asistieron a diversos cursos ofrecidos por GM en los que se exploraron a detalle temas como estandarización y la filosofía de trabajo de GM. Adicionalmente acudieron al reconocido curso SWE (Simulated Work Environment) de GM en el que los participantes son entrenados durante un día para experimentar y aplicar todos los principios del Sistema Global de Manufactura (SGM) en un ambiente simulado de trabajo. Se reforzaron, mediante este curso,

conceptos de estandarización, mejora continua, Andon y Kanban, entre otros actualmente utilizados en este tipo de manufactura.

Con el objetivo de documentar las secuencias estandarizadas de los mantenimientos de cada modelo para cada kilometraje, se realiza en la presente tesis una adaptación de los formatos antes mencionados. En total se utilizaron cuatro formatos para documentar del servicio post-venta de mantenimientos periódicos de vehículos Chevrolet. Estos son: hojas de trabajo estandarizado; hojas de elementos; hojas de herramientas y equipos de seguridad y hojas de materiales. A continuación se presentan y explican dichos formatos a detalle.

#### **2.1.2.1 Hoja de Trabajo Estandarizado**

La hoja de trabajo estandarizado (ver Figura 2-2) o HTE es un documento que contiene las funciones de trabajo que se realizan en una secuencia ordenada y lógica, las cuales deben ser mantenidas por la organización funcional. Cabe recalcar que, la hoja de trabajo estandarizado mostrada en la Figura 2-2 es una adaptación de los formatos de GM desarrollada en la presente tesis con el objetivo particular de documentar la secuencia de mantenimientos estandarizados entre dos técnicos. Específicamente, el objetivo de este formato es establecer una secuencia que puede ser mejorada a través del tiempo involucrando al operador en el desarrollo inicial y en mejoras que se realicen para conseguir los más altos estándares de seguridad, calidad y productividad. Este documento está guiado a lograr que todos los trabajadores realicen una operación de la misma manera eliminando los desperdicios. Las hojas de trabajo estandarizado aseguran que los operadores estén realizando consistentemente las mismas actividades y procedimientos. Además, logran reducir la variación en el proceso y determinar una secuencia de trabajo eficiente (GM).

La documentación adecuada de los procesos en el formato de la hoja de trabajo estandarizada permite auditar con facilidad a los trabajadores para comprobar que estén realizando las tareas de forma correcta y el análisis de trabajos en busca de oportunidades de mejora. En adición, constituyen un material para capacitación y entrenamiento a nuevos operarios (GM).

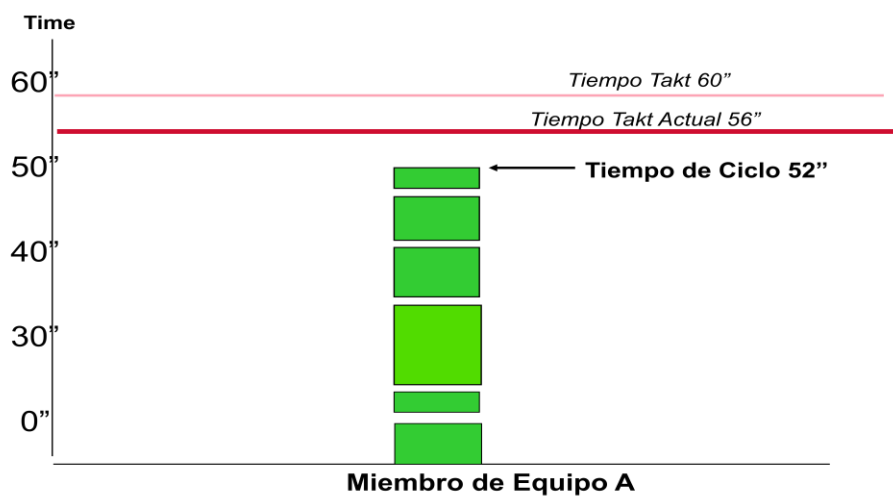
La hoja de trabajo estandarizado muestra el tiempo de ciclo, definido como el tiempo actual que le toma a un miembro de equipo para completar su secuencia de trabajo. En adición, se muestra el tiempo *TAKT* (*TT*) que se define como el tiempo disponible para producir un producto o servicio basado en la demanda del cliente cuya fórmula se muestra a continuación:

$$TT = \text{TIEMPO DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN POR PERIODO} / \text{DEMANDA DEL CLIENTE POR PERIODO} \quad (\text{GM})$$

Asimismo, el tiempo de *TAKT ACTUAL* (*ATT*) es el tiempo planeado disponible para producir un producto o servicio después de descontar las pérdidas del sistema y se obtiene como sigue:

$$ATT = (1 - \text{PÉRDIDAS DEL SISTEMA } \%) \times TT \quad (\text{GM})$$

A continuación, la Figura 2-1 muestra un ejemplo sobre la relación de los tiempos antes explicados.



Fuente: Trabajo Estandarizado, GM.

**Figura 2-1** Ejemplo sobre la relación de Takt Time, Takt Time Actual y Tiempo de Ciclo para un trabajo.






### 2.1.2.2 Hoja de Elementos

Los elementos son los bloques de construcción básicos para el trabajo estandarizado. La definición correcta de los elementos ayuda a dividir el trabajo en partes manejables. La hoja de elementos (ver Figura 2-3) provee información detallada de un elemento específico de trabajo para asegurar su correcta ejecución. Cabe recalcar que, esta hoja de elementos es también una adaptación de los formatos de GM desarrollada en la presente tesis para facilitar la correcta documentación del trabajo. Al igual que la hoja de trabajo estandarizado, este formato puede ser utilizado para entrenar nuevos miembros, ser una base para una auditoría, solucionar problemas, y rebalancear líneas (GM).

La hoja de elementos posee además un conjunto de símbolos de operación estándar que deben colocarse junto a las mismas usadas para asegurar que el trabajo se realice de forma segura y tomando en cuenta los estándares de calidad. La descripción de cada uno de los símbolos se muestra a continuación en la Tabla 2-1.




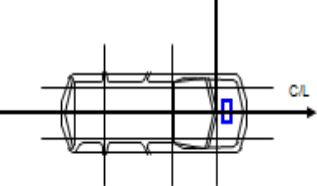
**Tabla 2-1** Definición de los símbolos encontrados en la hoja de elementos.

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>
	Seguridad	Muestra si existe algún riesgo de accidente para el cliente o el operador.
	Revisión de Calidad	Inspección al 100% o utilizar un dispositivo de verificación.
	Operación Crítica	El éxito de la operación depende de hacer el trabajo de cierta forma.

Fuente: Creación propia basada en Trabajo Estandarizado, GM.

Dentro de la hoja de elementos, cada uno de éstos posee tres piezas importantes de información: qué, cómo y por qué. Un paso mayor dentro de un elemento o el qué, indica una acción necesaria para llevar el elemento hacia su correcta finalización. Los puntos llave describen cómo hacer un elemento, sin embargo no todas las operaciones exigen uno. Los elementos que requieren un punto llave son: aquellos en donde el operario o el cliente pueden lesionarse si no siguen el método correctamente; aquellos elementos definidos como críticos y elementos ligados a un estándar de calidad. Por

último, el por qué indica la importancia de realizar el elemento de acuerdo al punto llave o el cómo (GM).

HOJA DE ELEMENTOS			Categoría	Modelo	Nº Elemento																															
					Op																															
Nombre del Elemento		Básico <input checked="" type="radio"/>	Símbolo:		Realizada por:																															
		Opción <input type="radio"/>	Seguridad del operador 	Chequeo de Calidad 	Proceso Crítico 																															
			Símbolo	Paso	Paso Principal (¿Qué?)																															
					Punto llave (¿Cómo?)																															
					Razón (¿Por qué?)																															
					Histórico de Estaciones:																															
					Tiempo de Ejecución (en segundos):																															
					Fecha:																															
					<b>Registro de Revisiones</b>																															
			Fecha	Nº Revisión	Revisado por																															
			Fecha	Nº Aprobación	Aprobado por																															
<p style="text-align: center;">Bloque de firmas de aprobación</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>Líder de Equipo</th> <th>Líder de Grupo</th> <th>Superintendente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Turno 1º</td> <td>Firma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Turno 2º</td> <td>Firma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Turno 3º</td> <td>Firma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Líder de Equipo	Líder de Grupo	Superintendente	Turno 1º	Firma				Fecha				Turno 2º	Firma				Fecha				Turno 3º	Firma				Fecha					
		Líder de Equipo	Líder de Grupo	Superintendente																																
Turno 1º	Firma																																			
	Fecha																																			
Turno 2º	Firma																																			
	Fecha																																			
Turno 3º	Firma																																			
	Fecha																																			

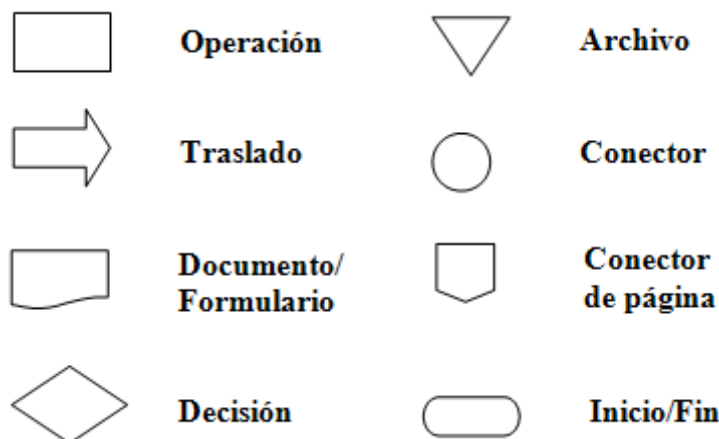
Fuente: Creación propia basada en la Hoja de Elementos de GM.

**Figura 2-3** Adaptación de la Hoja de Elementos para uso en las operaciones de Talleres Mecánicos.









**Figura 2-6** Símbolos estándar de la ANSI para elaboración de diagramas de flujo.

En adición, los diagramas de flujo deben cumplir con las siguientes normas: (Mejía García 53-54)

- Todo diagrama debe tener un inicio y un fin.
- Las líneas de flujo de información deben ser siempre rectas y no cruzarse entre sí.
- Las líneas de flujo de información deben ser dirigidas según el sentido del flujo.
- Todo diagrama debe ser construido de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha.
- El cliente, ya sea interno o externo, debe estar presente en el flujograma pues es la razón de ser de la organización.
- Se debe identificar responsables o actores dentro del proceso.
- Se debe incluir instrucciones asociadas a una operación en caso de ser necesario.

Un diagrama de flujo debe estar correctamente identificado con un título, fecha de elaboración, nombre de la persona encargada de la elaboración. Información adicional como número de página, planta, edificio, y departamento puede ser incluida. El diagrama de proceso de una operación terminado ayuda a visualizar el método actual para introducir mejoras y en última instancia constituye un documento de soporte dentro de la organización (Niebel y Freivalds 34).

### ***2.2.2 Diagrama de Espaguete***

El diagrama de espaguete es un método gráfico que se enfoca en el flujo de materiales, personas o información a través de un sistema y es parte de las herramientas de la manufactura esbelta. Se denominan espaguete porque al diagramar el flujo sobre papel en ocasiones el resultado tiene una semejanza con un plato de fideos. Entre más confuso y lleno de líneas se vea el dibujo, más oportunidades de mejora existen en el proceso. El flujo que se esté observando debe ser dibujado sobre la disposición física a escala del lugar analizado. El objetivo final de esta herramienta es la posible identificación de movimientos y transporte innecesario de materiales o información (Allen 128).

Las instrucciones para construir y usar un diagrama de espaguete se describen a continuación:

- Obtener o diseñar la disposición física de la planta o lugar de trabajo.
- Identificar el inicio y el fin del proceso u operación que vaya a analizarse.
- Dibujar una línea continua comenzando en la primera ubicación del material o información al inicio del proceso y seguir su ruta hasta el final del mismo.
- A partir del diagrama se puede calcular la distancia total de viaje y el tiempo total. Este último, se puede calcular a partir de la asunción de que la velocidad de caminata de un trabajador es de 1.34 m/s, la cual se multiplica por la distancia total de viaje. Sin embargo, el cálculo de estos indicadores no es obligatorio y depende del objetivo del estudio.
- El diagrama debe ser usado para identificar las zonas de baja y alta utilización, para modificar el proceso de tal forma que se reduzcan los movimientos y las distancias de viaje.

(Allen 128)

Los diagramas de espaguete no constituyen un método estadístico por lo que no es necesario mapear gran cantidad de veces el mismo proceso para validar los mismos. Dos o tres diagramas son suficientes para mapear un proceso y adquirir conocimiento del funcionamiento del mismo. Una práctica común es grabar un video del proceso del cual se obtiene el diagrama

de espagueti de tal forma que se puedan identificar errores, riesgos, movimientos, y los tiempos de ejecución (Ochoa).

### ***2.2.3 Encuestas***

Con frecuencia las organizaciones deben crear información para llevar a cabo sus investigaciones por falta de disponibilidad de la misma. Para este efecto, se pueden usar métodos cuantitativos y cualitativos. Los primeros, se usan para proporcionar ideas que no se pueden cuantificar, mientras que los segundos se usan para hacer estimaciones e inferirlas a una población a partir de una muestra (Grande y Abascal 14). La encuesta se puede definir como una técnica primaria de obtención de información sobre la base de un conjunto objetivo y coherente de preguntas (Grande y Abascal 15).

Las encuestas presentan ciertas ventajas sobre otras técnicas de obtención de información. La principal es que garantiza que las mismas preguntas se hacen de la misma forma a todos los encuestados, es decir, una encuesta en base a un cuestionario permite la homogeneidad de la información y la estandarización. Adicionalmente, la información extraída de las encuestas puede ser sometida a análisis estadísticos para la descripción elemental de la información, pruebas de coherencia global, pruebas de hipótesis clásicas para contrastar los comportamientos de diferentes grupos, y obtención de conclusiones del estudio (Grande y Abascal 17).

Un cuestionario eficiente traslada a preguntas concretas los objetivos de la investigación. La información que se puede obtener a través de una encuesta constituyen: hechos o comportamientos, conocimientos, opiniones y juicios, actitudes, motivos o explicación de conductas concretas, y posibles conductas futuras (Grande y Abascal 24-25). Una vez definida la información que se va a obtener a través de un cuestionario se debe decidir sobre la clase de cuestionario que se va a aplicar. Los cuestionarios se clasifican según la concreción de las preguntas, la autonomía de quien responde y la naturaleza de quien responde. En cuanto a la concreción de las preguntas, el cuestionario pueden ser: abierto cuando todas las preguntas son abiertas; cerrado cuando todas las preguntas son cerradas; o semicerrado cuando se

combinan preguntas abiertas y cerradas. Por la autonomía de quien responde, el cuestionario puede ser auto-administrado o con presencia del encuestador. Por último, por la naturaleza de quién responde, el cuestionario puede ser dirigido a personas o a empresas (Grande y Abascal 25).

Las preguntas abiertas se caracterizan por permitir al encuestado responder libremente, por lo que las respuestas obtenidas son más espontáneas. Sin embargo, su análisis es más complicado y costoso. Las respuestas a las preguntas cerradas, por otro lado, están limitadas pues el encuestado debe marcar una o varias de las alternativas señaladas en el cuestionario. Estas preguntas son más fáciles de responder, no requieren de profundización ni excesivo esfuerzo intelectual por lo que el cuestionario puede ser más largo (Grande y Abascal 30).

Un cuestionario abierto es usado para obtener información cualitativa y se emplean en investigaciones exploratorias. Estos no tienen escala, no emplean técnicas de muestreo y se administran con presencia física de un investigador. La información se analiza cualitativamente y no tiene sentido inferir resultados. Por otro lado, un cuestionario semicerrado tiene como fin medir hechos, actitudes, conductas y preferencias y se emplean en investigaciones exploratorias y concluyentes. Por esta razón, emplean escalas, técnicas de muestreo, su información se analiza cuantitativamente y se puede generalizar los resultados. Por último, un cuestionario cerrado se emplea en investigaciones descriptivas y causales y comparte mucha de las características mencionadas para los cuestionarios semicerrados (Grande y Abascal 28).

## **2.3 Información Cuantitativa**

### ***2.3.1 Diagrama de Pareto***

En el año 1941 el consultor de calidad y economista italiano Joseph Jurán, amplió la aplicación del principio descubierto por Vilfredo Pareto en 1906. En los orígenes de este principio, Pareto describió la desigualdad de la distribución de la riqueza, afirmando que el 20% de las personas poseían el 80% de la riqueza (Wald). Posteriormente, esta afirmación se

extendió a la llamada “Ley de Pareto” que también se conoce como la de “los pocos esenciales y los muchos triviales” y se puede aplicar a diversas áreas del conocimiento sin limitarse a la distribución de la riqueza. La generalización de esta ley indica que el 80% de los resultados totales están producidos por el 20% de las causas.

“El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades” (Sales) detectando los problemas de mayor relevancia. Esta herramienta de análisis permite identificar de manera visual las minorías vitales en las que hay que concentrar los recursos para lograr grandes cambios.

## **2.4 Estructuración de Secuencia de Mantenimiento**

### **2.4.1 Balanceo de Líneas**

El análisis del balanceo de líneas está enfocado en dividir el trabajo que debe realizarse en las estaciones de trabajo en partes iguales o lo más iguales posible, minimizando el número de estaciones de trabajo necesarias en la línea de producción. Para este efecto se debe tener muy en cuenta la demanda del mercado (Norman y Frazier 280). Cuando los operarios, cada uno realizando operaciones consecutivas, trabajan como una unidad este análisis resulta muy importante. Para este caso, la tasa de producción depende del operario más lento, y la eficiencia de la misma se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\sum_1^n ME}{\sum_1^n MP} \times 100$$

(Niebel y Freivalds 56-57)

donde:  $E$  = eficiencia,

$ME$  = tiempo estándar (minutos) por operación,

$MP$  = tiempo estándar (minutos) permitidos por operación. Este se obtiene mediante la suma del  $ME$  con el tiempo de espera de cada operador en relación con el operario más lento.

$N$  = número de operarios dentro de la línea de producción.

Asimismo, se puede obtener el porcentaje de tiempo ocioso o inactividad de la siguiente forma:

$$\% \text{ de Inactividad} = 100 - E$$

(Niebel y Freivalds 57)

Se debe recalcar que raramente una línea de trabajo estará perfectamente balanceada, teniendo un tiempo estándar por operación igual para cada miembro de la línea. El análisis de balanceo de líneas permite determinar el número de operarios necesarios para cada operación de modo que se cumpla con un programa de producción deseado dados los tiempos de ciclo y los tiempos de operación. Por otro lado, también puede ayudar a minimizar el número de estaciones de trabajo dado el tiempo de ciclo. Por último, dado el número de estaciones de trabajo y el tiempo de ciclo se pueden asignar los elementos de trabajo a las estaciones (Niebel y Freivalds 59).

Existen varias estrategias para balancear una línea de trabajo. La primera es compartir los elementos de trabajo por dos o más operarios que posean tiempos de inactividad. No obstante, esta opción puede aumentar el manejo de materiales y puede ser más costosa por la duplicidad de herramientas. La segunda opción, es dividir los elementos de trabajo, en caso de que sea posible. En este caso, la naturaleza de ciertos elementos puede ser un impedimento para dividirlos porque disminuirían la eficiencia del desempeño de manera sustancial. Estas estrategias se deben emplear tomando en cuenta la precedencia de las operaciones y la zona de trabajo que puede reunir tareas o condiciones comunes a ciertos elementos que justifique confinarlos (Niebel y Freivalds 60).

Existen métodos de programación lineal, programación dinámica y otros modelos matemáticos para encontrar soluciones a los problemas de balanceo de línea. Sin embargo, estos métodos han demostrado ser poco útiles para resolver problemas de gran magnitud. Los



métodos heurísticos basados en reglas simples, por otro lado, se han utilizado para desarrollar buenas soluciones a estos problemas, tal vez no las óptimas pero si lo bastante aproximadas y son más adecuadas para usar en problemas reales (Norman y Frazier 282).

Una de las heurísticas más usadas se basa en método de balanceo de líneas de General Electric, la cual agrega una tarea a la vez a una estación de trabajo tomando en cuenta el orden de precedencia de las tareas (Niebel y Freivalds 60). Para poder aplicar este método se debe disponer del tiempo estándar de cada una de las tareas, el diagrama de precedencia de las mismas, y el tiempo de ciclo. Adicionalmente, se debe cumplir con dos condiciones para poder hacer uso de la misma. La primera es que sólo se puede utilizar si todos y cada uno de los tiempos de las tareas son inferiores o iguales al tiempo de ciclo, y la segunda es que no puede haber estaciones de trabajo duplicadas. El principal objetivo de esta heurística es el de minimizar el número de estaciones de trabajo, herramientas y equipos necesarios (Norman y Frazier 288).

La asignación por medio de esta heurística se basa en los tiempos de posición, de tal forma que las tareas con pesos de posición más grande se asignan primero. Dicho peso de posición se calcula sumando el tiempo estándar de cada tarea con el tiempo de todas las tareas que deben seguirle. Una vez que se tengan estos pesos, la tarea con el tiempo de posición más alto se asigna a la primera estación. Luego se calcula el tiempo no asignado de esta estación restando el peso de posición al tiempo de ciclo estimado. Si se tiene tiempo suficiente para asignar otra tarea se elige aquella con el tiempo de posición más alto. Una vez agotado el tiempo disponible en una estación de trabajo, se analiza la siguiente y se continúa con el procedimiento hasta que se hayan agotado todas las tareas (Niebel y Freivalds 63).

## **2.5 Adecuación del Puesto de Trabajo**

### ***2.5.1 Seguridad Industrial***

#### **2.5.1.1 Definición y Objetivos**

La seguridad industrial busca analizar los riesgos de accidentes laborales, identificando sus causas raíz con el objetivo de reducirlos o eliminarlos. De acuerdo con Asfahl en su libro *Seguridad Industrial y Salud*, “la seguridad se ocupa de los efectos agudos de los riesgos, en tanto que la salud trata sus efectos crónicos” (Asfahl 4). En torno a esta definición se aclara que, un efecto agudo es una presentación repentina de un accidente mientras que un efecto crónico es un deterioro a largo plazo a causa de una amplia exposición al peligro (Asfahl 4). Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la salud como “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.” (Organización Mundial de la Salud).

#### **2.5.1.2 Protección Personal versus Protección Colectiva**

Ante la presencia de un riesgo no tolerable en el trabajo, se pueden buscar las medidas técnicas y organizativas para convertirlo en tolerable. Sin embargo, cuando el riesgo no se puede evitar o disminuir por medios técnicos adecuados se hará uso de las dos técnicas básicas de prevención de riesgos laborales que se describen a continuación. La protección colectiva y la protección individual son técnicas que utilizan equipos o dispositivos de seguridad cuyo objetivo es prevenir la ocurrencia de accidentes o minimizar sus consecuencias. Sin embargo, la diferencia principal radica en que la primera protege simultáneamente a uno o más individuos expuestos a un determinado riesgo sin una aplicación directa sobre el cuerpo, mientras que la segunda protege a un solo trabajador aplicándose necesariamente sobre el mismo (Cortéz Díaz 189,213).

Cabe recalcar que los equipos de protección colectiva (EPC) constituyen medidas preventivas ante los riesgos, a diferencia de los equipos de protección individual (EPI) que se deben considerar únicamente como medidas complementarias. Los EPI son sólo una barrera entre el riesgo y las personas, por tanto, no constituyen una solución definitiva. En suma, las medidas de protección colectiva siempre deben primar ante los equipos de protección personal (Atexga prevención).

### ***2.5.2 Ergonomía***

La ergonomía se define como el estudio de la relación entre el trabajador y su entorno laboral. El concepto de ergonomía va más allá de la seguridad y salud industrial, ya que, previene efectos a largo plazo que no son causados por accidentes laborales sino por exposiciones prolongadas a una mala postura, actividades repetitivas o posiciones incómodas de trabajo (Organización Internacional del Trabajo).

De acuerdo con Kroemer, la ergonomía es la aplicación de principios científicos, métodos y datos obtenidos de una gran variedad de disciplinas como: psicología, fisiología, biomecánica, antropometría física e ingeniería de sistemas industriales, entre otras, con el objetivo de mejorar las condiciones de los sistemas de ingeniería en los que las personas juegan un papel importante (Kroemer y Kroemer 1).

Esta disciplina sirve para determinar cómo diseñar el lugar de trabajo de los operarios o trabajadores, con el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia de problemas de salud aumentando simultáneamente la eficiencia en la producción (Organización Internacional del Trabajo). Los principales beneficios de los estudios ergonómicos son la prevención de riesgos laborales, enfermedades y accidentes de trabajo, la disminución significativa del ausentismo de trabajadores, el aumento de la productividad de la empresa en cuestión, la reducción de la tasa de errores, el aumento de la calidad del trabajo y la significativa mejora de los procesos productivos de la empresa (InEA- Instituto de Ergonomía Argentino).

Para lograr el diseño ergonómico de los puestos de trabajo es necesario tener en cuenta las condiciones particulares de las tareas a realizarse. En el caso específico de un concesionario

automotriz como AUTOCONSA, el puesto de trabajo es la bahía de mantenimiento. Por tanto, hay que considerar que los técnicos deben trabajar de pie, que múltiples actividades requieren del uso de herramientas especializadas y que muchas veces las tareas a realizarse requieren trabajo físico pesado.

### **2.5.2.1 Diseño del Puesto de Trabajo para Trabajadores de Pie**

Es importante notar que la posición de trabajo de pie debe ser empleada únicamente si la posición sentada no es factible. Siempre debe preferirse la segunda a la primera en caso de ser posible (Kroemer y Kroemer 347). Comúnmente se requiere trabajo de pie cuando el área de acción o cobertura del trabajador es extensa o cuando el trabajo requiere ejercer grandes fuerzas. En estos casos se debe evitar permanecer de pie durante largos periodos de tiempo alternando posturas y en lo posible ejecutando actividades no estáticas. Algunas de las repercusiones de realizar trabajos de pie son: dolores de espalda, inflamación de las piernas, problemas de circulación sanguínea, llagas en los pies y cansancio muscular (Organización Internacional del Trabajo).

En caso de no poder evitar la posición de pie para el trabajador se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones sugeridas por la *Organización Internacional del trabajo* y el libro *Ergonomics* de Kroemer:

- El trabajador debe disponer de un asiento para poder sentarse a intervalos periódicos de tiempo.
- Se debe diseñar el trabajo de tal manera que los operarios no tengan que encorvarse ni girar la espalda excesivamente.
- Si se requieren giros, se recomienda que el operario voltee los pies en la dirección del giro de tal manera que no se retuerza la espalda.
- Debido a que cada trabajador tiene diferente altura, se recomienda que la superficie de trabajo sea regulable, con el objetivo de que el operario trabaje en posición neutral la mayor parte del tiempo. De no ser posible esto, se debe proporcionar pedestales o plataformas para los trabajadores más altos y los más bajos respectivamente.

- El operario debe disponer de un taburete para que pueda alternar el peso del cuerpo sobre los pies. De esta manera, el operario puede cambiar de postura disminuyendo la presión sobre la espalda y las piernas.
- Es indispensable que el suelo se mantenga limpio, liso y seco para evitar caídas y demás accidentes.
- Con el objetivo de evitar accidentes en los que objetos golpeen los pies de los operarios, es indispensable que éstos utilicen zapatos reforzados con protección de empeine. Adicionalmente, los tacos bajos brindan mayor descanso y previenen tropiezos.
- Los materiales a usarse y el área de trabajo del operario deben estar al alcance del trabajador. Es decir, el trabajo deberá ser realizado a una distancia de 20 a 30 cm. frente al cuerpo para actuar en el área de alcance de los brazos.

(Organización Internacional del Trabajo)

- No se debe forzar al operario a mantenerse en una posición fija durante largos periodos de tiempo. Por el contrario, se deben asignar actividades que requieran distintas posiciones y movimientos de traslación.
- Los trabajos manuales de preferencia deben ser realizados a la altura del codo del trabajador.
- El piso de trabajo debe ser plano y estar libre de objetos que obstaculicen el paso.
- Superficies no rígidas (como pisos acolchonados) reducen el cansancio de los pies, las piernas y la espalda.
- Se debe evitar superficies resbalosas, por el contrario, es recomendable instalar pisos con moderada fricción para evitar caídas.
- Cualquier tensión o doblez excesivo del cuerpo debe ser evitado.
- Se recomienda equipar estos puestos de trabajo con sillas altas que puedan ser usadas para descansar mientras se continúa con el trabajo rutinario. Estas sillas por lo general no soportan el peso total del cuerpo sino que dan un descanso parcial que permite continuar con las actividades laborales.

(Kroemer y Kroemer 347-349)

### **2.5.2.2 Consideraciones para Trabajo Físico Pesado**

Al ejecutar actividades de gran esfuerzo físico como levantar cargas pesadas se puede lesionar el sistema óseo-muscular. El trabajo físico pesado es la tercera causa de lesiones ocupacionales. De estas lesiones, la cuarta parte afecta a la parte baja de la espalda. Adicionalmente, la cuarta parte de los costos anuales de compensación a trabajadores se debe a consecuencias de trabajo físico pesado (National Safety Council). Por tanto, es un tema que debe ser prevenido para mejorar las condiciones de los trabajadores, ahorrar dinero y aumentar la productividad de la empresa.

Según la Organización Internacional del Trabajo, se deben tener las siguientes consideraciones para diseñar puestos de trabajo que exijan una labor física pesada: el peso de la carga, la frecuencia de levantamiento de la carga, la distancia entre el trabajador y la carga que debe levantarse, la forma de la carga y el tiempo requerido para realizar la tarea (Organización Internacional del Trabajo). Es recomendable facilitar la manipulación de la carga mediante carretillas, poleas o medios mecánicos si es posible, ya que esto reduciría significativamente el riesgo de lesión. Adicionalmente, se aconseja ubicar la carga a nivel de las caderas con el objetivo de que el trabajador no tenga que agacharse. Finalmente, otra medida adecuada es disminuir al máximo la distancia a transportar la carga así como el número de levantamientos que se deben realizar por trabajador (Organización Internacional del Trabajo).

Se han desarrollado diversos métodos y técnicas para describir las posturas del cuerpo humano y evaluar los riesgos que éstas pueden implicar cuando están sometidas a trabajo pesado. Algunos de los sistemas de análisis de posturas más reconocidos son: el diagrama de posturas de Priel, el OWAS (Ovaco Working Posture Analysis System), el análisis RULA (Rapid Upper Limb Assessment), el método *NIOSH*, entre otros (Kroemer y Kroemer 344,345).

### **2.5.2.3 Método NIOSH**

El Método NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) es una evaluación ergonómica del levantamiento manual de carga con el objetivo de prevenir

riesgos laborales y reducir el estrés físico de los trabajadores. Específicamente, esta herramienta se utiliza para evaluar las actividades de levantamiento de peso con dos manos (Huynh). El producto principal de esta herramienta es el RWL que por sus siglas en inglés se refiere al límite de peso recomendado para un trabajador en base a una serie de condiciones específicas. El RWL se refiere a la carga o el peso que casi todos los trabajadores saludables podrían levantar durante un periodo de tiempo sustancial como son las 8 horas laborables, sin incrementar el riesgo de desarrollar una enfermedad relacionada con esta actividad (Waters, Putz-Anderson y Garg 4).

El RWL se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

(Waters, Putz-Anderson y Garg)

La Tabla 2-2, a continuación, identifica cada uno de los factores de la ecuación previa.

**Tabla 2-2** Identificación de los factores de la ecuación de NIOSH para obtener el límite de peso recomendado (RWL).

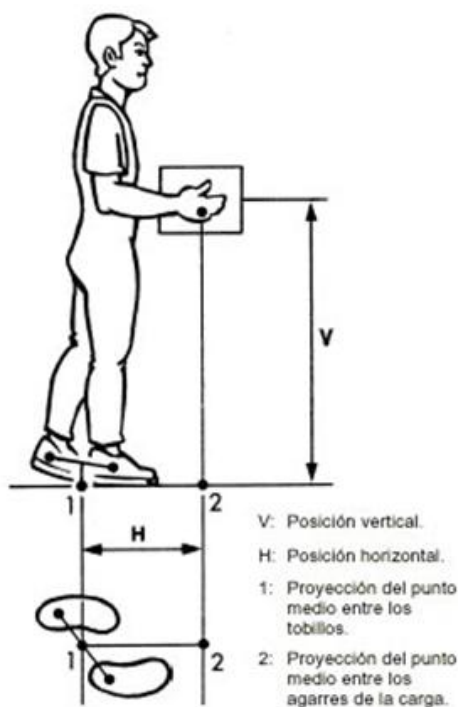
<b>Nombre del factor</b>		
<b>Siglas</b>	<b>Definición (inglés)</b>	<b>Definición (español)</b>
<b>LC</b>	Load constant	Constante de carga
<b>HM</b>	Horizontal Multiplier	Factor de distancia horizontal
<b>VM</b>	Vertical Multiplier	Factor de altura
<b>DM</b>	Distance Multiplier	Factor de desplazamiento vertical
<b>AM</b>	Asymetric Multiplier	Factor de asimetría
<b>FM</b>	Frequency Multiplier	Factor de frecuencia
<b>CM</b>	Coupling Multiplier	Factor de agarre

Fuente: Creación propia basada en Waters, Putz-Anderson y Garg.

### Descripción de los factores del Método NIOSH

- **Constante de carga (LC)**

La Constante de carga (LC), cuyo valor se ha definido como 23kg, es el peso máximo recomendado para un levantamiento en posición estándar. La posición estándar se da cuando el individuo tiene una postura óptima, simétrica, balanceada y sin giros en el torso. La Figura 2-7 indica un ejemplo de la posición estándar (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo). En teoría, este valor máximo podría ser levantado por el 75% de las mujeres y por el 90% de los hombres bajo las condiciones ideales antes mencionadas sin causar enfermedades ni problemas óseo-musculares (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo). El LC es el único miembro de la ecuación que tiene un valor constante. El resto de los factores toman valores enteros o fraccionarios del 0 al 1 dependiendo de la posición del individuo que levanta la carga. En posición ideal o estándar todos los factores multiplicativos toman el valor máximo de 1 (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).



Fuente: (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

**Figura 2-7** Representación gráfica de la posición ideal (o estándar) de levantamiento de carga.



- **Factor de distancia horizontal (HM)**

El factor de distancia horizontal se calcula con la siguiente fórmula:

$$HM = 25 / H$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Donde H (ver Figura 2-7) es la “distancia horizontal entre la proyección sobre el suelo del punto medio entre los agarres de la carga y la proyección del punto medio entre los tobillos” del individuo que lleva la carga (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

El valor HM disminuye conforme la carga se aleja del cuerpo del individuo. De la misma manera, mientras más cerca esté la carga, el valor se aproximará más a 1. Es importante considerar que si la carga se levanta a menos de 25 cm del individuo, el valor automáticamente toma el valor de 1. De igual forma, si la distancia es mayor a 63 cm el factor toma un valor de 0 (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

- **Factor de altura (VM)**

El factor de distancia vertical toma el valor ideal cuando la distancia entre el punto de agarre y el piso es de 75 cm. En general, este factor se calcula de la siguiente manera:

$$VM = 1 - (0.003 | V - 75 |)$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Donde V (ver Figura 2-7) es la distancia vertical entre el punto medio de agarre y el piso. Si esta distancia es mayor a 175 cm el factor de altura toma el valor de 0 (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

- **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

El factor de desplazamiento vertical se calcula en base a la distancia que se desplaza la carga en el plano vertical y toma el valor ideal de 1 cuando ésta se ha desplazado menos de 25 cm. DM se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DM = (0.82 + 4.5/D)$$

$$D = V1 - V2$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Donde D es la distancia que se desplaza la carga en el plano vertical, V1 es la altura inicial y V2 es la altura final de la carga con respecto al suelo.

Como se puede apreciar en la fórmula, el valor de DM disminuye conforme aumenta la distancia de desplazamiento. El valor máximo aceptable de esta distancia es 175 cm (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

- **Factor de asimetría (AM)**

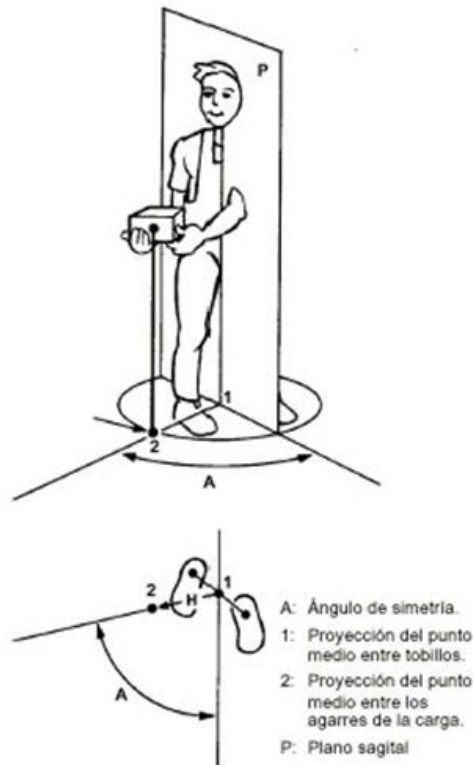
El ángulo de asimetría se calcula en base al grado de torsión del tronco del trabajador durante el levantamiento de la carga (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo). Un movimiento asimétrico es aquel que empieza o termina fuera del plano medio-sagital, como muestra la Figura 2-8. El factor de asimetría se calcula de la siguiente manera:

$$AM = 1 - (0.0032 A)$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Donde A es el ángulo de giro desde el plano sagital hasta el punto de agarre de la carga como se puede apreciar en la Figura 2-8.

Se determina un 30% de disminución del factor cuando el giro sea de  $90^\circ$  o mayor. Si el valor de A supera los  $135^\circ$  AM toma el valor de 0 (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).



Fuente: (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

**Figura 2-8** Representación gráfica del ángulo de asimetría (A)

- **Factor de frecuencia (FM)**

El factor de frecuencia se calcula en base al número de levantamientos realizados por minuto, la duración de cada levantamiento y la altura a la que se los ejecuta. La frecuencia de levantamientos se debe calcular como el promedio observado en un periodo de 15 minutos (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo). Los valores que toma el factor se pueden apreciar en la Tabla 2-3 a continuación.

**Tabla 2-3** Factores de frecuencia en base al número de levantamientos por minuto, la duración y la altura de los mismos.

FRECUENCIA elev/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	£1 hora		>1- 2 horas		>2 - 8 horas	
	V<75	V>75	V<75	V>75	V<75	V>75
£0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Los valores de V están en cm. Para frecuencias inferiores a 5 minutos, utilizar F = 0,2 elevaciones por minuto.

Fuente: (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

### Clasificación de la duración de las tareas:

- Tarea de corta duración: levantamientos de menos de 1 hora seguido de recesos de 1.2 veces el tiempo de trabajo.
- Tarea de duración moderada: levantamientos entre 1 y 2 horas seguido de recesos de 0.3 veces el tiempo de trabajo.
- Tarea de larga duración: levantamientos de más de 2 horas.

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

- **Factor de agarre (CM)**

Este factor aplica una penalización al mal agarre de la carga ya que esto afecta directamente a la capacidad de levantamiento. La Tabla 2-4 y Tabla 2-5, a continuación, indican los criterios de asignación de valores para este factor.

**Tabla 2-4** Clasificación del tipo de agarre de una carga.

BUENO	REGULAR	MALO
1 Recipientes de diseño óptimo en los que las asas o asideros perforados en el recipiente hayan sido diseñados optimizando el agarre (ver definiciones 1, 2 y 3).	1 Recipientes de diseño óptimo con asas o asideros perforados en el recipiente de diseño subóptimo (ver definiciones 1, 2, 3 y 4).	1 Recipientes de diseño subóptimo, objetos irregulares o piezas sueltas que sean voluminosas, difíciles de asir o con bordes afilados (ver definición 5).
2 Objetos irregulares o piezas sueltas cuando se puedan agarrar confortablemente; es decir, cuando la mano pueda envolver fácilmente el objeto (ver definición 6).	2 Recipientes de diseño óptimo sin asas ni asideros perforados en el recipiente, objetos irregulares o piezas sueltas donde el agarre permita una flexión de 90° en la palma de la mano (ver definición 4)	2 Recipientes deformables.

Fuente: (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

**Tabla 2-5** Asignación de valores al factor de agarre en base a los parámetros de calificación de la Tabla 2-4.

TIPO AGARRE	DE	FACTOR DE AGARRE (CM)	
		v< 75	v>75
Bueno		1.00	1.00
Regular		0.95	1.00
Malo		0.90	0.90

Fuente: (Nogareda Cuixart y Canosa Bravo).

Adicionalmente, se debe calcular el índice de levantamiento (LI por sus siglas en inglés) que es una medida relativa y estima el nivel de estrés físico asociado con una actividad manual específica. Este índice se calcula como sigue en base al peso de la carga (L) y el límite de peso recomendado (RWL):

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Límite de peso recomendado}} = \frac{L}{RWL}$$

(Waters, Putz-Anderson y Garg)

### 2.5.3 5 S's

5S's es la abreviación de seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, palabras japonesas que significan clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina respectivamente. Esta metodología es un conjunto de técnicas y herramientas secuenciales, consideradas también como una filosofía que se debe vivir culturalmente al interior de las organizaciones, para mejorar las condiciones laborales y lograr mejoramiento continuo (Mahalik). A continuación se explica cada una de las partes de esta metodología.

#### 2.5.3.1 Seiri (Clasificación)

Esta fase de las 5S's identifica los materiales, herramientas, equipo o maquinaria innecesarios en cada área de trabajo, con el fin de disponer únicamente de los artículos necesarios para las actividades específicas requeridas (Mahalik).

##### **Objetivos:**

- Separar lo que es necesario de lo que no y eliminar lo que es inútil.
- Retirar de los puestos de trabajo todos los elementos innecesarios para las operaciones cotidianas.
- Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio, donar, transferir o eliminar.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

##### **Beneficios:**

- Más espacio disponible para ejecutar las actividades diarias ya que los objetos innecesarios ya no ocuparán espacio.
- Mejor control de inventario ya que los objetos disponibles serán significativamente menores.

- Menor accidentalidad ya que se dispondrá de mejor espacio de circulación.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

### **2.5.3.2 Seiton (Organización)**

Esta fase consiste en ubicar los artículos y herramientas necesarias en su puesto, ofreciendo fácil acceso, y utilizando eficientes y efectivos métodos de almacenamiento (Mahalik). Las cosas deben ser ordenadas de acuerdo a los criterios de seguridad, calidad y eficacia (Corporación Autónoma Regional de Santander):

- Seguridad: Los objetos deben ubicarse en lugares donde no estorben y donde no presenten peligro de caerse.
- Calidad: Se refiere a ubicar los objetos en sitios donde no se deterioren.
- Eficacia: La ubicación de los objetos debe minimizar el tiempo de búsqueda de los mismos.

#### **Objetivos:**

- Ubicar las herramientas y elementos necesarios en lugares de fácil acceso, para que puedan ser utilizados y retornados sin complicación.
- Permitir la localización e identificación de materiales, herramientas y documentos de manera ágil y eficaz.
- Mejorar el control de stocks de repuestos y materiales.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

#### **Beneficios:**

- Minimización de los tiempos de búsqueda y localización del material y herramientas de trabajo.
- Facilitar el retorno de los objetos a su lugar de almacenamiento.
- Identificar objetos faltantes o perdidos.
- Mejorar la apariencia del lugar de trabajo.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

### 2.5.3.3 Seiso (Limpieza)

Seiso implica limpieza total, dejar el puesto de trabajo limpio a diario, e inspeccionar el puesto de trabajo para detectar defectos en los equipos y maquinaria (Mahalik).

#### **Objetivos:**

- Incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo.
- Mantener la clasificación y el orden de los elementos.
- Promover la colaboración mutua de los miembros de equipo.
- Detectar defectos de maquinaria y equipo mediante la limpieza continua.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

#### **Beneficios:**

- Aumentar la vida útil del equipo e instalaciones ya que la limpieza es una parte del mantenimiento de equipos y permite detectar errores en etapa temprana.
- Reducir la probabilidad de contraer enfermedades.
- Disminuir los accidentes ya que se despejan los espacios de circulación.
- Mejor aspecto físico de las instalaciones, brindando un mejor ambiente de trabajo.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

### 2.5.3.4 Seiketsu (Estandarización)

En esta etapa se requiere crear controles visuales y directrices que permitan mantener el área de trabajo organizada y limpia (Mahalik). Es decir, en esta fase se intenta crear hábitos de comportamiento en el personal de la empresa, que garanticen la conservación del buen estado de los puestos de trabajo (Corporación Autónoma Regional de Santander).

#### **Objetivos:**

- Mantener constantemente el estado de orden, limpieza e higiene.
- Estabilizar el funcionamiento de las reglas y procedimientos definidos en las etapas anteriores.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)



**Beneficios:**

- Se mejora el bienestar del personal puesto que se garantiza la conservación impecable de su puesto de trabajo.
- Se evitan errores de limpieza que puedan provocar accidentes laborales.
- Se crea en los operarios hábitos de limpieza y mantenimiento de sus estaciones de trabajo.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

**2.5.3.5 Shitsuke (Disciplina)**

Shitsuke implica entrenamiento y disciplina de todo el personal de la empresa para asegurar el seguimiento a cabalidad de la metodología 5Ss's y sus estándares. La finalidad de esta S es lograr que todos los miembros de la empresa practiquen las cuatro S's anteriores de manera espontánea y voluntaria de manera que esta metodología se convierta en una forma de vida, es decir, parte de la cultura organizacional (Mahalik).

**Objetivos:**

- Formar hábitos de limpieza.
- Cultivar el respeto por el prójimo.
- Promover la correcta utilización de los procedimientos, estándares y controles.
- Fomentar el cumplimiento de las normas.
- Evitar el rápido deterioro de los logros obtenidos con las 4S's anteriores.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

**Beneficios:**

- Los operarios se evitan reprimendas y sanciones.
- Mejora la eficacia de cada operador.
- El personal es más apreciado por los jefes y compañeros.
- La colaboración mutua genera un mejor ambiente de trabajo.
- Mejora la imagen de la empresa.

(Corporación Autónoma Regional de Santander)

## 2.6 Simulación

La simulación se refiere a un conjunto de herramientas y aplicaciones utilizadas para imitar el comportamiento de sistemas de la vida real. En la actualidad esta herramienta ha ganado mucha popularidad gracias a los constantes avances tecnológicos y la aparición de software más potente (Kelton, Sadowski y Nancy 2). La simulación permite evaluar los sistemas de acuerdo a una medida de desempeño. Las ventajas del uso de simulación en el diseño de procesos es que permite experimentar con varias alternativas a pesar de que éstas no estén aún implantadas. Eso a su vez permite la reducción de costos, pues en muchos casos no es factible hacer los cambios necesarios para implementar un nuevo proceso o experimentar con el modelo real por la inversión que esto implicaría (Kelton, Sadowski y Nancy 5). Una investigación llevada a cabo por el Instituto de Ingenieros Industriales demuestra que entre muchas herramientas usadas para optimización de procesos como la investigación de operaciones, teoría de colas, entre otras, la simulación es una de las más útiles e interesantes (Kelton, Sadowski y Nancy 6).

Sin embargo, se debe ser muy precavido al momento de utilizar esta herramienta para modelar sistemas de la vida real. Entre sus desventajas se encuentra el hecho de que las variables de entrada del modelo son por naturaleza estocásticas o aleatorias debido a que los sistemas reales se ven afectados por entradas incontrolables y con variabilidad intrínseca. Esto a su vez provoca que las variables de salida de los modelos simulados sean aleatorias (Kelton, Sadowski y Nancy 6). Otra desventaja es que la elaboración de una simulación puede tomar un tiempo considerable no sólo en el desarrollo del modelo sino también en la recolección de datos. Por último, durante la construcción del modelo es fácil cometer errores lógicos y por lo general no es posible hacer una validación del mismo (Kelton, Sadowski y Nancy 6-7).

### 2.6.1 ARENA® Software

Arena® es uno de los software más utilizados para el modelamiento de sistemas. Este programa permite estudiar una gran variedad de modelos de la realidad usando experimentos numéricos para obtener una mejor comprensión de los mismos dadas ciertas condiciones

(Kelton, Sadowski y Nancy 5). Arena® fue pensado para simular el efecto del paso del tiempo en los sistemas, lo que se conoce como modelos dinámicos. En adición, puede manejar modelos continuos, discretos o mixtos. Un modelo continuo es aquel en el cual el estado del sistema cambia continuamente en el tiempo, como el nivel de un reservorio de agua. Por otro lado, en un modelo discreto, los cambios en el estado ocurren en momentos específicos, como lo que sucede en una línea de producción. Un modelo mixto puede combinar eventos continuos y discretos. Por último, los modelos analizados en Arena® pueden ser de naturaleza determinística o estocástica dependiendo si poseen entradas no randómicas o aleatorias, respectivamente. Asimismo, se puede tener modelos que combinen éstas en sus diferentes componentes (Kelton, Sadowski y Nancy 7).

Antes de empezar a construir un modelo se debe tener claras las siguientes definiciones:

- Una entidad es un objeto dinámico dentro de la simulación capaz de moverse a través del sistema, cambiar el estado del mismo y afectar otras entidades (Kelton, Sadowski y Nancy 20).
- Un atributo es una característica propia de un grupo de entidades, pero posee un valor diferente entre ellas (Kelton, Sadowski y Nancy 21).
- Una variable es una pieza de información que refleja una característica del sistema independientemente de las entidades o sus atributos. Cada una de las variables definidas en un modelo son diferentes y únicas. Existen ciertas variables definidas por Arena® como número en fila, tiempo actual de simulación, entre otros. Sin embargo, el usuario puede definir otras variables dependiendo de la necesidad del modelo. Es importante recalcar que las variables no están atadas a las entidades como el caso de los atributos. Éstas pueden ser cambiadas por las entidades y son propias del sistema (Kelton, Sadowski y Nancy 22).
- Un recurso representa personal, maquinaria, equipo, o espacio en un área de almacenamiento. Las entidades toman los recursos cuando están disponibles y los liberan cuando han terminado (Kelton, Sadowski y Nancy 22).
- Una cola se crea cuando una o más entidades no pueden moverse porque están a la espera de un recurso ocupado por otra entidad (Kelton, Sadowski y Nancy 22).

- Un evento es un suceso dentro de la simulación que hace que los atributos, variables y los acumuladores estadísticos cambien dentro del sistema. Básicamente existen tres clases de eventos conocidos como arribos, salidas y el fin de la simulación (Kelton, Sadowski y Nancy 23).

### 2.6.2 Módulos de Arena®

Los módulos son las unidades básicas para la construcción de un modelo de simulación en Arena®. Los módulos pueden ser de dos tipos: de diagrama de flujo o de información. Los primeros ayudan a describir el proceso dinámico que se está analizando y de donde las entidades entran y salen. Mientras que los segundos son usados para definir las características de varios elementos del proceso como entidades, recursos y colas. Las entidades no fluyen a través de estos módulos los mismos que no son incluidos dentro de la ventana de construcción del modelo. Los principales módulos se describen a continuación en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6:** Descripción de los principales módulos usados en la construcción de modelos de simulación en Arena®.

TIPO DE MÓDULO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Diagrama de flujo	Create Module	Se utiliza para crear el arribo de las entidades al modelo de acuerdo a la naturaleza del tiempo que separa llegadas consecutivas de las entidades.
Información	Data Module	Una vez creadas las entidades este módulo se utiliza para editar diferentes aspectos de las mismas como costos y tipo de figura para su animación.
Diagrama de flujo	Process Module	Representa la operación que se va a realizar, su respectiva cola, recurso y tiempo de demora.
Información	Resource Module	Ayuda a determinar las características de los recursos como su tipo de capacidad (fija o variable de acuerdo a un horario) y si patrones de falla o para.
Diagrama de flujo	Dispose Module	Se usa para representar entidades que abandonan los límites del modelo.

Diagrama de flujo	Decide Module	Sirve para representar distintos caminos que pueden tomar las entidades dependiendo de una probabilidad o una condición.
Diagrama de flujo	Record Module	Posee la habilidad de coleccionar estadísticas e información sobre las entidades a través del sistema.

Fuente: (Kelton, Sadowski y Nancy 62-67)

### 2.6.3 *Análisis de Datos de Entrada*

Con el objetivo de diseñar un sistema, se debe primero determinar cuáles son las distribuciones que representan de mejor manera el comportamiento de cada una de las variables como por ejemplo la llegada de entidades al sistema, los tiempos de procesamiento, entre otras. Para esto, se debe analizar los datos de muestras aleatorias de tamaño  $n$  de poblaciones cuya probabilidad no se conoce comparando entre todas las posibles distribuciones a las que los datos se pueden ajustar.

La prueba de bondad y ajuste se utiliza cuando “no se conoce la distribución fundamental de la población y se quiere probar la hipótesis de que una distribución particular será satisfactoria como modelo de la población” (Montgomery 356). Se puede por ejemplo probar si la población responde a una distribución normal, binomial, poisson, entre otras. Las pruebas de bondad y ajuste utilizadas con más frecuencia para determinar la distribución fundamental de una población son la Chi-cuadrada y la de Kolmogorov-Smirnov. Para ambos casos la hipótesis nula  $H_0$  y la alternativa  $H_1$  para un nivel de significancia  $\alpha$  son las siguientes:

$H_0$ = Los datos de la población se ajustan a una distribución  $x$ .

$H_1$ = Los datos de la población no se ajustan a la distribución  $x$ .

La prueba  $X^2$  está diseñada para variables aleatorias discretas con un número finito de valores, si esto no ocurriese los valores de la variable se agrupan en un número finito de clases. Por el contrario, la prueba de Kolmogorov-Smirnov es más utilizada para variables continuas. Adicionalmente, a diferencia de la primera prueba, la de Kolmogorov-Smirnov no necesita de la partición de datos en intervalos. Ésta prueba es más poderosa que la Chi-

cuadrado ya que hay menor probabilidad de Error tipo II cuando los parámetros de la distribución son conocidos. Sin embargo, una de las desventajas de esta prueba es que usualmente los parámetros de la población no se conocen y deben ser estimados.

Una vez obtenida la distribución que mejor se ajusta a los datos muestrales se analiza el valor  $p$  de la siguiente manera.

Si  $p < \alpha$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Si  $p > \alpha$  no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ .

Estas pruebas pueden ser realizadas de forma manual o en cualquier software estadístico, sin embargo, Arena<sup>®</sup> dispone de una herramienta llamada Input Analyzer que lo realiza de forma automática. Se pueden hacer pruebas de bondad y ajuste ensayando individualmente con cada una de las posibles distribuciones o buscando directamente a qué distribución se ajustan de mejor manera los datos mediante la opción “fit all” del Input Analyzer.

#### ***2.6.4 Determinación del Número de Replicaciones del Modelo***

Las replicaciones son repeticiones de corridas independientes pero estadísticamente idénticas (Kelton, Sadowski y Nancy 35). Se utilizan las replicaciones con el objetivo de conocer un rango de resultados en lugar de uno solo que no represente las posibles respuestas. Cada replicación es distinta de otra ya que muestra cómo los resultados pueden variar de un día a otro a causa de factores aleatorios. Cada corrida replicada utiliza los mismos parámetros de entrada, por tanto, los resultados son estadísticamente idénticos. Sin embargo utiliza números aleatorios de entrada para generar los tiempos actuales de arribo y de servicio usados en la simulación, lo cual produce corridas independientes.

Para estimar el número óptimo de replicaciones independientes que se requieren,  $n$ , se debe determinar una precisión  $h$  definida. El “Half Width”,  $h$ , corresponde al ancho establecido para el intervalo deseado, y se calcula de la siguiente manera:

$$h = t_{n-1, 1-\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\Rightarrow n = t_{n-1, 1-\alpha/2}^2 \frac{S^2}{h^2} \text{ para un } h \text{ deseado (nivel de precisión)}$$

(Kelton, Sadowski y Nancy 36)

Donde,

$n$  es el número de replicaciones requeridas,

$s$  es la desviación estándar,

y  $t_{n-1, 1-\alpha/2}^2$  proviene de la distribución “ $t$  student”, cuyo valor se puede obtener fácilmente en tablas y donde  $\alpha$  es el nivel de confianza deseado.

Se puede notar que para obtener el valor  $s$  se debe obtener un set de datos preliminar con  $n$  cualquiera y así determinar la desviación estándar. Es importante considerar que mientras más replicaciones se realicen se disminuye el Error tipo II y se obtiene una mejor estimación de la desviación estándar. Adicionalmente, se puede notar que la fórmula anterior no se puede utilizar para calcular el número de replicaciones requeridas ya que el valor  $t$  está en función de  $n$ . Por tanto, es necesario reemplazar  $z_{1-\alpha/2}$  por  $t_{n-1, 1-\alpha/2}^2$  y así aproximar el valor deseado para una precisión específica.

### ***2.6.5 Comparación de Alternativas***

La mayoría de los estudios de simulación tienen como objetivo comparar distintas alternativas en las que se modifica parcialmente la configuración del sistema. De esta manera, se puede determinar cómo los cambios en el diseño afectan el desempeño final del sistema (Kelton, Sadowski y Nancy 37).

La prueba  $t$  para dos muestras realiza una inferencia para la diferencia en medias de dos distribuciones normales. Dado que, los dos sistemas modelados simulan casos diferentes y utilizaron datos de muestras no pareadas, se aplica la prueba  $t$  para dos muestras con varianzas desconocidas, en lugar de la prueba  $t$  pareada, para determinar si éstas son o no estadísticamente diferentes. Cabe recalcar que, para ejecutar esta prueba se requiere el

supuesto de normalidad, sin embargo, pequeñas desviaciones de normalidad no tienen efectos contraproducentes sobre la prueba. Adicionalmente, si los tamaños de muestra  $n_1$  y  $n_2$  sobrepasan los 30 es posible asumir una distribución normal (Montgomery 388).

La hipótesis nula para esta prueba es la siguiente:

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$$

(Montgomery 388)

En caso de no disponer de ninguna información sobre las varianzas de las dos muestras, no es razonable asumir que las varianzas desconocidas son iguales. Para este caso, no hay estadístico  $t$  exacto para probar la hipótesis nula, sin embargo, el estadístico de prueba siguiente tiene una distribución aproximadamente igual si  $H_0$  es verdadera:

$$T_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

(Montgomery 390)

Con  $\nu$  grados de libertad, donde  $\nu$  se calcula de la siguiente manera.

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

(Montgomery 392)



### 3. CAPÍTULO III: RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 3.1 Determinación de Modelos Bajo Estudio

En primera instancia se determinó los modelos que iban a ser parte del estudio de este proyecto. Para este efecto, el concesionario proporcionó a las tesisistas información sobre los modelos que habían ingresado al taller tres meses previos al comienzo del presente estudio, a saber, los meses entre noviembre 2010 y enero 2011. Esta base de datos contenía únicamente los vehículos ingresados por concepto de mantenimiento al taller. Se podría haber tomado como referencia el número de vehículos vendidos en el concesionario, sin embargo este dato no necesariamente representa el flujo real de vehículos en los talleres. Se ha visto que no todos los clientes que adquieren sus vehículos en el concesionario regresan al mismo para realizar el mantenimiento respectivo. En especial, se conoce que algunos clientes llevan sus vehículos a talleres multimarca donde el precio del mantenimiento es menor.

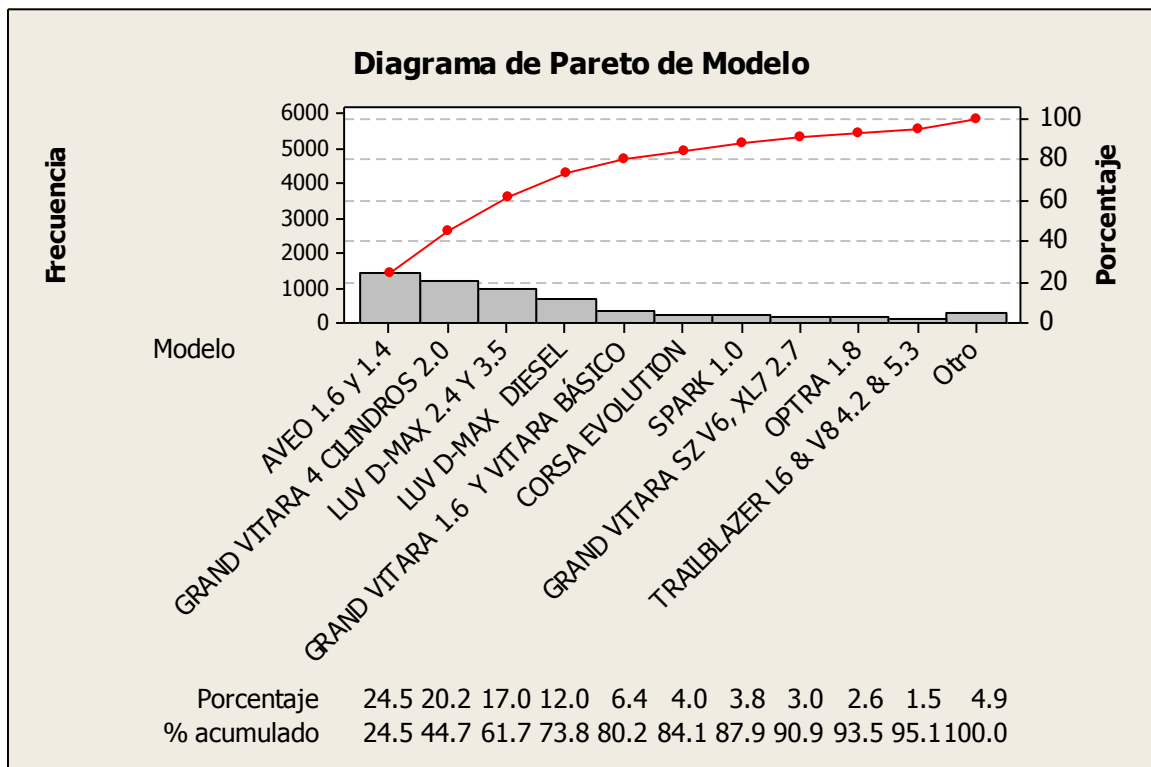
De esta forma, se realizó un Pareto con la frecuencia de los modelos atendidos en el taller. Se debe recalcar que GM expresó su interés de incluir en el estudio por lo menos un modelo de cada una de las cuatro categorías que se muestran en la Tabla 3-1. Como se observa en la gráfica de Pareto de la Figura 3-1, realizada con ayuda de Minitab<sup>®</sup>, esta condición se cumple satisfactoriamente.

**Tabla 3-1** Modelos Chevrolet clasificados por categorías según el cilindraje del vehículo.

<b>CATEGORÍA 1: Hasta 1.8</b>	
	SPARK 1.0
	SUPER CARRY 1.0
	CORSA EVOLUTION
	AVEO 1.6 y 1.4
	VITARA BÁSICO 1.6 y GRAND VITARA 1.6
	N200
	SPARK GT
<b>CATEGORÍA 2: De 1.8 a 2.4</b>	
	GRAND VITARA 4 CILINDROS 2.0
	LUV D-MAX 4 CILINDROS 2.4
	GRAND VITARA SZ 4 CILINDROS 2.0

OPTRA 1.8
VIVANT 2.0
CRUZE 1.8
CAPTIVA SPORT 2.4
<b>CATEGORÍA 3: De 2.5 a 5.3</b>
LUV D-MAX V6 3.5
GRAND VITARA V6 2.5
GRAND VITARA SZ V6, XL7 2.7
TRAILBLAZER L6 & V8 4.2 & 5.3
TAHOE 5.3
CAPTIVA 3.2
CAPTIVA SPORT 3.6
TAHOE 5.3
SILVERADO HYBRIDA
CAMARO 3.6 V6
<b>CATEGORÍA 4: D-MAX DIESEL</b>
LUV D-MAX 2.5
LUV D-MAX 3.0

Fuente: Plan de Mantenimiento, GM.



**Figura 3-1** Gráfica de Pareto de los vehículos atendidos en el taller de AUTOCONSA (Nov 2010 – Ene 2011).

Con ayuda de la gráfica se determinó que el 20% de los modelos que significan el 80% de los ingresos al taller son: Aveo 1.4 y 1.6, Grand Vitara 4 Cilindros 2.0, Luv D-Max Gasolina, Luv D-Max Diesel, Grand Vitara 1.6 y Vitara Básico. A continuación se presenta, en la Tabla 3-2, el resumen de los modelos a ser estudiados con sus correspondientes categorías. Se debe aclarar que el Spark se incluye en el estudio por pedido especial de GM a pesar de no haber entrado dentro del 80% en la gráfica de Pareto.

**Tabla 3-2** Resumen de los modelos incluidos en el estudio con sus correspondientes categorías.

<b>RESULTADOS PARETO</b>	<b>MODELOS INCLUIDOS</b>	<b>CATEGORÍA</b>
<b>AVEO</b>	AVEO 1.4	1
	AVEO 1.6	
<b>GV 4 CILINDROS 2.0</b>	G. VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD MT	2
	G. VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD MT	
	G. VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD AT	
	G. VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD AT	
	G. VITARA 5P 2.0 4x2	
	G. VITARA 5P 2.0 4x4	
<b>LUV D-MAX GASOLINA</b>	LUV D-MAX 4 CILINDROS 2.4	2
	LUV D-MAX 3.5 4X2	3
	LUV D-MAX 3.5 4x4	
	LUV D-MAX 3.5 AT 4X4	
<b>VITARA BÁSICO Y GV 1.6</b>	VITARA BÁSICO 1.6	1
	G. VITARA 3P 1.6	
<b>LUV D-MAX DIESEL</b>	LUV D-MAX 2.5 DIESEL 4X2	4
	LUV D-MAX 3.0 DIESEL 4X4	
<b>SPARK 1.0</b>	SPARK 1.0	1

Fuente: Creación propia.

### **3.2 Recopilación del Plan de Mantenimiento para los Modelos Bajo Estudio**

Una vez determinados los modelos a ser estudiados se procedió con la recopilación del plan de mantenimiento preventivo para cada uno de ellos. Los planes de mantenimiento enlistan detalladamente las operaciones que deben realizarse en cada mantenimiento de cada modelo de vehículo Chevrolet dependiendo de su kilometraje. Estos planes son elaborados por

GM en base a las especificaciones y manuales de cada modelo y a las recomendaciones del fabricante, para luego ser otorgadas a cada uno de los concesionarios Chevrolet. El presente proyecto se basa en el plan de mantenimiento actualizado en febrero del 2011.

Analizando los planes antes mencionados, se pudo notar que distintos mantenimientos pueden tener tareas comunes. Por tanto, se realizó la identificación de todas las operaciones que se realizan en los distintos mantenimientos. Como resultado, se obtuvo un total de 27 que se enlistan a continuación en la Tabla 3-3. Cabe recalcar que esta tabla consolida todas las operaciones realizadas en los mantenimientos de los diferentes kilometrajes.

**Tabla 3-3** Lista de operaciones realizadas en el mantenimiento preventivo Chevrolet junto con su respectiva identificación, misma que será usada a lo largo del proyecto.

<b>ID DE LA OPERACIÓN</b>	<b>NOMBRE DE LA OPERACIÓN</b>
Op 1	Cambiar aceite y filtro motor
Op 2	Cambiar filtro combustible
Op 3	Cambiar filtro aire
Op 4	Limpiar, revisar y regular frenos
Op 5	Cambiar líquido dirección hidráulica
Op 6	Cambiar bujías de encendido
Op 7	Limpiar cuerpo aceleración IAC / MAF
Op 8	Limpiar inyectores con ultrasonido
Op 9	Limpiar sistema de inyección
Op 10	Cambiar líquido de frenos
Op 11	Cambiar líquido de embrague
Op 12	Cambiar aceite de caja manual
Op 13	Cambiar aceite de caja automática
Op 14	Cambiar banda de distribución y templador
Op 15	Cambiar banda de accesorios
Op 16	Cambiar termostato
Op 17	Cambiar líquido refrigerante
Op 18	Cambiar aceite transfer
Op 19	Cambiar aceite de diferencial posterior
Op 20	Cambiar aceite de diferencial delantero
Op 21	Reajustar suspensión
Op 22	Cambiar filtro de ventilación
Op 23	Lubricar cubos de rueda libre , puntas de eje

Op 24	Revisar A/C por carga y posibles fugas
Op 25	Limpiar y lubricar mecanismos de puertas y ventanas
Op 26	Balancear ruedas
Op 27	Alinear ruedas

Fuente: Creación propia basada en el Plan de Mantenimiento Chevrolet Feb/11, GM.

Se procedió a asignar el tiempo estándar de cada operación en base a los resultados del estudio de tiempos y movimientos realizado en este mismo concesionario, proyecto que se ha mencionado en la sección 1.2 previamente. En la Tabla 3-4 se muestran los resultados del estudio con el tiempo estándar para cada una de las operaciones. Cabe recalcar que el cálculo de estos tiempos toma en cuenta suplementos por factores como: desgaste, cansancio, demoras inevitables, ambiente físico, atmósfera laboral, condición física del operario, entre otros. Lo que se busca a través de la aplicación de tolerancias es “agregar el tiempo suficiente al tiempo normal de producción para que el operario cumpla con los tiempos estándar, desempeñando su labor en condiciones estándar” (Delgado Guzmán y Naranjo Bautista 19). Sin embargo, no se posee el tiempo estándar para las siguientes actividades: *limpieza de inyectores con ultrasonido* (para ningún modelo) y *lubricación de cubos de rueda libre y puntas de eje* (operación realizada sólo en Luv D-Max). La primera operación se añadió recientemente a los planes de mantenimiento razón por la cual no fue incluida en el estudio anterior, mientras que se observó que la segunda operación no se realiza comúnmente en los concesionarios por lo cual no se pudo obtener datos de la misma. Adicionalmente, se debe recalcar que la operación 8 (*limpiar sistema PCV*) de la Tabla 3-4 no existe en los planes de mantenimiento actualizado, y que la operación 22 (*cambiar filtro de polen de calefacción*) de la misma tabla, se denomina *cambio de filtro de ventilación* en el plan actualizado.

Los tiempos estándar para dichas operaciones donde no se posee información se estiman en base a los temparios de los planes de mantenimiento Chevrolet. En la Tabla 3-5 se muestra este tempario por categoría para las operaciones donde existen discrepancias, de donde se obtienen los tiempos para las operaciones *limpieza de inyectores con ultrasonido* y *lubricación de cubos de rueda libre y puntas de eje*. Al asignar los tiempos correspondientes a estas operaciones se tomó en cuenta la categoría a la que pertenece cada modelo. Para mayor referencia sobre las categorías de Chevrolet ver la Tabla 3-1.

**Tabla 3-4** Nuevo Tempario para Mantenimiento Preventivo Chevrolet para los modelos Volume Makers.

OPERACIONES		LUV D-Max	Grand Vitara	Aveo	Spark	Vitara Básico
		T (h)	T (h)	T (h)	T (h)	T (h)
1	Cambiar aceite y filtro motor	0.22	0.23	0.22	0.24	0.22
2	Cambiar filtro combustible	0.08	0.18	0.13	0.11	0.19
3	Cambiar filtro aire	0.03	0.03	0.07	0.07	0.06
4	Limpiar, revisar y regular frenos	0.70	0.66	0.43	0.68	0.55
5	Cambiar líquido dirección hidráulica	0.19	0.13	0.29		0.23
6	Cambiar bujías de encendido	0.23	0.27	0.20	0.15	0.14
7	Limpiar cuerpo aceleración IAC / MAF	0.19	0.14	0.29	0.04	0.13
8	Limpiar sistema PCV	0.09	0.04			
9	Limpiar sistema de inyección	0.77	0.72	0.85	0.92	0.60
10	Cambiar líquido de frenos	0.06	0.05	0.07	0.05	0.06
11	Cambiar líquido de embrague	0.03	0.06			
12	Cambiar aceite de caja manual	0.16	0.17	0.46	0.25	0.28
13	Cambiar aceite de caja automática	1.00	1.00			
14	Cambiar banda de distribución y templador	1.35	1.89	1.90	1.11	1.90
15	Cambiar banda de accesorios y templador	1.10	0.33	0.54	0.44	0.95
16	Cambiar termostato	2.00	0.49	0.50	0.51	0.40
17	Cambiar líquido refrigerante	0.55	0.54	0.80	0.70	0.50
18	Cambiar aceite de caja transfer	0.13	0.16			0.22
19	Cambiar aceite de diferencial posterior	0.50	0.18			0.23
20	Cambiar aceite de diferencial delantero	0.18	0.19			0.16
21	Reajustar suspensión	0.11	0.11	0.12	0.07	0.14
22	Cambiar filtro de polen de calefacción		0.04	0.06	0.20	0.03
23	Lubricar puntas de eje					
24	Revisar A/C por carga y posibles fugas	0.18	0.06	0.08	0.07	0.02
25	Limpiar y lubricar mecanismos de puertas y ventanas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03
26	Balancear ruedas	0.64	0.58	0.49	0.55	0.47
27	Alinear ruedas	0.64	0.47	0.56	0.56	0.44

Fuente: (Delgado Guzmán y Naranjo Bautista 136)

**Tabla 3-5** Tempario del Plan de Mantenimiento Chevrolet para las operaciones que no poseen un tiempo estándar definido en la Tabla 3-4.

ID DE LA OPERACIÓN	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
		T (horas)	T (horas)	T (horas)	T (horas)
Op 5	Cambiar líquido de dirección hidráulica	1.00	1.05	1.10	1.15
Op 8	Limpieza de inyectores con ultrasonido	2.00	2.10	2.20	2.30
Op 10	Cambiar líquido de frenos	0.50	0.53	0.55	0.58
Op 11	Cambiar líquido de embrague	0.17	0.18	0.18	0.19
Op 17	Cambiar refrigerante	0.50	0.53	0.55	0.58
Op 23	Lubricación de cubos de rueda libre y puntas de eje	NA	NA	1.00	1.00

Fuente: Plan de Mantenimiento Chevrolet Feb/11, GM.

De igual forma, se ha encontrado que los tiempos estándar para las operaciones: *cambiar líquido de dirección hidráulica*, *cambiar líquido de frenos*, *cambiar refrigerante* y *cambiar líquido de embrague* fueron calculados cuando estas operaciones se ejecutaban de manera totalmente manual. En la actualidad, el concesionario posee máquinas que ayudan al técnico a realizar dichas operaciones de forma más precisa mejorando el servicio al cliente ya que minimizan el riesgo de daños a los sistemas. Sin embargo, el tiempo de ejecución de las operaciones no varía sustancialmente, por lo que es razonable mantener los tiempos establecidos en el estudio, de tal forma que se asemeje más a la realidad, en lugar de usar los tiempos especificados en el tempario del plan de mantenimiento que son mucho mayores (Ver Tabla 3-5)

En el Anexo A se muestran a detalle los planes de mantenimiento para cada uno de los modelos especificados. En adición, a cada una de las operaciones dentro de los planes de mantenimiento se les ha asignado su respectivo tiempo estándar tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores.

### **3.3 Consolidación de Planes de Mantenimiento Preventivo**

Una vez que se ha obtenido el plan de mantenimiento para cada uno de los modelos bajo estudio, se procedió a consolidarlos para facilitar la estructuración y estandarización de la secuencia de los procesos de mantenimiento preventivo con dos técnicos.

La consolidación se realizó en base al kilometraje de los mantenimientos. Dentro de los planes de mantenimiento se pueden diferenciar dos grupos en base a las operaciones que contienen: los mantenimientos para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 5 000 Km (por ejemplo: 5 000, 15 000, 25 000 Km...) y aquellos para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 10 000 Km (por ejemplo: 10 000, 20 000, 30 000 Km...). Tomando en cuenta esto, se presenta la consolidación en la Tabla 3-6 y Tabla 3-7.



**Tabla 3-6** Plan de mantenimiento compactado para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 5 000 Km para todos los modelos bajo estudio.

TODOS LOS MODELOS BAJO ESTUDIO	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	OBSERVACIONES
CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000 empezando 15 000 para todos los modelos excepto LUV D-MAX DIESEL que empieza a los 5 000. No se realiza en modelos SZ porque tienen el filtro dentro de la bomba
CAMBIAR ACEITE Y FILTRO MOTOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 5 000
CAMBIAR BANDA DE ACCESORIOS							1				Cada 65 000
CAMBIAR BANDA DISTRIBUCION Y TEMPLADOR							1				Cada 65 000, No modelos SZ ni Diesel porque no se cambia cadena
REVISAR/CAMBIAR BUJIAS DE ENCENDIDO		1	1	1	1	1	1	1	1	1	Revisión cada 10 000, cambio cada 20 000, empezando en 15 000; No modelos diesel porque no tienen
CAMBIAR REFRIGERANTE							1				Cada 65 000
CAMBIAR TERMOSTATO							1				Cada 65 000
LIMPIAR INYECTORES CON ULTRASONIDO (inc. R/I)						1					Cada 55 000
LIMPIEZA SISTEMA DE INYECCIÓN (usar limpiador)		1		1				1		1	Cada 20 000, empezando en 15 000 excepto a los 55 000
REVISAR A/A POR CARGA Y POSIBLES FUGAS							1				Cada 65 000, No se hace en SPARK

Fuente: Creación propia basada en el Plan de Mantenimiento Chevrolet Feb/11, GM.

**Tabla 3-7** Plan de mantenimiento compactado para kilometrajes cada 10 000 Km empezando desde los 10 000 Km para todos los modelos bajo estudio.

<b>TODOS LOS MODELOS BAJO ESTUDIO</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
ALINEAR RUEDAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
BALANCEAR Y ROTAR RUEDAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
CAMBIAR LIQUIDO FRENOS			1			1			1		Cada 30 000
CAMBIAR ACEITE CAJA MANUAL		1		1		1		1		1	Cada 20 000, Modelos Caja Manual (MT)
CAMBIAR ACEITE CAJA AUTOMATICA			1			1			1		Cada 30 000, Modelos Caja Automática SZ (AT)
CAMBIAR ACEITE CAJA AUTOMATICA		1		1		1		1		1	Cada 20 000, Sólo Modelo LUV D-MAX 3.5 (AT)
CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO		1		1		1		1		1	Cada 20 000, Sólo Modelos 4X4
CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL POSTERIOR		1		1		1		1		1	Cada 20 000, Todos los modelos excepto Aveo y Spark
CAMBIAR ACEITE TRANSFER				1				1			Cada 40 000, Sólo Modelos 4X4
CAMBIAR ACEITE Y FILTRO MOTOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 5 000
CAMBIAR FILTRO AIRE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
CAMBIAR LIQUIDO DIRECCIÓN HIDRAÚLICA			1			1			1		Cada 30 000
REVISAR LÍQUIDO EMBRAGUE		1		1		1		1		1	Cada 20 000, Modelos Caja Manual (MT) excepto los GV SZ y AVEO porque el líquido de embrague comparte el reservorio con el líquido de frenos; VITARA BÁSICO y SPARK poseen sistema de embrague por cable
CAMBIO FILTRO VENTILACIÓN			1			1			1		Cada 30 000, VITARA BÁSICO Y LUV D-MAX no tienen filtro ventilación
LIMPIAR CUERPO ACELERACIÓN IAC / MAF (usar limpiador)			1			1			1		Cada 30 000
LIMPIAR Y LUBRICAR MECANISMOS PUERTAS Y VENTANAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
LIMPIAR, REVISAR Y REGULAR FRENOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
REAJUSTAR SUSPENSIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 10 000
LUBRICAR CUBOS DE RUEDA LIBRE, PUNTAS DE EJE			1			1			1		Cada 30 000, Sólo LUV-DMAX, para los demás no es mandatorio
CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Cada 5 000, Sólo LUV D-MAX DIESEL

Fuente: Creación propia basada en el Plan de Mantenimiento Chevrolet Feb/11, GM.

### **3.4 Familiarización con AUTOCONSA y los Agentes Participantes en el Proceso de Mantenimiento Preventivo**

#### ***3.4.1 Flujogramas del Proceso de Mantenimiento Preventivo de AUTOCONSA***

Con el objetivo de familiarizar al lector con los procesos de servicio en el concesionario AUTOCONSA se desarrollaron dos flujogramas que abarcan todo el proceso de mantenimiento preventivo desde el ingreso del vehículo al concesionario hasta la entrega del mismo al cliente. El primer flujograma (ver Figura B-1, B-2 y B-3 en el Anexo B) describe el proceso de mantenimiento de servicio rápido de 5 000 Km y el segundo (ver Figura B-4, B-5 y B-6 en el Anexo B) describe el proceso de mantenimiento preventivo de los kilometrajes de 10 000 Km a 100 000 Km. Se realizó esta diferenciación porque AUTOCONSA realiza un proceso diferente y exclusivo para el mantenimiento de 5 000 Km. Cabe recalcar que los flujogramas responden a procesos generales y no profundizan ni desglosan las actividades detalladas de cada tipo de mantenimiento.

La diferencia fundamental entre los dos procesos generales identificados radica en que, en AUTOCONSA, los vehículos que requieren chequeos de 5 000 Km cuentan con una bahía de servicio rápido, por lo que ingresan a la bahía de mantenimiento de manera directa. Adicionalmente, en este tipo de mantenimiento, el cliente tiene la opción de esperar por su vehículo o dejarlo en el concesionario. Si el cliente no espera el proceso general es el mismo que en el mantenimiento de 10 000 a 100 000 Km (ver Figura B-4, B-5 y B-6 en el Anexo B) ya que se debe realizar el respectivo inventario de los artículos al interior del vehículo. De lo contrario, si el cliente espera, este tipo de actividades no se realizan. Finalmente, otra diferencia se encuentra en que para el mantenimiento de 5 000 Km los clientes tienen la posibilidad de aceptar o rechazar el servicio de lavado de cortesía alargándose en el primer caso el tiempo de espera.

### ***3.4.2 Layout del Taller de AUTOCONSA y las bahías analizadas***

El layout general del taller de AUTOCONSA se encuentra en la Figura B-7 del Anexo B. En ésta se puede notar que el concesionario dispone de estacionamientos para vehículos en espera de ser procesados o en tránsito. Este estacionamiento está debidamente seccionado destinando 25 puestos para vehículos en espera de mantenimiento, 3 para mantenimiento rápido de 5000 Km, 9 para lavado, 9 para vehículos pendientes de autorización, 8 para vehículos PDI (vehículos nuevos que requieren alistamiento para poder ser comercializados), 9 para vehículos pendientes por razones varias, 4 para camiones listos y 23 para vehículos listos.

Adicionalmente, el taller dispone de: 1 bahía exclusiva para mantenimiento rápido de 5000 Km, 4 especialmente destinadas (y aprovisionadas con equipo especial) para mantenimiento preventivo, 11 para mantenimientos que incluyan otras reparaciones y 3 para fallas eléctricas y electrónicas y 3 para operaciones relacionadas con Chevistar. Cabe recalcar que, tanto los estacionamientos como las bahías del concesionario no están estrictamente limitados a las funciones antes detalladas. En caso de ser necesario una bahía puede ser utilizada para un mantenimiento al que no ha sido destinado originalmente.

En adición, el layout del taller (ver Figura B-7 del Anexo B) muestra un espacio especial destinado para lavado de vehículos, uno para alineación, otro para bodega de repuestos, un casillero para órdenes de trabajo (OT), una sala de espera de clientes, dos torres de control para priorizar las OT y dos equipos para realizar el balanceo de llantas.

En AUTOCONSA a cada técnico se le asigna una bahía de mantenimiento. Por tanto, éstas se consideran puestos de trabajo fijos ya que los técnicos no rotan de una a otra. Las cuatro bahías 7, 8, 13 y 14 fueron destinadas exclusivamente para mantenimiento preventivo ya que están especialmente dotadas de equipos y herramientas de trabajo para agilizar este tipo de mantenimientos. A diferencia de las 11 restantes, éstas disponen de un kit completo de herramientas y de líneas neumáticas para dispensar agua, aceite y para alimentar la pistola neumática.

Dado que estas cuatro bahías (ver Figura B-8 en el Anexo B) están equipadas de mejor manera se han destinado como candidatas exclusivas para realizar la implementación del presente proyecto. Adicionalmente, se asignó de forma específica a dos técnicos (de los cuatro disponibles en los puestos de trabajo antes mencionados) para participar directamente en la prueba de implementación final de la propuesta. La disposición detallada de cada bahía se puede encontrar en las Figuras B-9, B-10, B-11 y B-12 del Anexo B correspondientes a las bahías 7, 8, 13 y 14 respectivamente.

### ***3.4.3 Encuestas a Técnicos***

Con el objetivo de conocer a profundidad la situación actual de los técnicos en cuanto a los procesos realizados en las bahías de mantenimiento preventivo, su conformidad con el trabajo y su apertura para con la implementación del proyecto, se realizó una encuesta con preguntas abiertas para abarcar la mayor cantidad de información posible.

Cabe recalcar que estas encuestas no son estadísticamente válidas debido a la configuración de sus preguntas y a que se las realizó únicamente a los cuatro técnicos relacionados con las bahías indicadas anteriormente. Sin embargo, sirvieron para obtener información preliminar útil en la familiarización con AUTOCONSA y los agentes participantes en el proceso de mantenimiento preventivo. La decisión de excluir de las encuestas a los demás técnicos del taller se basó en que sólo estas bahías disponen del equipo apropiado para realizar el estudio.

El formato original de la encuesta se puede ver en el Anexo B, Encuesta B-1. Ésta está compuesta por cuatro partes: situación actual; propuesta; medio ambiente; herramientas, equipos, insumos, equipos de protección personal y repuestos. Adicionalmente, la Tabla B-1 muestra el formato original de la evaluación de la disponibilidad y frecuencia de los elementos nombrados anteriormente en cada bahía. La primera parte de la encuesta pretende conocer las actividades generales que realizan los técnicos para ejecutar un mantenimiento. La segunda analiza la apertura de los técnicos hacia el proyecto. La tercera evalúa su conformidad con las

condiciones ergonómicas y de medio ambiente del taller, y la última pretende conocer la disponibilidad y el uso de las herramientas, equipo, insumos, equipos de protección personal y repuestos. Referirse a las Encuestas B-2, B-3, B-4 y B-5 del Anexo B para conocer las respuestas detalladas de cada técnico guardando la confidencialidad de cada uno ya que la numeración de las mismas no refleja relación alguna con las bahías tratadas. Asimismo, referirse a las Tablas B-2 a B-10 para conocer las respuestas de los técnicos en cuanto a los elementos disponibles en cada bahía.

### **Resultados de las Encuestas**

De las encuestas realizadas se puede destacar que según los técnicos, normalmente se acude dos veces a bodega por mantenimiento. Adicionalmente, detectaron que las actividades que no agregan valor al proceso son: aquellas que requieren autorización del cliente (por ejemplo: cambio de pastillas de frenos), acudir a bodega en busca de repuestos o insumos, y acomodación de vehículos en el área de lavado.

Por tratarse de una encuesta abierta, los técnicos pudieron expresar algunas sugerencias y comentarios a lo largo de la misma. La más importante es que se requiere información más específica por parte de los asesores ya que, por ejemplo, cuando el cliente reporta un ruido se debe indagar al máximo la ubicación del mismo o sus posibles causas y compartir esta información con los técnicos para agilizar el proceso de reparación.

A continuación, la encuesta evaluó la aceptación, por parte de los técnicos implicados, de la propuesta de realizar el mantenimiento preventivo de forma simultánea entre dos técnicos, dividiendo tareas con el objetivo de reducir el tiempo por mantenimiento. Los beneficios destacados por los técnicos en cuanto a la propuesta fueron: reducción del cansancio, mayor rapidez en la ejecución de un mantenimiento, mayor eficiencia para sacar un vehículo, división del trabajo y asesoramiento mutuo entre miembros del equipo de trabajo. Por otro lado, encontraron como desventajas el hecho de la incertidumbre en cuanto a la comisión para cada técnico, la posible descoordinación entre el equipo de trabajo, discusiones entre compañeros por la diferencia de ejecución de los mantenimientos, preferencias de secuencias

de trabajo, monotonía en la realización estandarizada de las actividades y diferencias en criterios de ajuste.

En cuanto a las condiciones ambientales de trabajo, se nota falta de iluminación después de las 3 pm. Para esto, se sugiere mejorar el sistema de iluminación ya que de acuerdo con algunos técnicos las lámparas fallan y no iluminan apropiadamente. Por otro lado, la ventilación no es la adecuada. Algunos extractores de gases tienen mangueras desgastadas y rotas. Por el contrario, los técnicos concuerdan en que la temperatura ambiental es adecuada y no presentan quejas ante este aspecto. Finalmente, se nota en ciertos casos una ligera molestia ante el nivel de ruido causado por las herramientas neumáticas y la lluvia fuerte.

En cuanto a las herramientas, las Tablas B-2 a B-10 indican que existen algunas que están actualmente disponibles en cada bahía, pero que casi nunca son usadas para ejecutar un mantenimiento. Un ejemplo es el juego completo de llaves hexagonales. Sin embargo, en general, el estado y disponibilidad de las herramientas necesarias para realizar los mantenimientos limpios en las cuatro bahías analizadas es muy bueno.

A continuación en la Tabla 3-8 se presentan los equipos de protección personal disponibles para cada técnico y la evaluación de los mismos sobre su utilización adecuada o no.

**Tabla 3-8** Utilización adecuada o inadecuada de equipos de protección personal para los cuatro técnicos encuestados.

<b>EPP</b>	<b>¿USO ADECUADO?</b>
Uniforme	Sí
Casco de seguridad	No
Zapatos de seguridad	Sí
Guantes	Sí
Protección visual	Sí
Protector auricular	No

Protector respiratorio	No
Mandil	Sí

Fuente: Creación propia.

El mayor problema en cuanto a repuestos es que no siempre se encuentran disponibles en bodega. En estos casos es necesario esperar a que el repuesto llegue al concesionario para lo cual el vehículo debe trasladarse a un estacionamiento de espera. Se detectó, adicionalmente, que los repuestos más utilizados son: filtros de aceite, aire y gasolina, bujías y pastillas de freno. En adición, entre los técnicos encuestados se han detectado dos casos de fallas en relación a repuestos, uno de filtro de combustible y otro de filtro de aceite. Estas fallas provocaron aplicación de garantías para los clientes afectados. Por ende, se recomienda la realización de un estudio con relación al proceso de bodega de repuestos del concesionario de tal forma que se atienda con mayor eficiencia a los técnicos para agilizar la ejecución de los mantenimientos.

#### ***3.4.4 Diagramas de Espagueti realizados en las bahías analizadas***

Se elaboraron diagramas de espagueti para identificar el flujo de trabajo durante la ejecución de los mantenimientos. Se realizaron dos tipos de diagramas de espagueti, el primero muestra el flujo de los vehículos desde el estacionamiento de espera hasta las bahías de mantenimiento y el segundo muestra el flujo de los técnicos en las bahías de trabajo una vez iniciado el mantenimiento. Las Figuras B-13 y B-14 del Anexo B muestran el primer tipo de flujo, mientras que las Figuras B- 15 y B- 16 del mismo anexo muestran el flujo de los técnicos.

#### **Resultados de los Diagramas de Espagueti**

Como se había mencionado, las Figuras B-13 y B- 14 muestran el flujo del vehículo antes de ingresar a la bahía de mantenimiento. El vehículo es trasladado desde el estacionamiento de espera en la parte posterior del taller hasta la bahía respectiva, pasando primero por el chequeo de luces que se realiza con ayuda de un espejo ubicado al principio del pasillo 1 (mostrado en las figuras analizadas) y el vidrio de la sala de espera al final del mismo. Se puede notar que los diagramas de las Figuras B-13 y B-14 son diferentes debido a que si el vehículo se dirige a



las bahías 13 ó 14 tiene primero que pasar por el pasillo de chequeo de luces, salir del taller e ingresar nuevamente por el pasillo 2 (mostrado en las figuras analizadas) para ingresar a su bahía (ver Figura B-9). Mientras que si se dirige a las bahías 7 u 8, el pasillo de chequeo de luces coincide con el pasillo de la bahía de mantenimiento por lo cual no se requiere reingresar al taller. Al utilizar dos técnicos por bahía este desperdicio en forma de movimiento se eliminaría pues en conjunto, el equipo de trabajo efectuaría la revisión de luces en la misma bahía. Para esto, se asigna la actividad de “revisión de luces desde el interior de la cabina” a uno de los técnicos y la de “revisión de luces desde el exterior de la cabina” para el otro.

En cuanto a las Figuras B-15 y B-16 del Anexo B, se puede evidenciar claramente con estos diagramas que los técnicos no emplean una rutina estandarizada de trabajo por las diferencias entre ellos, y que por tanto, sus recorridos son repetitivos y confusos. Adicionalmente, se nota que hay un gran flujo de actividades entre la caja de herramientas y la mesa de trabajo. Finalmente, se puede apreciar que los técnicos dan muchas vueltas al vehículo debido a que deben atender las cuatro llantas.

Este análisis reveló adicionalmente que, en la actualidad, a lo largo del mantenimiento se sube y se baja el vehículo con ayuda de la plataforma varias veces de manera innecesaria. En adición, se notó que cada técnico necesita tablas de mediciones críticas en su bahía para minimizar posibles defectos y descontento de los clientes con el mantenimiento realizado. Es indispensable también proveer a cada bahía de los instrumentos necesarios para realizar dichas mediciones. Se evidenció que, en ocasiones, el técnico debe dejar su bahía de trabajo en busca de herramientas y equipos que no dispone.

Por otro lado, los técnicos actualizan las órdenes de trabajo (OT) en la torre de control por lotes en lugar de hacerlo inmediatamente después de finalizar el trabajo. Esto no permite contabilizar el tiempo real de duración de cada mantenimiento y perturba el flujo de información.

## **4. CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BAHÍAS DE SERVICIO RÁPIDO**

### **4.1 Definición de Bahía de Servicio Rápido**

El concepto de bahías de servicio rápido fue elaborado por GM en conjunto con AUTOCONSA. La idea principal, es brindar un mejor servicio al cliente y disminuir el porcentaje de insatisfacción con la entrega del vehículo una vez realizado el mantenimiento. Para lograr este objetivo, las cuatro bahías analizadas serán usadas para trabajar estrictamente en la ejecución de mantenimientos preventivos limpios con dos técnicos en cada una.

Un mantenimiento preventivo limpio es aquel en el que el trabajo a realizarse es sólo el especificado en el plan de mantenimiento, sin ninguna otra actividad adicional como ruidos, problemas eléctricos o electrónicos, problemas del motor, carrocería, caja de cambios, filtraciones de agua, entre otros. Uno de los objetivos de la creación de estas bahías es aumentar el flujo de vehículos atendidos en las mismas. La naturaleza de estas tareas adicionales hace que el tiempo de permanencia de un vehículo en las bahías de mantenimiento sea variable e impredecible, impidiendo el flujo esperado en una bahía de servicio rápido. Por esta razón, se ha decidido que las bahías de servicio rápido van a ser utilizadas exclusivamente para la realización de mantenimientos preventivos limpios. Otro tipo de mantenimientos más especializados se deben dirigir al resto de bahías en las que no se exige un flujo tan ágil y continuo. En caso de detectar que un vehículo requiere de tareas adicionales una vez asignado a la bahía de servicio rápido, éste debe ser redirigido a otra bahía en la que se pueda atender el problema.

Adicionalmente, se trata de lograr que, con la formación de grupos de trabajo de dos técnicos por bahía, la duración de los mantenimientos disminuya considerablemente. Cabe recalcar que, este tiempo sólo toma en cuenta las operaciones que se realizan dentro de la bahía de trabajo, excluyendo aquellas como alineación, lavado y servicios tercerizados. Con la implementación de estas bahías y la estandarización del trabajo realizado en ellas, se espera

contar con estimaciones más reales de la duración de cada uno de los planes de mantenimiento para poder conocer con mayor certeza la carga del taller y cumplir con los horarios de entrega.

Se ha previsto que las bahías de servicio rápido deben contar con todas las herramientas, equipos y materiales necesarios para llevar a cabo los diferentes mantenimientos en los vehículos evitando retrasos o movimientos innecesarios por falta de los mismos. Además, deben contar con equipos que agilicen los procesos dentro del mantenimiento y minimicen el riesgo, propio de procesos manuales, de daños a los sistemas de los vehículos, especialmente aquellos relacionados con cambio de líquidos.

#### **4.2 Hojas de Elementos, Herramientas y Equipo de Seguridad, y Materiales**

El primer paso para la estructuración de la secuencia de los planes de mantenimiento con dos técnicos es la elaboración de las hojas de elementos, herramientas y equipo de seguridad, y materiales. Estos formatos permiten la documentación de cada una de las operaciones estipuladas dentro de los planes de mantenimiento de tal forma que se pueda adquirir un profundo conocimiento de las mismas. Saber a detalle el proceso de cada operación, con sus variaciones por modelo permite reconocer la precedencia de las actividades (en caso de existir) y el orden de cada una dentro de los planes de mantenimiento.

Adicionalmente, los formatos de herramientas, equipos y materiales pueden ser usados para la determinación de los elementos con los que debe contar cada técnico en su caja de herramientas y en la bahía de trabajo. No sólo para efectuar con éxito el mantenimiento sino para facilitar su trabajo y ofrecer comodidad a los técnicos. Por último, según la naturaleza de las tareas a realizarse en cada una de las operaciones y el criterio de la empresa, se ha determinado el equipo de protección personal que debe ser usado por los técnicos. En general:

- Cuando la tarea implica uso de solventes u otros químicos se debe usar un protector respiratorio.

- Cuando la operación a realizarse deba hacerse a nivel alto y el técnico deba trabajar bajo el vehículo, se debe usar el casco para proteger la cabeza contra posibles golpes.
- A lo largo de todo el mantenimiento los técnicos deben usar el protector visual para minimizar posibles daños a los ojos por salpicaduras de aceites y otros fluidos, y por impacto por golpes o proyecciones.
- Por último, el uniforme, que incluye los zapatos de punta de acero debe ser usado permanentemente.

Es importante mencionar que toda la información recabada para la elaboración de estos formatos se obtuvo del sistema “Service Information” de General Motors on-line, al cual los concesionarios tienen acceso, y de los técnicos que gracias a su experiencia ayudaron a validar las operaciones y a señalar las variaciones de los procesos dependiendo de los modelos. Una vez elaborados, éstos fueron revisados por un gerente de distrito de GM y un miembro del Centro de Entrenamiento Chevrolet. Los formatos, para cada una de las operaciones presentadas en la Tabla 3-3, se presentan en el Anexo C. A continuación se presenta una descripción de las peculiaridades de cada una de las operaciones encontradas por modelo que complementa la información de los formatos.

### **Operación 1. Cambiar aceite de motor y filtro de aceite**

Esta operación es común para todos los modelos bajo estudio. No existen variaciones significativas de un modelo a otro. Se debe recalcar que la Luv D-Max 3.5 posee un protector del cárter metálico que debe ser retirado para proceder al cambio de filtro. La Luv D-Max Diesel también posee este el protector pero éste no se encuentra protegiendo el cárter por lo que no es necesario su desmontaje. Este protector está sujeto al chasis mediante pernos. Los clientes pueden adquirir e instalar el protector para otros modelos si así lo desean. En adición, es importante mencionar que para retirar el filtro de aceite usado se puede emplear: un playo de extensión, una cadena ó una faja de filtros dependiendo del modelo. Por lo general, los playos de extensión se usan en la mayoría de los modelos, exceptuando el Grand Vitara V6 (modelo no incluido en el estudio), Grand Vitara SZ V6 (modelo no incluido en el estudio) y

el Grand Vitara 1.6, donde se usa la cadena y la Luv D-Max Diesel donde se usa la faja de filtros.

### **Operación 2. Cambiar filtro de combustible**

El proceso de cambio de filtro de combustible es similar en todos los modelos. Sin embargo, la forma en la cual el filtro se sujeta a la base puede presentar ciertas variaciones. Para el caso del Aveo y Spark el filtro se encuentra unido a una base que se sujeta al chasis del vehículo mediante pernos, por lo cual se deben retirar estos para realizar el cambio. En el Grand Vitara el sistema de sujeción es el mismo con la diferencia que la base se reemplaza junto con el filtro. Por otro lado, el Vitara Básico y la Luv D-Max a gasolina tienen cables de entrada y salida conectados a presión. La Luv D-Max Diesel posee el filtro de combustible en el compartimiento del motor por lo cual el cambio se lo hace a nivel piso a diferencia del resto de modelos donde el cambio se realiza a nivel alto en la parte posterior del vehículo. Por último, en el Grand Vitara SZ el filtro de combustible se localiza dentro de la bomba de gasolina por lo que no precisa de cambio.

### **Operación 3. Cambiar filtro de aire**

El cambio de filtro de aire es una operación sencilla cuyo procedimiento es el mismo para todos los modelos analizados. La única diferencia es que la cubierta superior del depurador puede estar sujeta con tornillos o con vinchas. En caso de que se sujete con vinchas la operación resulta más rápida, no obstante la diferencia en tiempos es despreciable.

### **Operación 4. Limpiar, revisar y regular frenos**

La limpieza y regulación de frenos depende de si son de disco o de tambor. Todos los modelos analizados poseen frenos de disco en las ruedas delanteras, y la mayoría posee frenos de tambor en las ruedas posteriores. La única excepción se encuentra en los modelos Grand Vitara SZ a partir del 2011, que vienen con frenos de disco en las cuatro ruedas. En adición, se debe mencionar que la limpieza, revisión y regulación de frenos en todos los modelos estudiados es similar con la excepción del Spark, que posee rodamientos especiales en los tambores y tuercas adicionales por lo que esta actividad se hace más compleja y tiene mayor duración que en los otros modelos.

### **Operación 5. Cambiar líquido de dirección hidráulica**

Esta operación puede realizarse manualmente o con ayuda de una máquina que facilita y acelera el proceso. Al ser el objetivo del proyecto lograr bahías de servicio rápido se analizará aquella operación realizada con ayuda de la máquina. Este proceso es similar en todos los modelos analizados. No obstante, se debe recalcar que éste puede tomar un poco más de tiempo en los modelos Grand Vitara 5 puertas porque el flujo de líquido a través de las mangueras es menor a causa de la presencia de un filtro dentro del reservorio de líquido de dirección hidráulica. Asimismo, se debe recalcar que esta operación no se realiza para el Spark que posee dirección manual y no hidráulica.

### **Operación 6. Cambiar bujías de encendido**

El proceso para el cambio de bujías de encendido es el mismo para todos los modelos. Exceptuando, el Aveo y el Grand Vitara SZ donde se realiza una actividad adicional que consiste en aflojar los pernos y retirar la cubierta del motor que sólo estos modelos poseen. Asimismo, se debe aclarar que los modelos Diesel no poseen bujías de encendido por lo que esta actividad no se realiza.

### **Operación 7. Limpiar cuerpo de aceleración IAC/MAF**

En cuanto a la limpieza del sistema de aceleración, existen ciertas desviaciones del proceso normal por la configuración del cuerpo de aceleración en cada modelo. El Spark y el Grand Vitara SZ presentan cuerpo de aceleración integrado, por lo cual el IAC no puede retirarse. En estos modelos sólo se debe hacer la limpieza del cuerpo de aceleración. Por otro lado, para realizar esta operación en el Aveo, Luv D-Max, Grand Vitara y Vitara Básico se debe retirar y limpiar la válvula IAC, adicionalmente al cuerpo de aceleración. Por último, en el Vitara Básico, Grand Vitara SZ, Luv D-Max gasolina y diesel la válvula MAF se encuentra dentro el ducto de admisión.

### **Operación 8. Limpiar inyectores con ultrasonido**

Esta operación es estándar para todos los modelos y se realiza fuera del vehículo con la ayuda de la máquina de servicio para inyectores. Sin embargo, en el concesionario no se puede realizar esta operación para inyectores de vehículos a diesel porque la máquina es exclusiva

para inyectores a gasolina. Para la limpieza de inyectores con ultrasonido de Luv D-Max Diesel este proceso se terceriza. En adición, el desmontaje y montaje de los inyectores del motor puede variar según el modelo. En la mayoría de los casos se debe retirar la riel de inyectores en motores de cuatro cilindros en línea. El único modelo analizado que no cumple ésta condición es la Luv D-Max 3.5 V6, donde se debe desmontar el múltiple de admisión para retirar las dos rieles de tres inyectores cada una, ubicadas a cada lado del motor. En la Luv D-Max diesel, los inyectores no poseen rieles, por lo cual se debe retirar el perno de cada inyector y las cañerías correspondientes para obtener los mismos.

### **Operación 9. Limpiar sistema de inyección**

Este procedimiento varía enormemente dependiendo del modelo. En los modelos Luv D-Max, Spark, y Grand Vitara SZ toda la operación se realiza a nivel piso, mientras que en el Aveo, Vitara Básico y Grand Vitara el procedimiento se realiza a nivel alto y nivel piso. En el Grand Vitara y Vitara Básico se debe desconectar un socket, que se encuentra en la parte posterior del chasis, para suspender la bomba de combustible, a diferencia del procedimiento de los otros modelos donde se debe desconectar el rely ó el fusible de la bomba de combustible en la caja de fusibles. Asimismo, sólo en los modelos Luv D-Max 3.5, Spark y Aveo no se requiere suspender ó estrangular la línea de retorno de la gasolina. Por último, se debe recalcar que para la Luv D-Max diesel la operación se realiza a nivel piso con un equipo diferente al usado para inyectores de motores a gasolina.

### **Operación 10. Cambiar líquido de frenos**

El cambio de líquido de frenos se realiza con ayuda de la máquina de frenos 4R. Este proceso es el mismo para todos los modelos, no obstante el tiempo que toma conectar las mangueras de la máquina a las purgas o sangradores del vehículo puede varias por la complejidad de conexión de cada modelo. En adición, se debe mencionar que todos los modelos analizados poseen cuatro purgas a excepción del Grand Vitara 3P que sólo posee tres.

### **Operación 11. Cambiar líquido de embrague**

El cambio de líquido de embrague sólo se realiza en modelos con caja manual. Adicionalmente, se debe mencionar que el Aveo y el Grand Vitara 2.0 SZ poseen el reservorio

del líquido de frenos compartido con el del líquido de embrague. Por esta razón, cuando se hace cambio de líquido de frenos se está cambiando implícitamente el de embrague también. Por otro lado, esta operación no se realiza en el Vitara Básico ni en el Spark que tienen sistema de embrague por cable. En resumen, el cambio de líquido de embrague se realiza en Luv D–Max gasolina y diesel, Grand Vitara 1.6 y Grand Vitara 2.0.

### **Operación 12. Cambiar aceite de caja manual**

En lo que concierne al cambio de aceite de caja manual es un proceso simple que se realiza de igual forma en la mayoría de los modelos bajo estudio. La única excepción es el Aveo, donde se debe retirar y limpiar todo el cárter para efectuar el cambio de aceite, a diferencia del resto de modelos donde sólo se debe retirar el tapón. En adición, por la necesidad de retirar el cárter se debe reemplazar el mismo en caso de que se rompa durante el proceso. En ocasiones se puede también colocar silicona a manera de empaque.

### **Operación 13. Cambiar aceite de caja automática**

El cambio de aceite de caja automática se realiza únicamente en Luv D-Max 3.5 y Grand Vitara SZ. Esta operación no presenta variaciones para ninguno de los dos modelos. Se debe recalcar, que a diferencia de la operación de cambio de aceite de caja manual, el cambio de aceite de caja automática necesita de varias operaciones adicionales que aumentan su tiempo de ejecución.

### **Operación 14. Cambiar banda de distribución y templador**

Esta operación es una de las más complejas dentro de los planes de mantenimiento preventivo porque exige el desmontaje de varias piezas dentro del compartimiento del motor. Por esta razón, su duración varía entre 1 a 2 horas dependiendo del modelo. En la Luv D-Max diesel, Grand Vitara 2.0 y Grand Vitara 2.0 SZ no se realiza el cambio de banda de distribución y templador porque poseen en su lugar una cadena de distribución. En el Spark y Aveo se debe sacar la base del motor para poder efectuar el reemplazo de la banda de distribución lo que aumenta considerablemente el tiempo de ejecución de la operación a comparación de los otros modelos. Asimismo, se observa que el proceso se complica en el Aveo porque al tener doble árbol de levas el número de puntos de referencia para colocar la



banda de distribución aumenta (tres puntos). En los otros modelos sólo se tiene un árbol de levas y dos puntos de referencia.

#### **Operación 15. Cambiar banda de accesorios**

El cambio de banda de accesorios no presenta variaciones significativas que deban mencionarse.

#### **Operación 16. Cambiar termostato**

El cambio de termostato se debe efectuar antes que el cambio de refrigerante para asegurar que el sistema esté frío y no exista riesgo para los técnicos. Pequeñas variaciones existen al momento de desmontar el ducto a la entrada del radiador por la distinta configuración entre modelos, sin embargo, no son significativas.

#### **Operación 17. Cambiar refrigerante**

El cambio de líquido refrigerante no presenta variaciones en ninguno de los modelos. Al igual que en el caso del cambio de líquido de dirección hidráulica, este proceso se puede realizar con ayuda de una máquina de intercambio de fluidos por lo que el análisis se presenta tomando en cuenta este hecho.

#### **Operación 18. Cambiar aceite de transfer**

Esta operación se realiza sólo en modelos 4X4.

#### **Operación 19. Cambiar aceite de diferencial posterior**

El cambio de aceite de diferencial posterior se realiza en todos los modelos bajo estudio excepto en el Aveo y el Spark. La única diferencia importante durante el proceso es que en ciertos vehículos de los modelos Luv D-Max 2.4 y 3.0 se debe retirar la tapa completa del diferencial posterior para poder drenar el aceite usado, mientras que en el resto sólo se debe retirar el tapón del diferencial posterior. Si se retira la tapa, adicionalmente se debe inspeccionar el empaque para reemplazarlo o colocar silicona en su lugar si es necesario.

**Operación 20. Cambiar aceite de diferencial delantero**

Esta operación se realiza sólo en modelos 4X4. La única variación presente es que en los modelos Grand Vitara SZ se debe retirar un protector plástico bajo el motor para poder alcanzar el diferencial delantero

**Operación 21. Reajustar suspensión**

La operación de reajuste de suspensión no presenta variaciones para ninguno de los modelos bajo estudio.

**Operación 22. Cambio Filtro de Ventilación**

El procedimiento para el cambio de filtro de ventilación es el mismo para todos los modelos bajo estudio. Con excepción de toda la familia de los Grand Vitara donde se debe usar un destornillador plano para sacar la guantera, en los demás modelos sólo se debe retirar la misma jalando. Se debe señalar que en la Luv D-Max Gasolina y Diesel y en el Vitara Básico no se realiza esta operación porque no poseen filtro de ventilación.

**Operación 23. Lubricar cubos de rueda libre, puntos de eje**

Esta operación se realiza exclusivamente en Luv D-Max gasolina y diesel. Se considera una operación rara porque casi nunca se la ejecuta.

**Operación 24. Revisar A/C por cargas y posibles fugas**

La operación de revisión de A/C por cargas y posibles fugas no presenta variaciones para ninguno de los modelos bajo estudio.

**Operación 25. Limpiar y lubricar mecanismos de puertas y ventanas**

La operación de limpieza y lubricación de mecanismos de puertas y ventanas no presenta variaciones para ninguno de los modelos bajo estudio.

**Operación 26. Balancear ruedas**

La operación de balanceo de ruedas no presenta variaciones para ninguno de los modelos bajo estudio.

### Operación 27. Alinear ruedas

Para la Luv D-Max 4X4 gasolina y diesel existe una actividad adicional en la alineación de ruedas. Estos modelos poseen una barra de torsión en la parte inferior delantera del vehículo que debe ajustarse para nivelar el mismo. Para el resto de modelos no existen observaciones.

## 4.3 Generación de Tablas de Mediciones Críticas

Se detectó adicionalmente la necesidad de desarrollar tablas de mediciones críticas para que esta información esté disponible oportunamente para los técnicos en caso de requerirlo. Las mediciones críticas se dan en ciertas operaciones que involucran ajustes o mediciones específicas para cada vehículo. En la actualidad, se observa que los técnicos realizan estas actividades cruciales basados solamente en la memoria o criterio personal, mas no en las especificaciones de cada uno de los modelos.

Por ésta razón, se recomienda dotar de esta información a cada una de las bahías de trabajo con el objetivo de minimizar posibles errores o daños en los vehículos. Información para la generación de las tablas de mediciones críticas se puede obtener de la base de datos “Service Information” de Chevrolet y de los manuales de cada vehículo. La Tabla 4-1, Tabla 4-2, Tabla 4-3, Tabla 4-4 y la Tabla 4-5 muestran ejemplos de las mediciones críticas sugeridas para la ejecución de los mantenimientos de tres de los modelos bajo estudio.

**Tabla 4-1** Ejemplo de tabla de calibración de bujías.

<b>TABLA DE CALIBRACIÓN DE BUJÍAS</b>				
<b>CATEGORÍA</b>	<b>MODELO</b>	<b>TIPO DE BUJÍA</b>		<b>CALIBRACIÓN (PULGADAS)</b>
<b>1: HASTA 1800 CC</b>	AVEO 1.4	NGK	BKR6E - 11	0.039 - 0.043
	AVEO 1.6	NGK	BKR6E - 11	0.039 - 0.043
	SPARK 1.0	AC DELCO	BPR5EY-11	0.039 - 0.043

Fuente: Creación propia basada en SI Chevrolet.

**Tabla 4-2** Ejemplo de tabla de espesor mínimo de ferodos de pastillas y zapatas.

<b>TABLA DE ESPESOR MÍNIMO DE FERODOS</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>MODELO</b>	<b>PASTILLAS</b>	<b>ZAPATAS</b>
<b>1: HASTA 1800 CC</b>	AVEO 1.4	2 mm	0.5 mm
	AVEO 1.6	2 mm	0.5 mm
	SPARK 1.0	8 mm	1.0 mm

Fuente: Creación propia basada en SI Chevrolet.

**Tabla 4-3** Ejemplo de tabla de capacidades de líquidos y lubricantes.

<b>TABLA DE CAPACIDADES DE LÍQUIDOS Y LUBRICANTES (LITROS)</b>																	
CATEGORÍA	MODELO	MOTOR		CAJA DE CAMBIOS (TRANSMISIÓN)		DIRECCIÓN HIDRAÚLICA		CAJA TRANSFERENCIA		DIFERENCIAL DELANTERO		DIFERENCIAL POSTERIOR		LÍQUIDO DE EMBRAGUE Y FRENOS		REFRIGERANTE	
		TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.	TIPO	CAP.
<b>1: HASTA 1800 CC</b>	AVEO 1.4	SAE 5W-30	3.75	SAE 75W-90	1.80	DEXTRON® II-D	1.10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DOT-3	0.5	DEX-COOL®	L95 : 6
		API SM												DOT-4			LDT: 6.3
		ILSAC GF-IV															
	AVEO 1.6	SAE 5W-30	3.75	SAE 75W-90	1.80	DEXTRON® II-D	1.10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DOT-3	0.5	DEX-COOL®	LXT : 6
		API SM												DOT-4			LXV: 6.3
		ILSAC GF-IV															
	SPARK 1.0	SAE 10W-30	2.70	SAE 75W-85	2.10	DEXTRON® II-D	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DOT-3	0.45	Refrigerante con base fosfato	3.80
		API SM												DOT-4			
		ILSAC GF-IV															

Fuente: Creación propia basada en SI Chevrolet.

**Tabla 4-4** Ejemplo de tabla de torques y tapones de cárter .

<b>TABLA DE TORQUES TAPONES CÁRTER</b>		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>MODELO</b>	<b>TORQUE (LIBRAS-PIE)</b>
<b>1: HASTA 1800 CC</b>	AVEO 1.4	L95: 40
		LDT: 29.5
	AVEO 1.6	LXT: 40
		LXV: 29.5
	SPARK 1.0	26

Fuente: Creación propia basada en SI Chevrolet.

**Tabla 4-5** Ejemplo de tabla de presiones de llantas de vehículos.

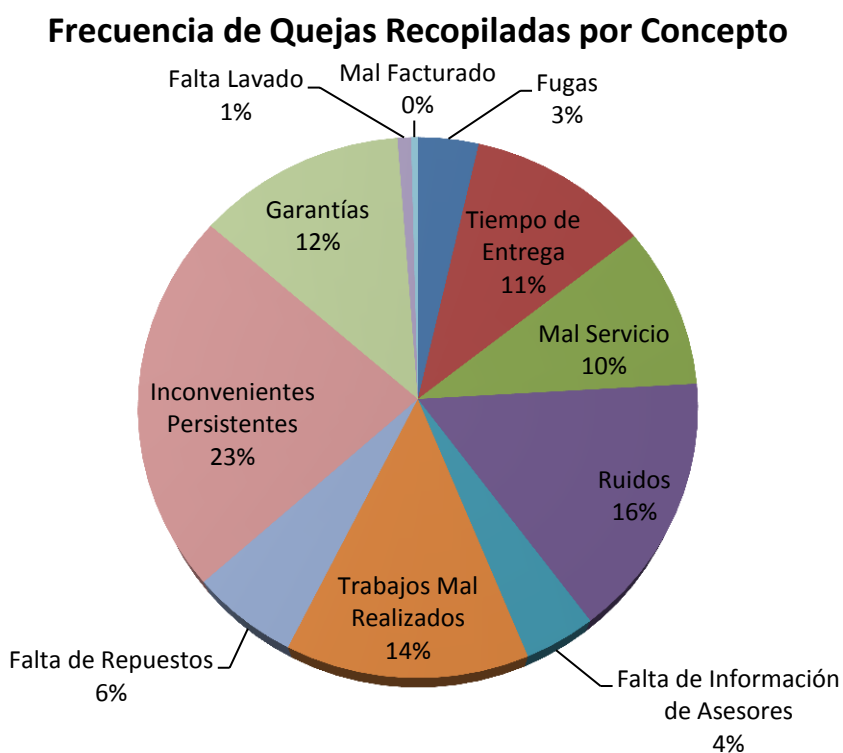
<b>TABLA DE PRESIONES DE LLANTAS VEHÍCULOS</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>MODELO</b>	<b>TIPO DE NEUMÁTICO</b>	<b>PRESIÓN (LIBRAS)</b>
<b>1: HASTA 1800 CC</b>	AVEO 1.4	155 / 80 / R13	30
		185 / 60 / R14	
		185 / 55 / R15	
	AVEO 1.6	155 / 80 / R13	30
		185 / 60 / R14	
		185 / 55 / R15	
	SPARK 1.0	145 / 70 / R13	30
		155 / 65 / R13	
		155 / 70 / R13	

Fuente: Creación propia basada en SI Chevrolet.

En base a un análisis realizado con personal de GM y AUTOCONSA, se determinó que estas mediciones críticas son: calibración de bujías; capacidades de aceite de motor, aceite de caja manual o transmisión, líquido de dirección hidráulica, aceite de transfer o caja de transferencia, aceite de diferencial delantero y posterior, líquido de frenos y embrague, y refrigerante; presión de llantas; torque de tapón de cárter; torque del tapón de diferencial delantero y posterior; y espesor mínimo de pastillas y zapatas.

Adicionalmente, se analizaron las quejas que los clientes presentaron, durante los meses de enero, febrero y marzo del presente año, luego de retirar sus vehículos de talleres automotrices

Chevrolet. Este análisis se utilizó con el objetivo de descubrir fallas o defectos encontrados en los vehículos causados por discrepancias con las especificaciones del modelo al momento de realizar el mantenimiento para incluirlas en estas tablas. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 4-1, no se obtuvo mucha información del análisis pues la mayoría de las quejas corresponden a: inconvenientes persistentes, ruidos y trabajos mal realizados (porque no cumplieron con las expectativas del cliente). Apenas el 3% de las quejas están relacionadas con fugas de líquidos. Esto corrobora el hecho de que la precisión en el ajuste de tapones es crítica para evitar que los mismos se aíslen o queden flojos causando fugas. Las tablas de mediciones críticas deben ser de fácil acceso para los técnicos por lo que se recomienda dotar de éstas a cada bahía o grupo de bahías adyacentes, dependiendo de la configuración del taller.



Fuente: Documentos Internos, GM.

**Figura 4-1** Frecuencia de quejas de clientes de talleres Chevrolet, recopiladas por concepto de la base de datos del Call Center de GM.

## **4.4 Guía para la Adecuación de la Bahía de Servicio Rápido**

Como se mencionó con anterioridad, las cuatro bahías disponibles para realizar la implementación de la propuesta están mejor equipadas que el resto de puestos de trabajo, ya que, disponen de un kit completo de herramientas y de líneas neumáticas para dispensar agua, aceite y para alimentar la pistola neumática. La presente guía para la adecuación de las bahías de servicio rápido sigue la metodología de las 5S's. Ésta pretende complementar la secuencia estandarizada de los mantenimientos ya que una bahía en mal estado no contribuye a agilizar el proceso de ejecución de los mismos. Como se mencionó con detalle en el Capítulo II, esta metodología consta de 5 partes que serán desarrolladas a continuación: Seiri (Clasificación), Seiton (Organización), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina).

### **Seiri (Clasificación)**

En esta primera etapa se determinaron las herramientas y equipos necesarios en cada bahía para realizar todo tipo de mantenimiento limpio desde 10 000 Km hasta 100 000 Km sin contar con el mantenimiento de 65 000 Km (que no forma parte del estudio actual como se podrá ver en la sección 4.6.2). Es fundamental que se disponga únicamente de estos elementos ya que de otra forma se contribuiría con el desorden y el desperdicio. La lista de herramientas y de equipos necesarios se elaboró recopilando la información de las hojas de herramientas y equipos (Ver Anexo C) de cada operación analizada. A continuación se presentan las listas de artículos requeridos:

### **Lista de herramientas necesarias para cada técnico**

1. 1 juego de llaves mixtas
2. 1 juego de llaves hexagonales en L
3. 1 juego de torxs en L
4. 1 juego de rachas de mando 1/2 con su respectivo aumento corto, aumento largo y media vuelta



5. 1 juego de rachas de mando 1/4 con su respectivo aumento corto, aumento largo y media vuelta
6. 1 juego de destornilladores planos
7. 1 juego de destornilladores estrella
8. 1 martillo de goma
9. 1 martillo normal
10. 1 limpiabornes de batería
11. 1 regla
12. 1 calibrador de láminas
13. 1 tiza
14. 1 cinta de teflón
15. 1 faja para sacar filtros
16. 1 lámpara de prueba
17. 1 tubo de silicona gris
18. 1 brocha pequeña
19. 1 torquímetro
20. 1 playo de presión
21. 1 playo de extensión
22. 1 playo normal
23. 1 pinza
24. 1 cortafrío
25. 1 hexágono 5 en racha
26. 1 hexágono 8 en racha
27. 1 hexágono 10 en racha
28. 1 hexágono 12 en racha
29. 1 torx 30 en racha
30. 1 torx 40 en racha
31. 1 torx 45 en racha
32. 1 copa 18 en racha
33. 1 copa 20 en racha
34. 1 copa 21 en racha

35. 1 reducción de mando de 1/2 a 3/8
36. 1 cepillo de alambre
37. 1 espátula
38. Trapos

### **Lista de equipos necesarios en cada bahía de trabajo**

1. 1 equipo limpia inyectores con tres acoples
2. 1 extractor de líquido de frenos
3. 1 elevador de tijera
4. 2 recolectores de aceite
5. 1 bomba de aceite 75W90
6. 1 bomba de aceite 80W90
7. 1 carrito para la balanceadora
8. 2 extensiones de luz o 2 linternas
9. 2 líneas neumáticas
10. 1 línea de agua
11. 1 línea eléctrica
12. 1 línea de aceite
13. 2 pistolas neumáticas
14. 2 pistolas de aire para sopletar
15. 2 manómetros
16. 2 multímetros
17. 1 densímetro para batería
18. 2 profundímetros

### **Lista de insumos necesarios en cada bahía de trabajo**

1. Galón de agua
2. Frasco de grasa
3. Desengrasante
4. Agua destilada
5. Spray de silicón sintético

6. Spray limpiador de batería
7. Spray silenciador de frenos
8. Spray de grasa

#### **Lista de otros elementos necesarios en la bahía de trabajo**

1. 4 bandejas rectangulares metálicas imantadas para colocar en cada brazo del elevador
2. 1 basurero plástico por bahía
3. Fundas plásticas para guardar los repuestos viejos y colocarlos dentro del vehículo una vez finalizado el mantenimiento
4. Tarjetas de aceite
5. 1 caja de herramientas móvil por técnico con protección de caucho en el perímetro de la misma para evitar rayones en los vehículos
6. 1 mesa fija de trabajo por bahía con ganchos para poner herramientas o equipo de protección personal durante la ejecución de los mantenimientos
7. Protectores de piso para auto
8. Cobertor de guardafangos
9. Gaveta para aerosoles
10. Tabla de mediciones críticas (mencionada anteriormente en la Sección 4.3)
11. 2 tinas recolectoras
12. 2 embudos

Toda herramienta, equipo o equipo de protección personal que no conste en estas listas no debe estar en la bahía de mantenimiento ya que su frecuencia de uso no amerita destinarle un espacio definido. En caso de hacerlo, sólo constituirían espacio desperdiciado para herramientas inutilizadas y contribución al desorden. Se sugiere tener una reserva de estas herramientas usadas muy esporádicamente fuera de cada bahía, en la bodega de herramientas especiales del concesionario.

### Seiton (Organización)

Las bahías de mantenimiento rápido están muy bien equipadas y se mantienen ordenadas gracias a la cultura organizacional de limpieza diaria que tiene la empresa. Tomando en cuenta la comodidad de los operarios, su seguridad y ciertos criterios para agilizar el proceso de mantenimiento, en esta fase de las 5S's se proponen ciertas consideraciones para mejorar la ubicación de los equipos, herramientas y materiales. En la actualidad, cada técnico dispone de una caja de herramientas móvil (ver Figura 4-2) lo que resulta práctico al momento de realizar el mantenimiento para que la fuente de herramientas se mantenga siempre junto al técnico, evitando desplazamientos innecesarios.



**Figura 4-2** Caja de herramientas móvil disponible en cada una de las bahías de mantenimiento.

En cuanto a la distribución de las herramientas dentro de la caja, se sugiere implementar una alfombra magnetizada en la base de cada cajón con el objetivo de que las herramientas se adhieran de mejor manera a la base, manteniendo siempre su puesto. Es importante tomar en cuenta que los juegos de herramientas deben almacenarse juntos para evitar pérdidas y mejorar el control. Adicionalmente, se sugiere que las herramientas personales de cada una de las cajas de los técnicos se marquen para evitar confusiones o pérdidas.

Adicionalmente, se considera una buena práctica, dentro de AUTOCONSA, la de colocar ganchos (de preferencia extraíbles) en las paredes laterales de la caja de herramientas (ver Figura 4-3), de modo que los técnicos tengan un lugar en donde dejarlas, en caso de ser necesario, durante la ejecución de los mantenimientos. Además, se debe mencionar que la caja de herramientas acertadamente dispone de un recubrimiento de caucho alrededor de la misma para proteger a los vehículos de posibles rayones. Sin embargo, la barra metálica que asegura los cajones de la caja de herramientas no está protegida y puede ocasionar rayones durante los mantenimientos ya que queda suelta cuando se la cuelga en un costado de la misma (ver Figura 4-4). Se propone una solución a este problema asignándole otro lugar a la barra de seguridad mencionada. Ésta podría ser colgada junto a la mesa fija de trabajo mientras la caja esté siendo usada.



**Figura 4-3** Ganchos extraíbles para colgar herramientas ubicados en la pared lateral de la caja de herramientas.



**Figura 4-4** Barra metálica para asegurar los cajones de la caja de herramientas.

Finalmente, en esta etapa se propone equipar a cada bahía con 4 bandejas magnetizadas para colocar las tuercas u otros elementos metálicos pequeños durante la revisión de frenos y otras operaciones. Estas bandejas deben ir ubicadas en las cuatro patas del elevador de tijeras (ver Figura 4-5). En la actualidad, los técnicos retiran los pernos de las ruedas y los dejan sobre cada una de las patas para que se mantengan al alcance de la mano. Sin embargo, esta práctica produce que las piezas se caigan frecuentemente. Como resultado, se obtienen desperdicios en movimientos al recoger o buscar piezas caídas. Se conoce que a algunos técnicos se les ha proveído de esta bandeja, sin embargo, su uso es casi nulo, por tanto es necesario dar a conocer sus beneficios para así incentivar su utilización.



**Figura 4-5** Bandejas magnetizadas ubicadas en las patas del elevador de tijeras para colocar los pernos de las ruedas.

### **Seiso (Limpieza)**

Cabe recalcar que la cultura organizacional de AUTOCONSA en cuanto a orden y limpieza es muy buena ya que los técnicos mantienen sus herramientas lo más ordenadas posible durante la jornada laboral, al final de la cual deben dejar la bahía de trabajo en perfectas condiciones. Sin embargo, estas recomendaciones generales pueden ser de gran ayuda para todo concesionario en el que se pretenda aplicar la presente propuesta.

Es indispensable incentivar la limpieza dentro de la organización destinando tiempos específicos para limpiar las instalaciones durante la jornada laboral. Por ejemplo, AUTOCONSA destina 30 minutos al final de cada día para arreglar la caja de herramientas y limpiar la bahía de trabajo. Sin embargo, para facilitar esta tarea, los técnicos saben que deben mantener el orden durante cada mantenimiento y por tanto limpian su puesto de trabajo inmediatamente en caso de darse algún derrame u otro accidente que ensucie el lugar.

Para facilitar estas actividades de limpieza se recomienda que el piso del taller sea antideslizante y fácil de limpiar. De esta manera se evitan accidentes y posibles caídas, manteniendo el orden y la limpieza de todas las bahías de trabajo.

### **Seiketsu (Estandarización)**

Con el objetivo de estandarizar los procesos de clasificación, organización y limpieza se propone colocar etiquetas de identificación al equipo en la bahía de trabajo. De esta manera se define un lugar para cada artículo manteniendo siempre el orden. En adición, la bahía debe contar con un lugar específico para las órdenes de trabajo de manera que éstas no se ensucien y se puedan leer con claridad.

Se sugiere identificar la totalidad de los elementos dentro de la bahía de trabajo con etiquetas que indiquen su nombre y faciliten su ubicación. En la actualidad se ha encontrado que dentro del taller esta práctica es insuficiente ya que no todos los ítems están correctamente señalizados. La Figura 4-6 y Figura 4-7 b) muestran elementos adecuadamente etiquetados. Sin embargo, se puede notar que la Figura 4-7 a) corresponde a una gaveta sin etiquetar en una de las cuatro bahías de servicio rápido, mientras que la Figura 4-7 b) muestra la misma gaveta etiquetada en otra bahía.



**Figura 4-6** Ejemplo de elemento señalizado dentro de la bahía de trabajo.





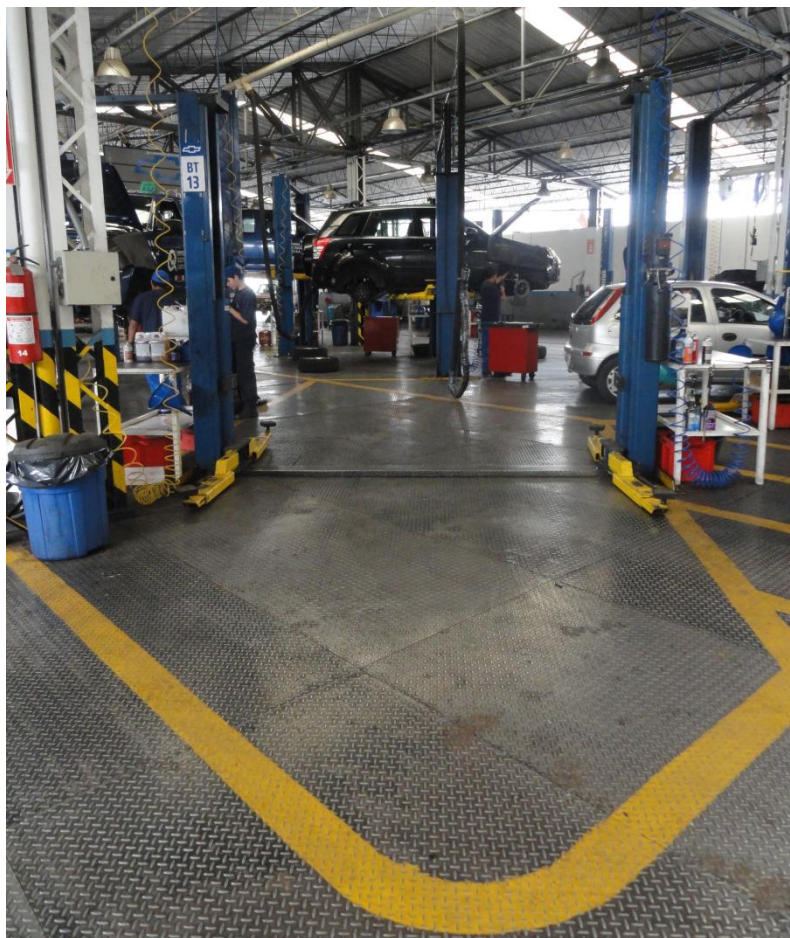
a)



b)

**Figura 4-7** Gavetas para almacenar sprays y solventes a) sin señalar b) correctamente señalizada.

Además, una muy buena práctica actual que mantiene AUTOCONSA es la correcta delimitación de las bahías de servicio rápido (Ver Figura 4-8), áreas de seguridad y equipos de seguridad. No obstante, se ha visto que el puesto fijo de los equipos y otros elementos como basureros, bandejas, etc., dentro de las bahías, no están delimitados correctamente por lo que se recomienda hacerlo.



**Figura 4-8** Bahía de servicio rápido correctamente delimitada.

Es recomendable establecer un procedimiento de evaluación e inspección frecuentes para mantener la limpieza y el orden de las instalaciones. Una buena práctica dentro del taller es la asignación de tareas de limpieza de las áreas comunes de forma rotativa. Así, se turnan las actividades de limpieza diaria entre los trabajadores para que la carga de trabajo esté equilibrada.

### **Shitsuke (Disciplina)**

Con el propósito de garantizar el adecuado funcionamiento de este proyecto, es necesario contar con el compromiso de la gerencia y los trabajadores. Además, se requiere aplicar algunas políticas que permitan controlar el desempeño de la organización en relación a la metodología de las 5S's.

Para lograr la estandarización es importante involucrar tanto a los técnicos como a la gerencia de la empresa para que estén al tanto de los cambios que se ejecutarán y las ventajas que éstos traerán. Se puede asegurar que la presente tesis se ha realizado con gran involucramiento de los técnicos y de la gerencia ya que éstos están al tanto de todos los avances y los cambios a realizarse.

#### **4.5 Recomendaciones para la Aplicación del Método**

La aplicación del método propuesto requiere tener en cuenta ciertas consideraciones para su desempeño exitoso. En primer lugar, es importante tener presente que al momento de estructurar las actividades existen excepciones o diferencias de configuración en ciertos modelos. Esto provoca que existan variaciones entre un modelo y otro para la misma actividad.

La comunicación entre los técnicos es un elemento básico para la aplicación exitosa del método. Esto es fundamental en la mayoría de las actividades a realizarse ya que se trabaja en equipo. Un ejemplo notable es la revisión inicial de luces y del funcionamiento de limpiaparabrisas ya que se debe efectuar entre los dos técnicos con el capó cerrado para aumentar la efectividad de comunicación entre los mismos y adicionalmente comprobar el correcto funcionamiento de los surtidores de agua de los limpiaparabrisas.

Es por esto que se debe buscar técnicos afines en cuanto a intereses en común para la formación de los equipos de trabajo. Se recomienda usar evaluaciones periódicas para comprobar la efectividad del equipo de trabajo y su acoplamiento. En adición, se propone que, una vez encontradas parejas afines, éstas se mantengan para fomentar la confianza, coordinación y un buen clima laboral.

Otra recomendación relevante es que los técnicos deben evitar en todo momento cruzar los cables de la línea neumática de un lado a otro para evitar tropiezos y posibles accidentes. Para

esto, se propone que la bahía conste con una línea neumática a cada lado que pueda servir a dos técnicos simultáneamente. Cabe recalcar que los técnicos deben utilizar estrictamente la pistola que corresponda al lado que se está trabajando. Para facilitar esta actividad, una vez usadas, las pistolas se pueden colgar en ganchos especialmente ubicados en las patas del elevador de tijeras (ver Figura 4-9).



**Figura 4-9** Ganchos ubicados en las patas del elevador de tijeras para colgar las pistolas neumáticas.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que la estructuración de la secuencia de actividades estandarizadas no es estrictamente rígida. Es decir, si uno de los técnicos termina su trabajo primero que otro y existe un desfase, ese técnico debe brindar ayuda y soporte al otro para poder continuar con la siguiente fase; o alistar los implementos necesarios para la misma.

El conocimiento de la secuenciación estandarizada por parte de los técnicos permitirá evitar errores comunes como olvidarse de retirar el freno de mano o de abrir capó en una u otra operación que lo requiera. Estos errores pueden ocasionar movimientos innecesarios como regresar a cabina o subir y bajar el vehículo repetidas veces, lo que produce reprocesos o desperdicios.

Es importante también tener conciencia de las actividades que impiden el flujo esperado de vehículos en las bahías de servicio rápido. Un ejemplo claro de esto es la necesidad de solicitar autorización para cambio de repuestos al cliente. En estos casos el técnico debe contactarse con el asesor, el mismo que se encarga de pedir la autorización al cliente.

Durante la implementación del método es fundamental mantener a los técnicos al tanto del proyecto para evitar resistencia, rumores o malos entendidos. Adicionalmente, se debe considerar reestructurar la forma de pago para no perjudicar a los técnicos e incentivar la aceptación del método.

En adición, es indispensable rotar la secuencia de trabajo periódicamente entre los técnicos dentro de un mismo equipo. De esta manera, se contribuye con el crecimiento profesional de los técnicos y se evita la monotonía de ejecutar un mismo trabajo todo el tiempo. Todas estas consideraciones contribuirán significativamente a obtener resultados óptimos con la aplicación del método propuesto. Finalmente, una vez implementado el método, éste se debe evaluar constantemente en conjunto con los técnicos para encontrar oportunidades de mejora o inconsistencias.

## **4.6 Hojas de Trabajo Estandarizado**

### ***4.6.1 Consideraciones para la Estructuración de la Secuencia de los Planes de Mantenimiento con Dos Técnicos***

El objetivo de la estandarización de la secuencia con dos técnicos para cada uno de los planes de mantenimiento de los vehículos bajo estudio, es lograr la reducción de la duración de éstos mantenimientos para mejorar el nivel de servicio al cliente y aumentar el flujo de vehículos en cada una de las bahías de trabajo. Para este efecto, se debe balancear adecuadamente la carga de trabajo de cada uno de los técnicos tomando en cuenta la duración y la dificultad de cada operación que se les asigna. La mayoría de las heurísticas y modelos

existentes para balanceo de líneas están enfocadas a estaciones de trabajo dentro de líneas de producción como la presentada en la Sección 2.4.1 dentro del marco teórico del proyecto.

Por la naturaleza del trabajo que debe realizarse durante el mantenimiento preventivo de un vehículo, existen muchas restricciones y consideraciones que estos modelos no toman en cuenta. Por esta razón, se encuentra ineficiente la utilización de las mismas para la creación de las secuencias de mantenimiento. En su lugar se utiliza un método lógico que ha sido cuidadosamente estructurado para las necesidades de este proyecto.

En primer lugar, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para la estructuración de las secuencias:

- La secuencia de trabajo debe ser dividida en tres niveles de acuerdo a la altura en la cual se efectúan las operaciones. Estos niveles son: piso, medio y alto.
- El trabajo de los dos técnicos debe ser simultáneo. Es decir, la secuencia debe estructurarse de tal forma que el tiempo de desocupación de uno u otro técnico en cada uno de los niveles sea el mínimo posible. Se debe tratar de que el tiempo de ejecución del conjunto de operaciones asignadas a un técnico sea similar al tiempo de ejecución de las operaciones del otro técnico, en cada uno de los diferentes niveles.
- De acuerdo a la naturaleza de las operaciones se debe tratar de balancear la carga de trabajo entre los dos técnicos, de tal forma que no se asignen las tareas más pesadas o complicadas a uno sólo.
- Asimismo, tomando en cuenta el lugar del vehículo donde debe realizarse cada una de las operaciones se debe sectorizar el trabajo de forma que un técnico no tenga la necesidad de ocupar el mismo espacio físico que el otro. Estos sectores dependen del nivel en el que se esté trabajando. A nivel piso se trabaja en el compartimiento del motor, la cabina y el resto del vehículo; a nivel medio y alto el trabajo se divide en cuatro sectores: lado derecho, izquierdo, parte delantera y posterior.
- Los elementos de trabajo u operaciones no pueden ser divididos en tareas más pequeñas. Es decir, cada operación debe ser realizada enteramente por un sólo

técnico. Esta consideración está guiada a disminuir el desorden y confusión entre ellos. Además, pretende minimizar la posibilidad de errores al asignar la total responsabilidad de ejecución de una operación a un individuo. Se debe aclarar en este punto que para la operación de limpieza, regulación y revisión de frenos, cada una de las llantas se considera una unidad de trabajo por separado.

- Al analizar el conjunto de operaciones dentro del plan de mantenimiento que se esté estructurando, con ayuda de las hojas de elementos presentadas en el Anexo C, se debe identificar si existe alguna precedencia entre operaciones basadas en la naturaleza técnica de las mismas. Especial atención se debe prestar a tareas que deban ser realizadas con el vehículo encendido. Se recomienda dejarlas para el final del mantenimiento, pues la mayoría de las operaciones restantes se realizan con los sistemas fríos.
- Tareas como subir y bajar el elevador deben ser realizadas por cualquiera de los miembros del equipo de trabajo dependiendo de la cercanía de los mismos a la botonera del elevador de tijeras. Mientras que las tareas de revisar ajuste de tapas en el compartimiento del motor y retirar cobertor de guardafangos deben realizarse por el técnico que finaliza sus actividades en el compartimiento de motor.
- Por último, dentro de la estructuración de los planes de mantenimiento no se toman en cuenta aquellas operaciones que se realizan fuera de la bahía de trabajo y no son responsabilidad de los técnicos. A saber estas operaciones son: alineación, lavado y servicios tercerizados.

Adicionalmente a las operaciones presentadas en la Tabla 3-3, se debe considerar la inspección de los 18 puntos, que consiste en la revisión visual de los elementos básicos del vehículo y debe realizarse obligatoriamente dentro de la red de concesionarios Chevrolet en cada uno de los mantenimientos. En la Tabla 4-6 , se presenta a detalle todos los elementos que se inspeccionan. A pedido de GM, se tratará de ubicar la mayor parte de la inspección de los 18 puntos al inicio de la secuencia de mantenimiento, especialmente porque en un futuro se quiere lograr que el cliente presencie esta verificación y autorice el cambio de partes si es necesario, impulsando las ventas.

**Tabla 4-6** Elementos a inspeccionar durante la ejecución de los mantenimientos contemplados en la lista de verificación de los 18 puntos.

<b>INSPECCIÓN DE LOS 18 PUNTOS EN TALLERES GENUINOS CHEVROLET</b>					
CONCEPTO	NIVEL	PUNTOS A INSPECCIONAR	CONCEPTO	NIVEL	PUNTOS A INSPECCIONAR
<b>Inspección de Fugas de Líquidos</b>	Alto	Radiador de motor y mangueras	<b>Medidas de la Batería</b>	Piso	Estado de la batería (continuar uso o recargar)
		Fugas por motor (aceite/refrigerante)			Densidad de electrolito de batería
		Caja de dirección			Ajuste/limpieza de bornes y sujetador
		Guardapolvo semiejes delanteros (si aplica)			Voltaje de batería en apagado
		Mangueras y cañerías dirección			Voltaje de batería en ralentí
		Amortiguadores delanteros	<b>Revisión de Llantas</b>	Piso	Desgaste de llanta delantera LH
		Diferencial delantero (si aplica)			Desgaste de llanta delantera RH
		Caja de cambios (manual/automático)			Desgaste de llanta posterior LH
		Transfer (si aplica)			Desgaste de llanta posterior RH
		Sistema de combustible (filtro, cañerías, tanque)			Presión de llanta delantera LH
		Diferencial posterior (si aplica)			Presión de llanta delantera RH
		Guardapolvos semiejes posteriores (si aplica)			Presión de llanta posterior LH
		Amortiguadores posteriores			Presión de llanta posterior RH
		Sistema de escape			<b>Revisión Interior de Cabina</b>
Componentes de suspensión (mesas, ballestas, bujes)	Plumas delanteras				
<b>Revisión Visual de Desgaste de Frenos</b>	Medio	Discos de freno delanteros	Pluma posterior (si aplica)		
		Discos de freno posteriores (si aplica)	Fuerza de ventilación de calefacción		
		Tambores de freno (si es visible)	Temperatura de A/C		
		Inspeccionar fugas de cañerías y cilindros de freno	Controles de calefacción		
		Desgaste freno LH delantero	Ajuste del pedal de embrague		
		Desgaste freno RH delantero	Luces tablero y salón		
		Desgaste freno LH posterior	Número de dientes de freno de mano		
		Desgaste freno RH posterior	Ticket de aceite		
<b>Niveles de Líquidos y Estado de Bandas</b>	Piso	Líquido de frenos	Hora del reloj		
		Líquido de refrigeración	<b>Revisión de Luces</b>	Piso	Luces delanteras
		Líquido de dirección hidráulica			Luces posteriores
		Agua limpia parabrisas			Luces de freno
		Aceite de caja automática (si aplica)			Luces direccionales
		Banda de accesorios			Halógenos (si aplica)
		Banda alternador			
		Banda de dirección			

Fuente: Documentos Internos, AUTOCONSA.



#### 4.6.2 Planes de Mantenimiento por Kilometraje Excluidos del Proyecto

En un principio, el proyecto pretendía abarcar todos los planes de mantenimiento estipulados desde los 5 000 Km hasta los 100 000 Km para los modelos incluidos en el estudio. Sin embargo, durante la fase de creación de las hojas de elementos se encontró que ciertas operaciones no pueden ser realizadas dentro de las bahías de servicio rápido porque impiden el flujo requerido característico de estas bahías. El principal problema es el tiempo de duración de las mismas que sobrepasa la hora. En adición, la naturaleza de dichas operaciones no permite su división en elementos más pequeños para repartir el trabajo entre los dos técnicos y atacar este problema.

Además, se ha observado que son operaciones complejas que no permiten efectuar otras tareas simultáneamente. La decisión de retirar los planes de mantenimiento que incluyan estas operaciones fue de GM, porque se desviaban del objetivo del proyecto y de los intereses de la compañía. Las operaciones referidas, con su respectivo tiempo estándar de ejecución, se muestran en la Tabla 4-7 a continuación:

**Tabla 4-7** Lista de operaciones excluidas del proyecto debido a su falta de ajuste con el concepto de bahía de servicio rápido.

ID DE LA OPERACIÓN	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	Luv D- Max	Grand Vitara	Aveo	Spark	Vitara Básico
		T (horas)	T (horas)	T (horas)	T (horas)	T (horas)
14	Cambiar banda de distribución y templador	1 .35	1 .89	1 .90	1 .11	1 .90
15	Cambiar banda de accesorios	1 .10	0 .33	0 .54	0 .44	0 .95
16	Cambiar termostato	2 .00	0 .49	0 .50	0 .51	0 .40
23	Lubricar cubos de rueda libre y puntas de eje	1 .00	NA	NA	NA	NA

Fuente: Creación propia.

En lo que concierne a las operaciones 14, 15 y 16, se puede observar en la Tabla 3-6 que éstas están incluidas exclusivamente en el mantenimiento de 65 000 Km para todos los modelos bajo estudio. Esto quiere decir que la bahía de servicio rápido efectuará todos los

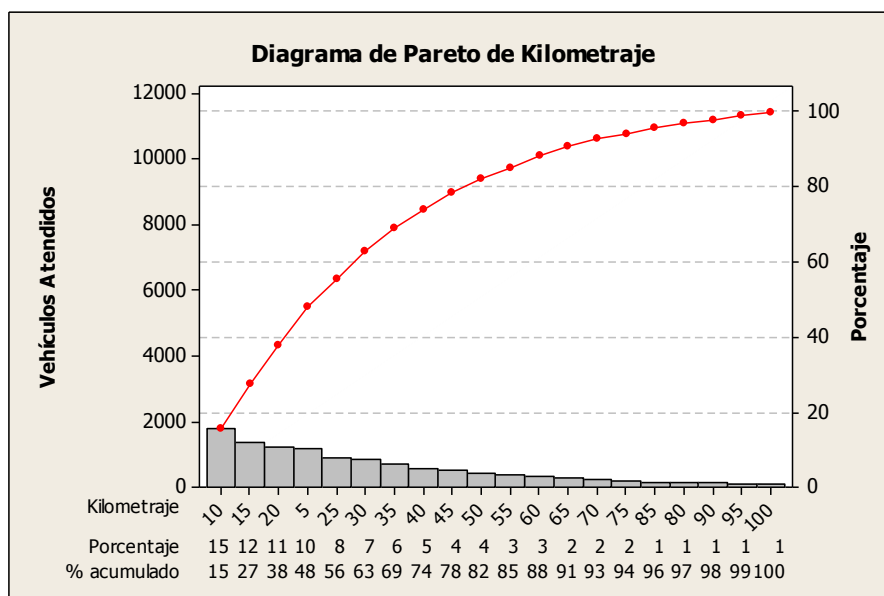
planes de mantenimiento exceptuando el de 65 000 Km. Con respecto a la operación 23, se ha observado que ésta se realiza sólo en los modelos Luv D-Max a gasolina y diesel en los kilometrajes de 30 000, 60 000 y 90 000 Km. De igual forma, estos planes de mantenimiento para Luv D-Max no serán efectuados dentro de las bahías de servicio rápido y no serán considerados dentro del proyecto.

Para evaluar el impacto de esta decisión se realizó un diagrama de Pareto mostrado en la Figura 4-10 con los datos de la cantidad de vehículos ingresados por concepto de mantenimiento preventivo al taller de AUTOCONSA en el periodo de un año (Marzo 2010 – Marzo 2011) por kilometraje desde los 5 000 Km hasta los 100 000 Km. En este diagrama se puede observar que, el 80% de los mantenimientos más frecuentes incluye solamente los kilometrajes desde 5 000 Km hasta 50 000 Km. En otras palabras, el mantenimiento de 65 000 Km no entra dentro del 80% acumulado, lo que quiere decir que no es parte de los mantenimientos más frecuentes dentro del taller. Sin duda, este hecho apoya la decisión tomada anteriormente.

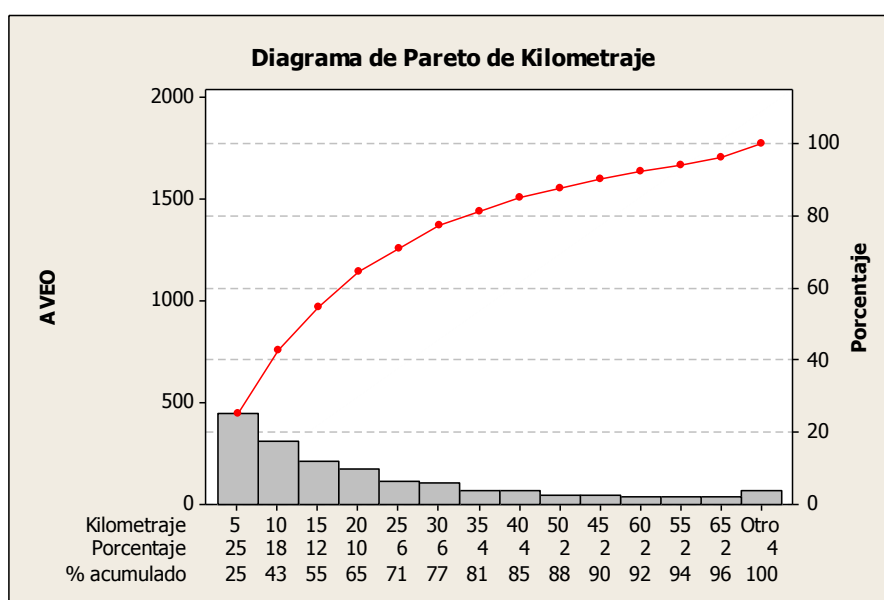
Con esta misma información, se obtuvieron diagramas de Pareto para cada uno de los modelos bajo estudio de tal forma que se pudieran conocer los mantenimientos por kilometraje más frecuentes. Estos diagramas se muestran en la Figura 4-11, Figura 4-12, Figura 4-13, Figura 4-14, Figura 4-15 y Figura 4-16 y corresponden a los vehículos Aveo, Grand Vitara 4 Cilindros 2.0, Luv D-Max gasolina, Vitara Básico y Grand Vitara 1.6, Luv D-Max diesel y Spark, respectivamente. Exceptuando el modelo Luv D-Max gasolina, los diagramas de Pareto por modelo muestran que los vehículos que acuden al concesionario con más frecuencia son los de todos los kilometrajes menores a 55 000 Km. Sólo para el caso de Luv D-Max gasolina el 80% de los mantenimientos más frecuentes incluyen kilometrajes más altos.

Este resultado fuera de lo normal se puede justificar por la existencia de acuerdos entre el concesionario y ciertas flotas de camionetas de organizaciones como la Policía Nacional y la Empresa Eléctrica de Quito, que incentivan el incremento de entradas de este tipo de vehículos al concesionario. Debido a estos acuerdos, los planes de mantenimiento para las flotas se

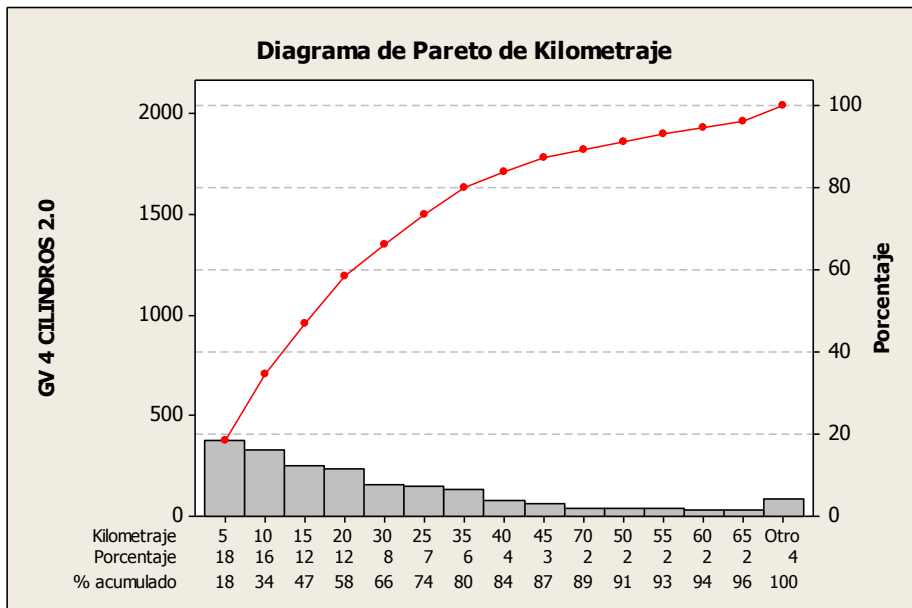
desvían de los analizados en el proyecto y sugeridos por GM, impidiendo la atención de estos vehículos en las bahías de servicio rápido. Por esta razón, se asume que el impacto de retirar estos planes de mantenimiento del proyecto no es significativo.



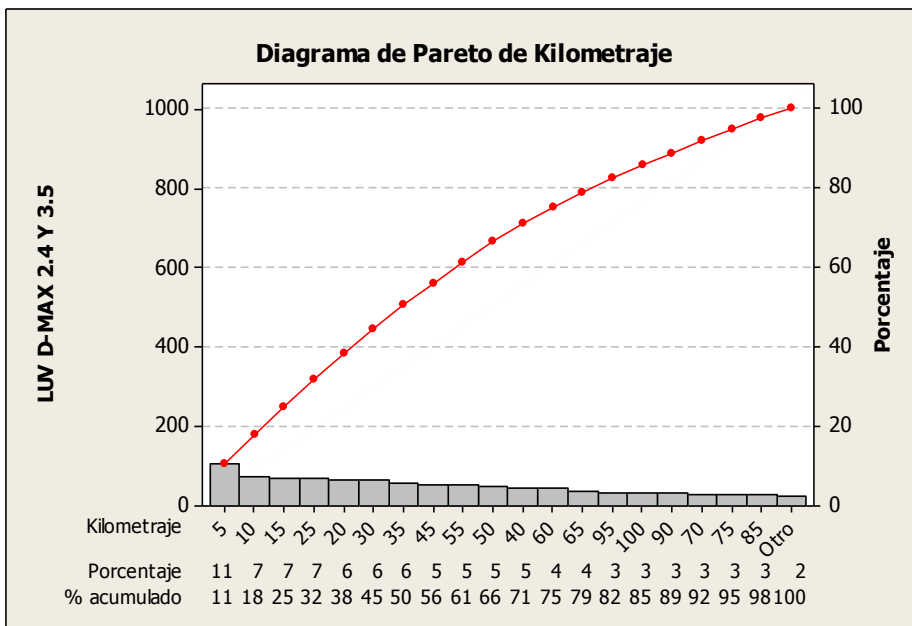
**Figura 4-10** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de todos los modelos bajo estudio en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



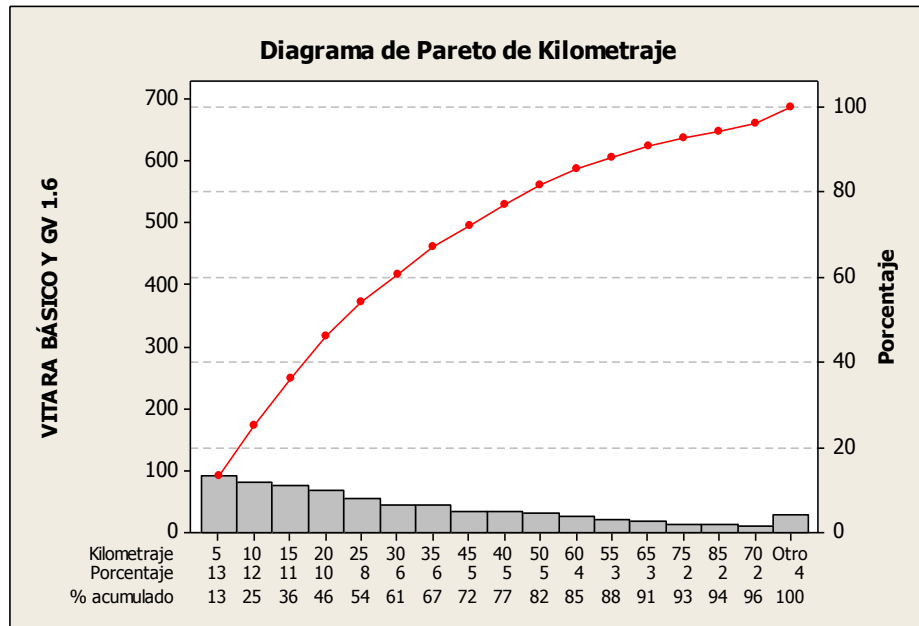
**Figura 4-11** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de AVEO en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



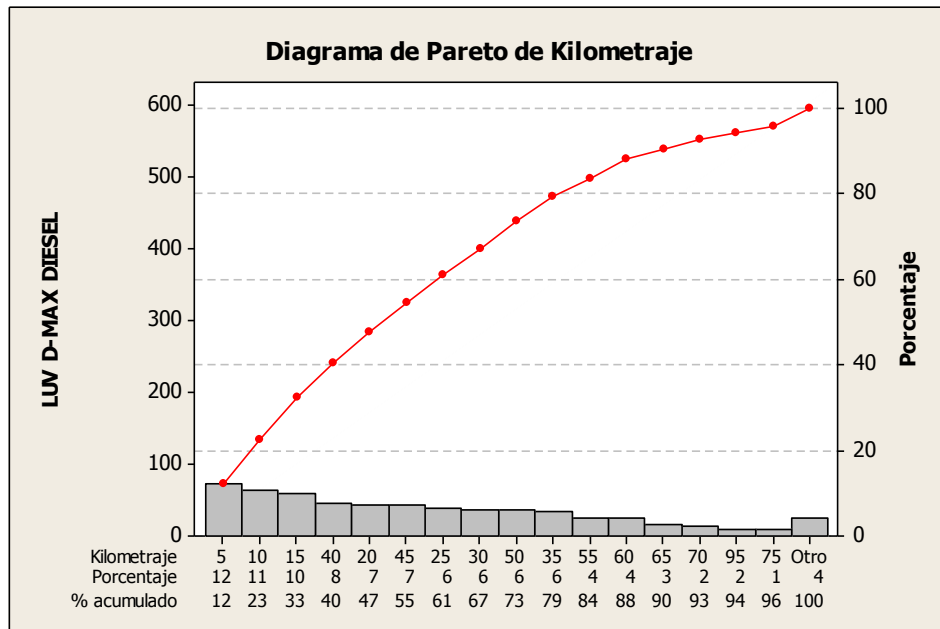
**Figura 4-12** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de GV 4 CILINDROS 2.0 en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



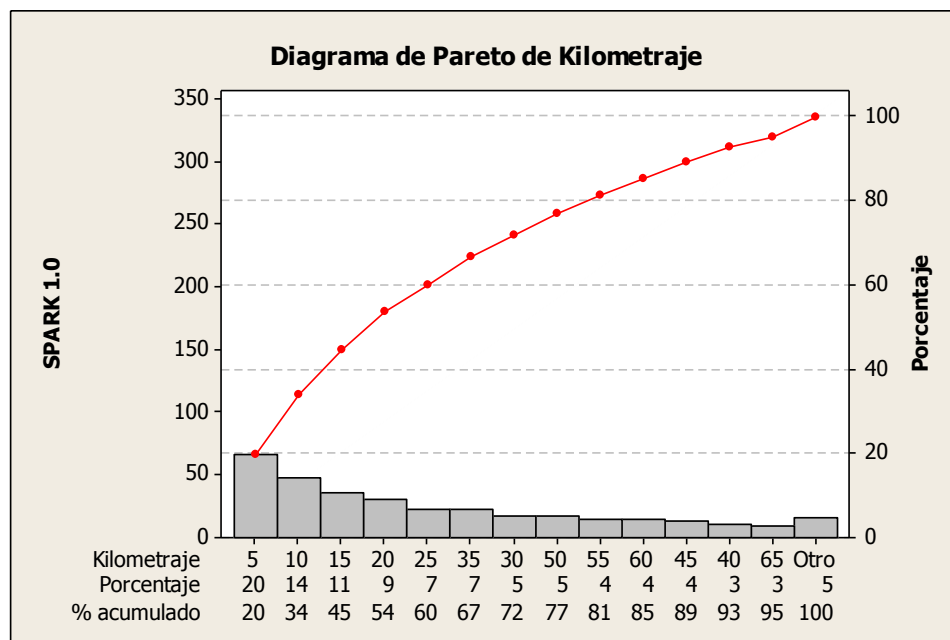
**Figura 4-13** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de LUV D-MAX GASOLINA en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



**Figura 4-14** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de VITARA BÁSICO y GV 1.6 en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



**Figura 4-15** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de LUV D-MAX DIESEL en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.



**Figura 4-16** Diagrama de Pareto de los mantenimientos por kilometraje más frecuentes de SPARK en el taller de AUTOCONSA en el periodo de un año.

### ***4.6.3 Evaluación ergonómica del levantamiento manual de ruedas en la operación de montaje y desmontaje de las mismas.***

La operación de montaje y desmontaje de ruedas se emplea frecuentemente en el concesionario para realizar el balanceo, o la limpieza, regulación y revisión de frenos. Estas operaciones se realizan cada 10 000 Km empezando por el mantenimiento de 10 000Km. La presente evaluación tiene el objetivo de determinar la mejor manera de realizar la operación antes mencionada. Las opciones disponibles actualmente son: realizar el montaje y desmontaje a nivel medio o realizarlo a nivel bajo.

Los técnicos opinan que la mejor manera de realizar el trabajo es a nivel medio. Aseguran que realizar el montaje y desmontaje de ruedas a esta altura es más adecuado ya que a nivel bajo deben agacharse y sacar los pernos de las llantas en una posición incómoda. Sin embargo, se puede también considerar que ejecutar esta actividad a nivel medio expone a los técnicos a enfermedades óseo-musculares por el peso cargado a gran altura. A simple vista las dos

opciones tienen ventajas y desventajas, es por esto que se debe evaluar si el levantamiento de una rueda a nivel medio es o no perjudicial para la salud del técnico. Para esto, se realiza la evaluación ergonómica de NIOSH, tomando en cuenta el peso de la rueda y las condiciones en las que se realiza la operación, para determinar la carga máxima que se puede levantar minimizando el riesgo de sufrir enfermedades o problemas óseo-musculares.

### **Descripción de la obtención de datos para la evaluación de NIOSH**

Se decidió realizar dos análisis ergonómicos ya que existen dos situaciones marcadamente distintas en cuanto al levantamiento de llantas. En primer lugar, el peso de las llantas de autos como el Aveo y el Spark es mucho menor al de las ruedas de vehículos como el Grand Vitara, el Vitara básico y la Luv D-Max. En adición, el diseño del aro de estos dos grupos varía. En el primer caso el aro no dispone de aberturas que faciliten el agarre de la rueda, forzando un agarre inadecuado de la misma. En esta situación los técnicos deben agarrar la rueda por los extremos. Por el contrario, en el segundo caso los aros de las llantas tienen aberturas que permiten introducir las manos provocando un agarre totalmente distinto y más cómodo para el técnico. La Tabla 4-8 muestra la categorización de los vehículos bajo estudio mencionada anteriormente en dos grupos de acuerdo con el peso de la rueda y su facilidad de agarre. El peso de las ruedas mostrado en la tabla incluye tanto la llanta como el aro y depende directamente del tamaño del rin. La Figura 4-17 muestra el diseño de ruedas que pertenecen al grupo 1 y la forma de agarre que este diseño provoca. De manera similar, la Figura 4-18 muestra el diseño de ruedas que pertenecen al grupo 2 y la forma de agarre que este diseño provoca.

**Tabla 4-8** Clasificación de vehículos bajo estudio según peso y diseño de las ruedas.

GRUPO	VEHÍCULOS	RIN	PESO DE RUEDAS	
			(kg)	(lb)
1	Aveo	R14	11.36	25
	Spark	R13	9.10	20
2	Luv D-Max	R15	15.91	35
	Grand Vitara 2.0	R16	22.73	50
	Vitara Básico y GV 1.6	R15	13.64	30

Fuente: Creación propia.



**Figura 4-17** Ejemplo de rueda del grupo 1 y la forma de agarre que el diseño de la misma provoca.





**Figura 4-18** Ejemplo de rueda del grupo 2 y la forma de agarre que el diseño de la misma provoca.

El peso ponderado de cada uno de los dos grupos analizados se muestra en la Tabla 4-9. Esta ponderación se calcula obteniendo la participación porcentual de los modelos dentro de cada uno de los grupos en base a la frecuencia de entrada de vehículos de cada modelo. Se realiza la ponderación ya que no es razonable asumir que en un día sólo un modelo de vehículo se atiende. Para realizar este cálculo se utiliza información de la entrada de vehículos al taller por concepto de mantenimiento durante 1 año, desde marzo de 2010 hasta marzo de 2011. La Figura 4-19 muestra el porcentaje de vehículos atendidos para el análisis del grupo 1. Asimismo, la Figura 4-20 muestra el porcentaje de vehículos atendidos para el análisis del grupo 2. En base a estos porcentajes, se obtuvo el peso ponderado.

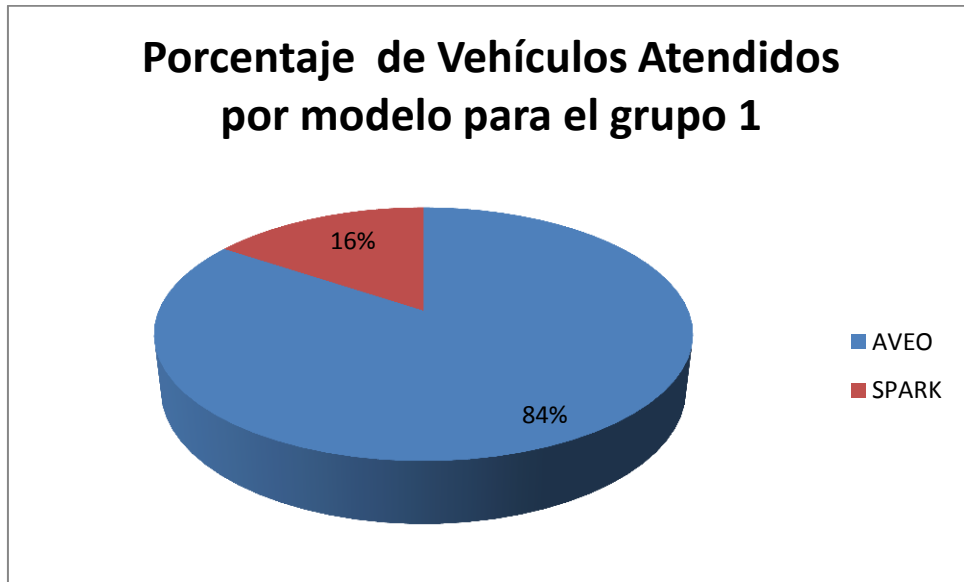


Figura 4-19 Porcentaje de vehículos atendidos por modelo para el grupo 1.

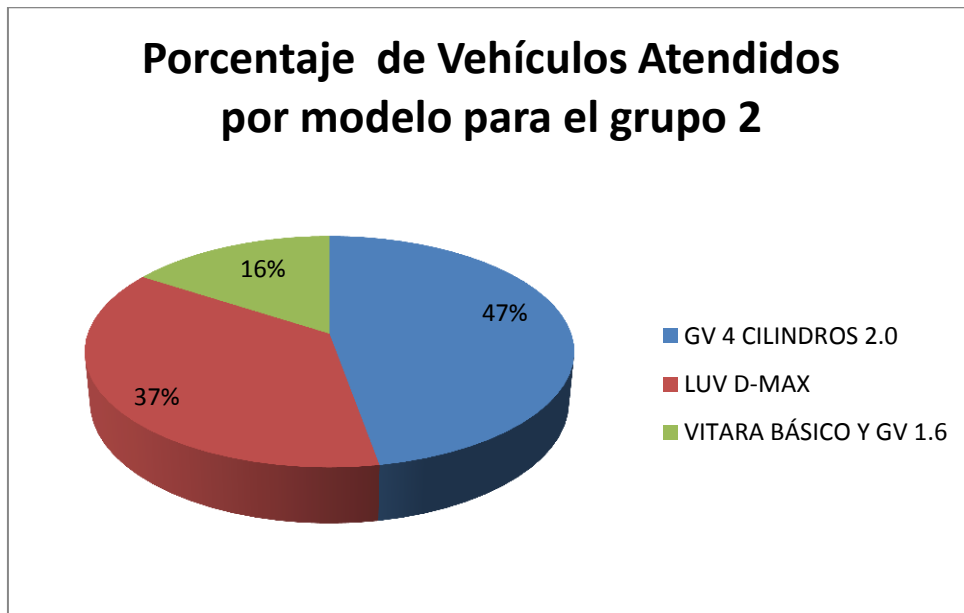


Figura 4-20 Porcentaje de vehículos atendidos por modelo para el grupo 2.

**Tabla 4-9** Cálculo del peso ponderado de las llantas por grupo de acuerdo al número de vehículos atendidos por año de cada modelo.

GRUPO	VEHÍCULOS	RIN	PESO DE RUEDAS		N° VEHÍCULOS ATENDIDOS EN 1 AÑO	% DE PARTICIPACIÓN DENTRO DEL GRUPO	PESO PONDERADO	
			(kg)	(lb)			(kg)	(lb)
1	Aveo	R14	11.36	25	789	84	11.00	24.2
	Spark	R13	9.10	20	146	16		
2	Luv D-Max	R15	15.91	35	745	37	18.75	41.25
	Grand Vitara 2.0	R16	22.73	50	951	47		
	Vitara Básico y GV 1.6	R15	13.64	30	319	16		

Fuente: Creación propia.

Una vez conocido el peso ponderado se procede a calcular el límite de peso recomendado con la fórmula de NIOSH mostrada a continuación, de tal forma que se lo pueda comparar con el peso real:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

(Waters, Putz-Anderson y Garg)

Se decidió realizar la evaluación de NIOSH para los 4 técnicos de las bahías de mantenimiento rápido de modo que se pueda determinar el peor caso ergonómico y elaborar una decisión en base al mismo. Los factores HM, VM, DM, AM y FM que corresponden respectivamente a factor de distancia horizontal, factor de altura, factor de desplazamiento vertical, factor de asimetría y factor de frecuencia, son independientes del tipo de llanta que se está trabajando para cada técnico. Por el contrario, el factor de agarre (CM) varía en función del tipo de rueda que se está tratando.

El factor HM se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$HM = 25 / H$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Para lo cual se midió la distancia H para cada uno de los técnicos en forma horizontal desde la proyección del punto medio del objeto en el piso hasta el punto medio entre los pies del técnico como se muestra en la Figura 4-21.

El factor VM se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$VM = 1 - (0.003 | V - 75 |)$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Para lo cual se midió la distancia V para cada uno de los técnicos en forma perpendicular desde el piso hasta el punto medio de agarre del objeto como se muestra en la Figura 4-21.



**Figura 4-21** Diagramación de la distancia vertical V y la distancia horizontal H.

El factor DM se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$DM = (0.82 + 4.5/D)$$

$$D = V1 - V2$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

Para lo cual se midió la distancia D para cada uno de los técnicos que establece el desplazamiento del objeto desde su punto de origen hasta su liberación. Cabe recalcar que, para el desmontaje los técnicos sacan la rueda del eje y la dejan caer al piso, evitando el desplazamiento total desde la altura en la que se realiza la actividad. Por tanto, en los cuatro casos esta distancia es menor que 25 cm. Esto genera un valor ideal del factor DM, es decir que, para el desmontaje el factor distancia es igual a 1 en todos los casos. Por el contrario, para el montaje de la rueda el técnico debe transportarla desde el piso hasta la altura de eje, por tanto las distancias varían dependiendo de la altura de cada técnico. Este gran desplazamiento afecta significativamente al valor de DM.

El factor AM se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$AM = 1 - (0.0032 A)$$

(Nogareda Cuixart y Canosa Bravo)

De acuerdo con la Tabla 2-3 se asigna el valor de frecuencia de levantamientos. Considerando que, en la actualidad, un técnico realiza 4 mantenimientos promedio al día y asumiendo el caso extremo de que todos requieran el montaje y desmontaje de llantas se estima que el número máximo de levantamientos diarios es de 32 (4 montajes y 4 desmontajes por vehículo). Estos 32 levantamientos en una jornada laboral de 8 horas implican una frecuencia menor a 0.2 levantamientos/minuto, por lo que se asigna el valor máximo de 1 para el factor FM de acuerdo con la tabla antes mencionada. Adicionalmente, se sabe que la frecuencia de levantamiento es mínima cuando el tiempo de descanso de los trabajadores es 1.2 veces mayor al de levantamiento y esta condición se cumple. El valor FM asignado es igual para todos los técnicos en los dos grupos de vehículos evaluados.

El valor del factor CM se asigna de acuerdo a la Tabla 2-4 y a la Tabla 2-5. En el caso del grupo 1, como se puede ver en la Figura 4-17, el tipo de agarre se considera malo con  $V > 75$ , por lo tanto el valor  $CM = 0.90$ . En el caso del grupo 2, como se puede ver en la Figura 4-18, el tipo de agarre se considera regular con  $V > 75$ , por lo tanto, el valor  $CM = 1$ . Los resultados

de la toma de medidas para montaje y desmontaje se muestran en la Tabla 4-10 y en la Tabla 4-11.

**Tabla 4-10** Medición de distancias para el análisis ergonómico del desmontaje de ruedas del grupo 1 y 2.

Técnico	H	V	D	A	D
	(cm)	(cm)	(cm)	(°)	cm
1	25	118	25	0	25
2	26	114	10	0	10
3	20	111	13	0	10
4	22	113	25	0	25

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-11** Medición de distancias para el análisis ergonómico del montaje de ruedas del grupo 1 y 2.

Técnico	H	V	D	A	D
	(cm)	(cm)	(cm)	(°)	cm
1	25	118	118	0	25
2	26	114	114	0	10
3	20	111	111	0	10
4	22	113	113	0	25

Fuente: Creación propia.

La Tabla 4-12 muestra los valores calculados a los factores para el desmontaje de ruedas del grupo 1. La

Tabla 4-13 muestra los valores calculados a los factores para el desmontaje de ruedas del grupo 2. La Tabla 4-14 muestra los valores calculados a los factores para el montaje de ruedas del grupo 1. Y la Tabla 4-15 muestra los valores calculados a los factores para el montaje de ruedas del grupo 2.

**Tabla 4-12** Factores para el desmontaje de ruedas del grupo 1.

TÉCNICO	FACTORES						RWL	
	HM	VM	DM	AM	FM	CM 1	(kg)	(lb)
1	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	0.90	18.03	39.67
2	0.96	0.88	1.00	1.00	1.00	0.90	17.58	38.67
3	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	0.90	18.46	40.62
4	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	0.90	18.34	40.35

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-13** Factores para el desmontaje de ruedas del grupo 2.

TÉCNICO	FACTORES						RWL	
	HM	VM	DM	AM	FM	CM 2	(kg)	(lb)
1	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	20.03	44.07
2	0.96	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	19.53	42.96
3	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	20.52	45.14
4	1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	20.38	44.83

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-14** Factores para el montaje de ruedas del grupo 1.

TÉCNICO	FACTORES						RWL	
	HM	VM	DM	AM	FM	CM 1	(kg)	(lb)
1	1.00	0.87	0.86	1.00	1.00	0.90	15.47	34.04
2	0.96	0.88	0.86	1.00	1.00	0.90	15.11	33.23
3	1.00	0.89	0.86	1.00	1.00	0.90	15.89	34.96
4	1.00	0.89	0.86	1.00	1.00	0.90	15.77	34.69

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-15** Factores para el montaje de ruedas del grupo 2.

TÉCNICO	FACTORES						RWL	
	HM	VM	DM	AM	FM	CM 2	(kg)	(lb)
1	1.00	0.87	0.86	1.00	1.00	1.00	17.19	37.82
2	0.96	0.88	0.86	1.00	1.00	1.00	16.78	36.92
3	1.00	0.89	0.86	1.00	1.00	1.00	17.65	38.84
4	1.00	0.89	0.86	1.00	1.00	1.00	17.52	38.55

Fuente: Creación propia.

### **Análisis de Resultados de la evaluación NIOSH**

La Tabla 4-12 y la Tabla 4-14 muestran el límite de peso recomendado (RWL) para el desmontaje y montaje de ruedas de vehículos del grupo 1 tanto en kilogramos (Kg) como en libras (lb). Este cálculo se realizó en base a la información recopilada en la Tabla 4-10 y en la Tabla 4-11 antes mencionadas. Como se puede apreciar, el RWL obtenido es mayor que el peso ponderado del grupo, por tanto se concluye que la actividad realizada es aceptable. En este primer análisis, el peor caso refleja un valor límite de RWL igual a 17.58 Kg para el desmontaje y el RWL es igual a 15.11 Kg para el montaje. Esto indica que el peso ponderado

de las ruedas de este grupo de vehículos es aceptable con un valor de 11 Kg como se muestra en la Tabla 4-9. Por tanto, se acepta que las ruedas se desmonten y se monten a nivel medio.

Del mismo modo, la

Tabla 4-13 y la Tabla 4-15 muestran el RWL para el desmontaje y montaje de ruedas de vehículos del grupo 2 tanto en kilogramos (Kg) como en libras (lb). En este análisis el peso ponderado obtenido para el grupo es de 18.75 Kg. Esto conlleva a una significativa diferencia con los resultados del grupo 1 ya que sólo se recomienda el desmontaje de ruedas y no el montaje de las mismas. Esto se puede comprobar ya que, en el peor caso del montaje, el RWL es igual a 16.78 Kg, valor significativamente menor que 18.75 Kg. Por el contrario, el RWL más bajo permitido para el desmontaje es 19.53 Kg, valor superior al peso ponderado.

Por lo tanto, no se recomienda que un técnico realice la actividad de montaje de ruedas de vehículos del grupo 2 a nivel medio, ya que esto podría producir problemas óseo-musculares. Sin embargo, a pesar de existir la opción de montar las ruedas a nivel de piso, los técnicos opinan que esta práctica no es la más acertada, ya que el dolor de las rodillas en posición de cuclillas puede ser peor. Adicionalmente, la visibilidad es deficiente a nivel piso y en general la posición es incómoda.

Se recomienda, por tanto, montar y desmontar las ruedas a nivel medio entre 2 personas para este grupo de vehículos. Para corroborar la validez de esta recomendación más adelante se realiza el mismo análisis ergonómico de NIOSH para el montaje de ruedas entre 2 técnicos. Esta recomendación sólo se aplicará para los modelos Grand Vitara 2.0 y Luv D-Max, ya que como se puede observar en la Tabla 4-8, el peso de las ruedas del Vitara Básico y el Grand Vitara 1.6 es de 13.64 Kg. Comparando el valor de este peso con el valor del RWL del peor caso de montaje obtenido en la Tabla 4-15, se concluye que es aceptable el montaje de ruedas de estos modelos (Vitara Básico y Grand Vitara 1.6) a nivel medio con un técnico.

En los tres casos restantes: montaje y desmontaje de ruedas de vehículos del grupo 1 y desmontaje de ruedas de vehículos del grupo 2, es aceptable realizar los levantamientos ya que el peso cargado es menor al límite recomendado.



### Evaluación ergonómica de la propuesta de realizar el montaje de ruedas de vehículos del segundo grupo entre dos técnicos

Realizando el mismo análisis anterior, se calculó el RWL midiendo la distancia vertical y la distancia horizontal de la actividad de montar ruedas entre dos técnicos. La Figura 4-22 muestra cómo se ejecutaría esta actividad.



**Figura 4-22** Montaje de rueda de un vehículo del grupo 2 entre 2 técnicos.

Para calcular el valor de RWL es necesario reevaluar los factores. HM y VM se obtienen midiendo nuevamente las distancias para la actividad realizada con dos técnicos. El factor DM se calcula con un valor de D igual V para el caso de montaje, de la misma manera que se realizó anteriormente. El factor de asimetría AM en este caso no tiene el valor de 1 porque se estima un ángulo de torsión del tronco de  $35^\circ$  (ver Figura 4-22). El factor FM se mantiene igual ya que la frecuencia de levantamientos no varía. Finalmente, el factor de agarre CM es 1 ya que se trata de un agarre regular con  $V > 75$ . Los resultados de esta toma de medidas se

muestran a continuación en la Tabla 4-16. El cálculo de RWL junto con sus factores se puede apreciar en la Tabla 4-17.

**Tabla 4-16** Medición de distancias para el análisis ergonómico del montaje de ruedas del grupo 2 entre 2 técnicos.

Técnico	H	V	D	A	D
	(cm)	(cm)	(cm)	(°)	cm
1 y 2	25	125	125	35	25

Fuente: Creación propia.

Asumiendo que, en el montaje de ruedas entre dos personas el peso cargado por cada una se reduce a la mitad, el valor sería de 9.38 Kg (el peso ponderado original de una rueda del grupo 2 es de 18.75 Kg como se puede ver en la Tabla 4-9). Por tanto, el peso cargado es mucho menor al límite recomendado que para el montaje es de 14.86 Kg (ver Tabla 4-17). Esto implica que, la actividad realizada entre dos técnicos reduce significativamente la posibilidad de tener problemas óseo-musculares y se convierte en una actividad ergonómicamente aceptable.

**Tabla 4-17** Factores para el montaje de ruedas del grupo 2 y su respectivo RWL con 2 técnicos.

TÉCNICO	FACTORES						RWL	
	HM	VM	DM	AM	FM	CM 2	(kg)	(lb)
1 y 2	1.00	0.85	0.86	0.89	1.00	1.00	14.86	32.69

Fuente: Creación propia.

Por tanto, se recomienda realizar la actividad de montaje de ruedas entre dos técnicos para las llantas más pesadas de los vehículos del grupo dos. La actividad de desmontaje la puede seguir realizando sólo un técnico ya que la distancia que se desplaza el objeto es mínima. De la misma forma, se puede realizar las actividades de montaje y desmontaje de llantas para las más livianas de los vehículos del grupo 1 ya que el límite de peso recomendado es mucho mayor al peso de las cargas.

#### ***4.6.4 Descripción del Método Usado para la Conformación de las Secuencias de los Planes de Mantenimiento con Dos Técnicos***

Dentro de un mantenimiento no sólo se realizan las operaciones señaladas en los planes, ya que, adicionalmente se debe cumplir con la revisión de 18 puntos y otras actividades que aunque no se tomaron en cuenta en el estudio previo deben ser efectuadas para completar el trabajo. Por esta razón, estas actividades no poseen un tiempo estándar, el cual es necesario para poder balancear cada uno de los niveles.

Como el objetivo del presente proyecto no es la realización de un estudio de tiempos y movimientos por motivos de alcance y tiempo, se decidió realizar un Grupo Focal (Junio 28/11) con miembros del taller de AUTOCONSA para obtener una estimación válida para dichas actividades. Se contó con la ayuda de los cuatro técnicos de las bahías analizadas, el técnico de servicio rápido de 5 000 km y el coordinador del taller por su amplia experiencia en los procesos de post-venta Chevrolet. En adición, los tiempos obtenidos se corroboraron y validaron mediante la observación de videos tomados a varios mantenimientos dentro del taller al inicio del proyecto. Cabe recalcar que, por la naturaleza de las operaciones (simples y cortas), el tiempo estimado puede ser usado para todos los modelos bajo estudio, pues son actividades que no dependen de la estructura del vehículo y que son comunes a todos los mantenimientos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el Grupo Focal. La Tabla 4-18 muestra la estimación de tiempos de cada una de las siete secciones que conforman la revisión de los 18 puntos, mientras que la Tabla 4-19 muestra la estimación de tiempos obtenida para las actividades adicionales (que no constan en los planes de mantenimiento) realizadas dentro de los mantenimientos.

**Tabla 4-18** Estimación de tiempos para cada una de las secciones que conforman la inspección visual de los 18 puntos.

Inspección Visual de 18 Puntos	Tiempo Estimado	
	(Minutos)	(Horas)
Inspección fugas de líquidos	1.00	0.017
Revisión visual desgaste de frenos	1.00	0.017
Niveles de líquidos y estado de bandas	1.00	0.017
Medidas de la batería	7.00	0.117
Revisión de llantas	2.00	0.033
Revisión interior de cabina	2.00	0.033
Revisión de luces	0.25	0.004
<b>TIEMPO ESTIMADO TOTAL =</b>	<b>14.25</b>	<b>0.238</b>

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-19** Estimación de tiempos para actividades adicionales realizadas dentro de los mantenimientos.

Actividades Adicionales	Tiempo Estimado	
	(Minutos)	(Horas)
Acomodar brazos de elevador	0.58	0.010
Retirar brazos de elevador	0.33	0.006
Marcar llantas con tiza para posterior rotación	0.25	0.004
Desmontar 1 rueda	0.67	0.011
Acomodar 1 rueda en el carrito de la balanceadora	0.17	0.003
Montar 1 rueda	1.00	0.017
Colocar cobertor de guardafangos	0.67	0.011
Retirar cobertor de guardafangos	0.67	0.011
Revisar ajuste de pernos de llantas	1.00	0.017
Revisar cumplimiento de la hoja de revisión de 18 puntos	5.00	0.083
Revisar ajuste de tapas en el compartimiento de motor	1.00	0.017
Poner repuestos usados en interior de vehículo	0.67	0.011
<b>TIEMPO ESTIMADO TOTAL =</b>	<b>12.01</b>	<b>0.200</b>

Fuente: Creación propia.

Asimismo, se debe señalar que, es necesario tomar en cuenta un tiempo adicional al inicio y al final de cada mantenimiento por concepto de las siguientes actividades:

- Actualizar orden de trabajo en la torre de control y verificar en el sistema la siguiente OT asignada a la bahía de trabajo.
- Colocar el paquete de documentos con la orden de trabajo (OT) en los casilleros de cada uno de los asesores.
- Retirar el vehículo de la bahía y estacionarlo en estacionamientos de espera o de lavado (dependiendo del caso) en la parte posterior del taller.
- Recoger el siguiente vehículo asignado de los estacionamientos de espera.
- Pedir repuestos en bodega para la realización del siguiente mantenimiento.

Estas actividades son consideradas como el “setup” o “puesta a punto” entre los vehículos atendidos. El tiempo que se estimó en el Grupo Focal para la realización de estas actividades es cinco minutos para las primeras cuatro (ya que se realizan en conjunto) y cinco minutos para pedir repuestos en bodega. Estas actividades no entrarán dentro de la secuenciación de los planes de mantenimiento, pues este procedimiento de “setup” es propio del sistema administrativo de AUTOCONSA. Como GM planea expandir el proyecto a otros concesionarios, se ha decidido no incluirlas dentro de la hoja de trabajo estandarizado. Sin embargo, se asume que una vez finalizado el trabajo un técnico se encargará de las primeras cuatro actividades y el otro técnico de pedir repuestos en bodega totalizando un tiempo de “setup” de cinco minutos. Para el caso de un solo técnico el tiempo de “setup” se establece en diez minutos. Estas estimaciones se usarán más tarde para una comparación entre los tiempos de ejecución de los mantenimientos con uno y dos técnicos.

Una vez establecidos los tiempos, que no se disponían en la tesis Delgado-Naranjo sobre la estandarización de los tiempos de mantenimiento preventivo Chevrolet, se procede a indicar paso a paso el método de secuenciación que se usó para estructurar cada uno de los planes Chevrolet. Este método constituye una heurística, pues si bien es cierto se obtienen soluciones bastante acertadas pueden no ser justamente las óptimas. Al no tener disponible un modelo matemático que pueda acoplar todas las variables descritas en las consideraciones (Sección 4.4.1) resulta más eficiente usar el procedimiento descrito a continuación.

1. Verificar si existe o no un plan de mantenimiento dentro de la familia que ya haya sido estructurado y pueda ser usado como base. Las familias se dividen por mantenimientos de 5, 15, 25,..., 95 000 Km; y de 10, 20, 30,..., 100 000Km como ya se había explicado en la Sección 3.3.
2. Si existe una base, verificar en el plan de mantenimiento correspondiente las operaciones adicionales que deban realizarse. De lo contrario, listar todas las actividades a ejecutarse.
3. Sectorizar cada una de las operaciones a realizarse verificando en la hoja de elementos (Anexo C) correspondiente su proceso. En adición, identificar su nivel de complejidad.
4. Asignar el tiempo estándar de cada una de las operaciones identificadas para poder balancear entre los dos técnicos la carga de trabajo.
5. Una vez identificadas las operaciones correspondientes en cada uno de los niveles, asignar a cada uno de los técnicos las diferentes actividades tomando en cuenta los tiempos y que las actividades que se realizan simultáneamente por los dos técnicos de preferencia no se localicen en el mismo espacio físico para evitar, cruces, accidentes o confusión. Empezar por nivel piso, seguir con nivel alto y por último nivel medio, a menos que por la precedencia o la naturaleza de una operación se requiera un cambio.
6. Realizar el número de pruebas necesarias para minimizar el tiempo de inactividad de uno u otro técnico. Contabilizar el tiempo de espera en cada nivel de cada una de las opciones encontradas y elegir la secuencia con el menor tiempo de espera tomando en cuenta todas las consideraciones mencionadas anteriormente y las restricciones técnicas de cada operación.
7. Al estructurar los siguientes niveles, recordar que, si parte de las tareas de una operación debe realizarse en dos niveles o más, la totalidad de las tareas debe asignarse al mismo técnico para evitar la división de elementos.
8. Una vez obtenida una secuencia satisfactoria de actividades usarla como base para la estructuración del plan de mantenimiento de ese mismo kilometraje para todos los modelos (verificar excepciones con la ayuda de las hojas de elementos mostradas en el Anexo C y la descripción de operaciones en la Sección 4.2). Tomar

en cuenta que en lo posible, se deben minimizar los cambios en la secuencia para el resto de modelos para facilitar el aprendizaje y capacitación de los técnicos.

9. Llenar los formatos de las hojas de trabajo estandarizado de los planes de mantenimiento estructurados.

Cabe recalcar, que previamente a la implementación del método de secuenciación fue necesario acudir a varias reuniones con expertos del centro de entrenamiento de GM para conocer a profundidad la filosofía de la empresa, los requerimientos de la misma y los formatos utilizados en GM. Adicionalmente, fue necesario aprobar el curso SWE de GM para conocer sus métodos de estandarización y la implementación de técnicas como: Kanban, Andon y 5S's que indudablemente ayudan a la estandarización y optimización de recursos.

Para facilitar el proceso de secuenciación de las actividades de mantenimiento se utilizaron las tablas de consolidación de planes de mantenimiento mostradas en la Tabla 3-6 y Tabla 3-7. Adicionalmente, se presenta la Tabla 4-20 y la Tabla 4-21 mostradas a continuación, que resumen la sectorización de cada una de las operaciones mostradas en los planes de mantenimiento y las actividades de la revisión de 18 puntos. Se debe tener especial cuidado con las tablas pues éstas se realizaron pensando en la generalidad, sin embargo, existen excepciones en ciertos modelos según la operación analizada que deben ser consideradas.

**Tabla 4-20** Resumen de la sectorización de las operaciones dentro de los planes de mantenimiento

ID DE LA OPERACIÓN	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	NIVEL	LADO	DELANTERO/ POSTERIOR	CABINA/ EXTERIOR
Op 1	Cambiar aceite y filtro motor	Alto	Centro	Delantero	Exterior
Op 2	Cambiar filtro combustible	Alto	Centro	Posterior	Exterior
Op 3	Cambiar filtro aire	Piso	-	Delantero	Motor
Op 4	Limpiar, revisar y regular frenos	Medio	C/lanta	-	Exterior
Op 5	Cambiar líquido dirección hidráulica	Piso	-	Delantero	Motor
Op 6	Cambiar bujías de encendido	Piso	-	Delantero	Motor
Op 7	Limpiar cuerpo aceleración IAC / MAF	Piso	-	Delantero	Motor
Op 8	Limpiar inyectores con ultrasonido	Piso	-	Delantero	Exterior
Op 9	Limpiar sistema de inyección	Piso	-	Delantero	Motor
Op 10	Cambiar líquido de frenos	Alto-Piso	C/lanta-Centro	-	Exterior-Motor

<b>Op 11</b>	Cambiar líquido de embrague	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 12</b>	Cambiar aceite de caja manual	Alto	Centro	Delantero	Exterior
<b>Op 13</b>	Cambiar aceite de caja automática	Alto	Centro	Delantero	Exterior
<b>Op 14</b>	Cambiar banda de distribución y templador	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 15</b>	Cambiar banda de accesorios	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 16</b>	Cambiar termostato	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 17</b>	Cambiar líquido refrigerante	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 18</b>	Cambiar aceite de caja transfer	Alto	Centro	Delantero	Exterior
<b>Op 19</b>	Cambiar aceite de diferencial posterior	Alto	Centro	Posterior	Exterior
<b>Op 20</b>	Cambiar aceite de diferencial delantero	Alto	Centro	Delantero	Exterior
<b>Op 21</b>	Reajustar suspensión	Alto	Integral	Integral	Exterior
<b>Op 22</b>	Cambiar filtro de ventilación	Piso	Izquierdo	Delantero	Cabina
<b>Op 23</b>	Lubricar cubos de rueda libre, puntas de eje	Medio	Izquierdo-Derecho	Delantero	Exterior
<b>Op 24</b>	Revisar A/C por carga y posibles fugas	Piso	-	Delantero	Motor
<b>Op 25</b>	Limpiar y lubricar mecanismos de puertas y ventanas	Piso	-	-	Exterior
<b>Op 26</b>	Balancear ruedas	Medio	C/llanta	-	Exterior
<b>Op 27</b>	Alinear ruedas	-	-	-	-

Fuente: Creación propia.

**Tabla 4-21** Resumen de la sectorización de las secciones de la revisión visual de 18 puntos.

<b>N° SECCIÓN</b>	<b>INSPECCIÓN VISUAL 18 PUNTOS</b>	<b>NIVEL</b>	<b>LADO</b>	<b>DELANTERO/ POSTERIOR</b>	<b>CABINA/ EXTERIOR</b>
<b>1</b>	Inspección fugas de líquidos	Alto	Integral	-	Exterior
<b>2</b>	Revisión visual desgaste de frenos	Medio	C/llanta	-	Exterior
<b>3</b>	Niveles de líquidos y estado de bandas	Piso	Centro	Delantero	Motor
<b>4</b>	Medidas de la batería	Piso	Centro	Delantero	Motor
<b>5</b>	Revisión de llantas	Piso	C/llanta	-	Exterior
<b>6</b>	Revisión interior de cabina	Piso	-	-	Cabina
<b>7</b>	Revisión de luces	Piso	-	-	Exterior-Cabina

Fuente: Creación propia.

Se procederá a ejemplificar el método estructurando paso a paso de los mantenimientos de 5 000 Km y 10 000 Km para todos los modelos bajo estudio.



## **Estructuración del Plan de Mantenimiento de 5 000 Km**

1. Al ser el primer mantenimiento en estructurarse, éste se tomará como base para los siguientes kilometrajes.
2. Las operaciones que deben realizarse para el mantenimiento de 5 000 Km son: cambiar filtro y aceite de motor y realizar la inspección de 18 puntos.
3. El cambio de aceite y filtro de motor se realiza a nivel alto y piso. Por un lado, la decantación del aceite usado y el cambio de filtro se realiza a nivel alto, mientras que la colocación de aceite nuevo y revisión del nivel de aceite se efectúa a nivel piso. Por otro lado, la sectorización de la revisión de 18 puntos se puede visualizar en la Tabla 4-21.
4. El tiempo estándar para la operación de cambio de aceite se muestra en la Tabla 4-22, mientras que en la Tabla 4-18 se muestran los tiempos estimados para las actividades dentro de los 18 puntos. Como se había mencionado, el cambio de aceite y filtro motor se efectúa en dos niveles por lo que se debe estimar el tiempo de duración de la tarea en cada uno de éstos. Para este efecto, se contó una vez más con la ayuda del Grupo Focal, que acordaron que aproximadamente el 70% del tiempo total de la operación se consume en las actividades de decantar el aceite y colocar el nuevo filtro, realizadas a nivel alto, y el resto de tiempo a nivel piso donde se coloca el aceite nuevo y se revisa el nivel del mismo. (A lo largo de la estructuración de los planes de mantenimiento se solicitó la ayuda del Grupo Focal para las tareas que están divididas en diferentes niveles como limpieza del sistema de inyección, cambiar líquido de embrague, y limpieza de inyectores con ultrasonido).

**Tabla 4-22** Tiempos estándar para cada uno de los modelos para la Operación 1.

OPERACIÓN	LUV D-Max	Grand Vitara	Aveo	Spark	Vitara Básico
	T (h)	T (h)	T (h)	T (h)	T (h)
Op 1 Cambiar aceite y filtro motor	0.220	0.230	0.220	0.240	0.220
70% Tiempo Nivel Alto	0.154	0.161	0.154	0.168	0.154
30% Tiempo Nivel Piso	0.066	0.069	0.066	0.720	0.066

Fuente: Creación propia basada en (Delgado Guzmán y Naranjo Bautista 136).

5. Se procede a asignar las operaciones analizadas a cada uno de los técnicos como se muestra en la Tabla 4-23. Se estima que el tiempo de duración del mantenimiento de 5 000 Km para el Aveo, Luv D-Max Gasolina y Vitara Básico es de 25.2 minutos o 0.42 horas.

**Tabla 4-23** Secuenciación inicial para el mantenimiento de 5 000 Km para el Aveo, Luv D-Max Gasolina y Vitara Básico.

NIVEL	TÉCNICO 1	TIEMPO (HORAS)	TÉCNICO 2	TIEMPO (HORAS)
<b>PISO 1</b>	REVISAR LUCES DESDE CABINA	0.004	REVISAR LUCES DESDE EXTERIOR	0.004
	REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE CABINA		REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE EXTERIOR	
	ABRIR CAPÓ DESDE CABINA		ABRIR CAPÓ DESDE EXTERIOR	
	REVISAR INTERIOR DE CABINA	0.033	COLOCAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	REVISAR DESGASTE DE LLANTAS Y PRESIÓN	0.033	REVISAR ESTADO DE BANDAS Y NIVELES DE LÍQUIDOS	0.017
	ACOMODAR BRAZOS DE ELEVADOR	0.010	REVISAR BATERÍA	0.117
	<b>TOTAL NIVEL PISO 1=</b>	<b>0.080</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 1=</b>	<b>0.149</b>
<b>ALTO 1</b>	INSPECCIONAR FUGAS DE LÍQUIDOS EN LA PARTE POSTERIOR Y DELANTERA	0.017	DRENAR ACEITE DEL CÁRTER Y COLOCAR EL FILTRO DE ACEITE	0.154
	REVISAR VISUALMENTE DESGASTE DE FRENOS	0.017		
	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1=</b>	<b>0.034</b>	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1=</b>	<b>0.154</b>
<b>PISO 2</b>	REVISAR CUMPLIMIENTO DE CHECK LIST DE 18 PUNTOS	0.083	PONER ACEITE DE MOTOR Y REVISAR NIVEL DEL MISMO	0.066
	REVISAR AJUSTE DE PERNOS DE LLANTAS	0.017	REVISAR AJUSTE DE TAPAS EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR	0.017
	PONER REPUESTOS USADOS EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO	0.011	RETIRAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	RETIRAR BRAZOS DEL ELEVADOR	0.006		
	<b>TOTAL NIVEL PISO 2=</b>	<b>0.117</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 2=</b>	<b>0.094</b>
<b>TOTAL TÉCNICO 1 =</b>	<b>0.231</b>	<b>TOTAL TÉCNICO 2 =</b>	<b>0.397</b>	

Fuente: Creación propia.

6. Como se observa en la Tabla 4-23 a pesar de existir un desfase de cerca de 4 minutos en el nivel piso se considera que la secuencia es apropiada pues el técnico 2 se enfoca en las actividades realizadas en el compartimiento del motor y el técnico 1 en las tareas enfocadas al resto del vehículo. Asimismo, a nivel medio sólo existen dos operaciones por lo cual el desfase no puede ser corregido mediante una asignación diferente. Sin embargo, en este caso el técnico 1 puede ayudar al técnico 2 para acelerar el proceso. Por último, se nota que el último nivel es el más balanceado.

Se debe recalcar que a pesar de que el técnico 2 parece tener más carga de trabajo, las actividades del técnico 1 implican más desplazamiento. Adicionalmente, se debe recordar que los miembros del equipo de trabajo pueden intercarse las funciones de técnico 1 y técnico 2 para disminuir la repetitividad de tareas y cansancio.

7. Para el caso del cambio de aceite y filtro motor la condición de asignar a un sólo técnico las diferentes actividades dentro de la operación se ha cumplido.
8. Se procede a realizar, tomando como base el mantenimiento de 5 000 Km que se acaba de estructurar, la secuencia para la Luv D-Max diesel que es la única excepción dentro de este kilometraje. Para este modelo se debe añadir la operación de cambio de filtro de combustible que se realiza en su totalidad a nivel piso y toma 0.08 horas. Como se observa en la Tabla 4-24, la operación se asigna al técnico encargado del compartimiento del motor al final del mantenimiento. Se decidió no asignar la tarea al principio del mismo porque el desfase de tiempo hubiese sido mayor.

**Tabla 4-24** Secuenciación inicial para el mantenimiento de 5 000 Km para Luv D-Max Diesel.

<b>NIVEL</b>	<b>TÉCNICO 1</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>	<b>TÉCNICO 2</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>
<b>PISO 1</b>	REVISAR LUCES DESDE CABINA	0.004	REVISAR LUCES DESDE EXTERIOR	0.004
	REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE CABINA		REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE EXTERIOR	
	ABRIR CAPÓ DESDE CABINA		ABRIR CAPÓ DESDE EXTERIOR	
	REVISAR INTERIOR DE CABINA	0.033	COLOCAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	REVISAR DESGASTE DE LLANTAS Y PRESIÓN	0.033	REVISAR ESTADO DE BANDAS Y NIVELES DE LÍQUIDOS	0.017
	ACOMODAR BRAZOS DE ELEVADOR	0.010	REVISAR BATERÍA	0.117
	<b>TOTAL NIVEL PISO 1=</b>	<b>0.080</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 1=</b>	<b>0.149</b>
<b>ALTO 1</b>	INSPECCIONAR FUGAS DE LÍQUIDOS EN LA PARTE POSTERIOR Y DELANTERA	0.017	DRENAR ACEITE DEL CÁRTER Y COLOCAR EL FILTRO DE ACEITE	0.154
	REVISAR VISUALMENTE DESGASTE DE FRENOS	0.017		
	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1=</b>	<b>0.034</b>	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1=</b>	<b>0.154</b>
<b>PISO 2</b>	REVISAR AJUSTE DE PERNOS DE LLANTA	0.017	PONER ACEITE DE MOTOR Y REVISAR NIVEL DEL MISMO	0.066
	REVISAR CUMPLIMIENTO DE CHECK LIST DE 18 PUNTOS	0.083	REVISAR AJUSTE DE TAPAS EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR	0.017
	PONER REPUESTOS USADOS EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO	0.011	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE	0.080
	RETIRAR BRAZOS DEL ELEVADOR	0.006	RETIRAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	<b>TOTAL NIVEL PISO 2=</b>	<b>0.117</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 2=</b>	<b>0.174</b>
	<b>TOTAL TÉCNICO 1 =</b>	<b>0.231</b>	<b>TOTAL TÉCNICO 2=</b>	<b>0.477</b>

Fuente: Creación propia.

- Se procede a llenar los formatos de las hojas de trabajo estandarizado de los planes de mantenimiento estructurados de 5 000 Km para todos los modelos bajo estudio usando los resultados obtenidos de este análisis. Las Hojas de Trabajo estandarizado (HTE) para el mantenimiento de 5 000 Km se muestran en el Anexo D-1.

En el siguiente capítulo se realiza un análisis más profundo comparando los tiempos de mantenimiento con un técnico y con el método propuesto para visualizar de mejor manera los beneficios obtenidos con la estructuración de los planes de mantenimiento de 5 000 Km.

## Estructuración del Plan de Mantenimiento de 10 000 Km

1. Al ser el primer mantenimiento en estructurarse, éste se tomará como base para los siguientes kilometrajes.
2. Las operaciones que deben realizarse para el mantenimiento de 10 000 Km son: cambiar filtro y aceite de motor; cambiar filtro de aire; limpiar y lubricar mecanismos puertas y ventanas; limpiar, revisar y regular frenos; reajustar suspensión, alinear ruedas; balancear y rotar ruedas; e inspección de 18 puntos. No obstante, se debe recordar que la alineación de ruedas no se realiza dentro de la bahía de trabajo y no debe tomarse en cuenta para la secuenciación de actividades.
3. La sectorización de la revisión de 18 puntos se puede visualizar en la Tabla 4-21 , mientras que un resumen de la sectorización de las actividades a realizarse en los 10 000 Km se presenta a continuación en la Tabla 4-25.

**Tabla 4-25** Sectorización de las operaciones dentro del plan de mantenimiento de 10 000 Km.

OPERACIÓN		NIVEL	SECTOR
Op 1	Cambiar filtro y aceite motor	Alto - Piso	Delantero - Motor
Op 3	Cambiar filtro de aire	Piso	Motor
Op 4	Limpiar, revisar y regular frenos	Medio	Cuatro ruedas
Op 21	Reajustar suspensión	Alto	Integral
Op 25	Limpiar y lubricar mecanismos puertas y ventanas	Piso	Exterior
Op 26	Balancear y rotar ruedas	Medio	Cuatro ruedas

Fuente: Creación propia.

4. El tiempo estándar para la operación de cambio de aceite se muestra en la Tabla 4-26, mientras que en la Tabla 4-18 se muestran los tiempos estimados para las actividades dentro de los 18 puntos. Al igual que en el mantenimiento de 5 000 Km, el cambio de aceite y filtro motor se efectúa en dos niveles por lo que el tiempo de la operación se estima de la siguiente manera: aproximadamente el 70% del tiempo total de la operación se consume en las actividades de decantar el aceite y colocar el nuevo filtro, realizadas a nivel alto, y el resto de tiempo a nivel piso

donde se coloca el aceite nuevo y se revisa el nivel del mismo. Por otro lado, se asume que el tiempo estándar de la operación de revisión, limpieza y regulación de frenos puede ser dividido en dos sectorizando el vehículo en parte posterior y parte delantera.

**Tabla 4-26** Tiempos estándar para cada uno de los modelos para las operaciones dentro del mantenimiento de 10 000 Km.

OPERACIONES		LUV D- Max	Grand Vitara	Aveo	Spark	Vitara Básico
		T (h)	T (h)	T (h)	T (h)	T (h)
Op 1	Cambiar aceite y filtro motor	0.22	0.23	0.22	0.24	0.22
Op 3	Cambiar filtro aire	0.03	0.03	0.07	0.07	0.06
Op 4	Limpiar, revisar y regular frenos	0.70	0.66	0.43	0.68	0.55
Op 21	Reajustar suspensión	0.11	0.11	0.12	0.07	0.14
Op 25	Limpiar y lubricar mecanismos de puertas y ventanas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03
Op 26	Balancear ruedas	0.64	0.58	0.49	0.55	0.47

Fuente: Creación propia basada en (Delgado Guzmán y Naranjo Bautista 136).

- Se procede a asignar las operaciones analizadas a cada uno de los técnicos como se muestra en la Tabla 4-27. Se estima que el tiempo de duración del mantenimiento de 10 000 Km para la Luv D-Max Gasolina es de 1 hora con 32 minutos.

**Tabla 4-27** Secuenciación inicial para el mantenimiento de 10 000 Km para Luv D-Max Gasolina.

ALTURA	TÉCNICO 1	TIEMPO (HORAS)	TÉCNICO 2	TIEMPO (HORAS)
PISO 1	REVISAR LUCES DESDE CABINA	0.004	REVISAR LUCES DESDE EXTERIOR	0.004
	REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE CABINA		REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIAPARABRISAS DESDE EXTERIOR	
	ABRIR CAPÓ DESDE CABINA		ABRIR CAPÓ DESDE EXTERIOR	
	REVISAR INTERIOR DE CABINA	0.033	COLOCAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	REVISAR DESGASTE DE LLANTAS Y PRESIÓN	0.033	REVISAR ESTADO DE BANDAS Y NIVELES DE LÍQUIDOS	0.017
	ACOMODAR BRAZOS DE ELEVADOR	0.01	REVISAR BATERÍA	0.117
	LIMPIAR Y LUBRICAR MECANISMOS PUERTAS Y VENTANAS	0.05	CAMBIO FILTRO DE AIRE	0.03
	<b>TOTAL NIVEL PISO 1 =</b>	<b>0.13</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 1 =</b>	<b>0.179</b>
ALTO 1	MARCAR LLANTAS CON TIZA PARA POSTERIOR ROTACIÓN	0.004	DRENAR ACEITE DEL CÁRTER Y COLOCAR EL FILTRO DE ACEITE	0.154
	INSPECCIONAR FUGAS DE LÍQUIDOS EN LA PARTE POSTERIOR Y DELANTERA	0.017		

	REVISAR VISUALMENTE AMORTIGUADORES POSTERIORES Y DELANTEROS, AJUSTAR CARROCERÍA POSTERIOR Y DELANTERA, Y REVISAR SISTEMA DE ESCAPE (REAJUSTAR SUSPENSIÓN)	0.11		
	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1 =</b>	0.131	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1 =</b>	0.154
<b>MEDIO 1</b>	DESMONTAR 2 RUEDAS POSTERIORES	0.022	DESMONTAR 2 RUEDAS DELANTERAS	0.022
	UBICAR RUEDAS POSTERIORES EN EL CARRITO	0.006	UBICAR RUEDAS DELANTERAS EN EL CARRITO	0.006
	LIMPIAR Y AJUSTAR FRENOS POSTERIORES (CAMBIAR ZAPATAS/PASTILLAS SI ES NECESARIO)	0.35	BALANCEAR 4 RUEDAS	0.64
			LIMPIAR Y AJUSTAR FRENOS DELANTEROS (CAMBIAR PASTILLAS SI ES NECESARIO)	0.35
	MONTAR Y AJUSTAR 4 RUEDAS	0.068	MONTAR Y AJUSTAR 4 RUEDAS	0.068
	<b>TOTAL NIVEL MEDIO 1=</b>	0.446	<b>TOTAL NIVEL MEDIO 1=</b>	1.086
<b>PISO 2</b>	REVISAR AJUSTE DE PERNOS DE LLANTAS	0.017	PONER ACEITE DE MOTOR Y REVISAR NIVEL DEL MISMO	0.066
	REVISAR CUMPLIMIENTO DE CHECK LIST DE 18 PUNTOS	0.083	REVISAR AJUSTE DE TAPAS EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR	0.017
	PONER REPUESTOS USADOS EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO	0.011	RETIRAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	RETIRAR BRAZOS DEL ELEVADOR	0.006		
	<b>TOTAL NIVEL PISO 2 =</b>	0.117	<b>TOTAL NIVEL PISO 2 =</b>	0.094
	<b>TOTAL TÉCNICO 1 =</b>	0.824	<b>TOTAL TÉCNICO 2=</b>	1.513

Fuente: Creación propia.

6. Como se observa en la Tabla 4-27 el desfase en el primer nivel es de aproximadamente de 3 minutos. Sin embargo, no se recomienda ningún cambio porque acertadamente se han dividido las tareas correspondientes al compartimiento del motor a un técnico y aquellas correspondientes al resto del vehículo al otro técnico, minimizando la confusión y aglomeración en un solo lugar de la bahía. Por otro lado, el desfase de segundo nivel es de sólo un minuto y medio y no existen otras posibilidades para disminuir la brecha pues, al técnico 2 se le asigna sólo una operación haciendo imposible acortar más el tiempo de su trabajo. Para el nivel medio, a primera vista, la brecha de tiempo entre los técnicos es muy grande. Sin embargo, se ha visto que si las zapatas de los frenos posteriores requieren cambio, esta operación tomará más tiempo que la limpieza y revisión de los frenos delanteros disminuyendo la brecha de tiempos entre los dos técnicos. Por otro lado, en caso de no necesitar reemplazo, el técnico que realiza la revisión de

frenos posteriores puede ayudar al otro técnico en la limpieza de uno de los frenos delanteros (pues su ajuste no es crítico como en el caso de los frenos posteriores) minimizando el tiempo de desfase entre los dos. Por último, el desfase del último nivel es considerado aceptable.

Se debe recalcar que a primera vista parece que el técnico 2 posee la mayor carga de trabajo, no obstante a pesar de que sus tareas tienen más duración, el técnico 1 debe desplazarse más dentro de la bahía de trabajo y del taller y aplicar más fuerza en tareas como el reajuste de suspensión.

7. El único caso en el cual se divide la totalidad de la operación en dos diferentes niveles es en la actividad de cambio de aceite y filtro motor, donde la condición de asignar a un solo técnico la operación se ha cumplido.
8. Se procede a realizar, tomando como base el mantenimiento de 10 000 Km que se acaba de estructurar, la secuencia para la Luv D-Max diesel que es la única excepción dentro de este kilometraje. Para este modelo se debe añadir la operación de cambio de filtro de combustible que se realiza en su totalidad a nivel piso y toma 0.08 horas. Como se observa en la Tabla 4-28, la operación se asigna al técnico encargado del compartimiento del motor al final del mantenimiento. Se decidió no asignar la tarea al principio del mismo porque el desfase de tiempo hubiese sido mayor.

**Tabla 4-28** Secuenciación inicial para el mantenimiento de 10 000 Km para Luv D-Max Diesel.

ALTURA	TÉCNICO 1	TIEMPO (HORAS)	TÉCNICO 2	TIEMPO (HORAS)
<b>PISO 1</b>	REVISAR LUCES DESDE CABINA	0.004	REVISAR LUCES DESDE EXTERIOR	0.004
	REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIARABRISAS DESDE CABINA		REVISAR ASPERSOR DE AGUA PARA LIMPIARABRISAS DESDE EXTERIOR	
	ABRIR CAPÓ DESDE CABINA		ABRIR CAPÓ DESDE EXTERIOR	
	REVISAR INTERIOR DE CABINA	0.033	COLOCAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011



	REVISAR DESGASTE DE LLANTAS Y PRESIÓN	0.033	REVISAR ESTADO DE BANDAS Y NIVELES DE LÍQUIDOS	0.017
	ACOMODAR BRAZOS DE ELEVADOR	0.01	REVISAR BATERÍA	0.117
	LIMPIAR Y LUBRICAR MECANISMOS PUERTAS Y VENTANAS	0.05	CAMBIO FILTRO DE AIRE	0.03
	<b>TOTAL NIVEL PISO 1 =</b>	<b>0.13</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 1 =</b>	<b>0.179</b>
<b>ALTO 1</b>	MARCAR LLANTAS CON TIZA PARA POSTERIOR ROTACIÓN	0.004	DRENAR ACEITE DEL CÁRTER Y COLOCAR EL FILTRO DE ACEITE	0.154
	INSPECCIONAR FUGAS DE LÍQUIDOS EN LA PARTE POSTERIOR Y DELANTERA	0.017		
	REVISAR VISUALMENTE AMORTIGUADORES POSTERIORES Y DELANTEROS, AJUSTAR CARROCERÍA INFERIOR POSTERIOR Y DELANTERA, Y REVISAR SISTEMA DE ESCAPE	0.11		
	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1 =</b>	<b>0.131</b>	<b>TOTAL NIVEL ALTO 1 =</b>	<b>0.154</b>
<b>MEDIO 1</b>	DESMONTAR RUEDAS POSTERIORES	0.022	DESMONTAR RUEDAS DELANTERAS	0.022
	UBICAR RUEDAS POSTERIORES EN EL CARRITO	0.006	UBICAR RUEDAS DELANTERAS EN EL CARRITO	0.006
	LIMPIAR Y AJUSTAR FRENOS POSTERIORES (CAMBIAR ZAPATAS/PASTILLAS SI ES NECESARIO)	0.35	BALANCEAR 4 RUEDAS	0.64
			LIMPIAR Y AJUSTAR FRENOS DELANTEROS (CAMBIAR PASTILLAS SI ES NECESARIO)	0.35
	MONTAR Y AJUSTAR 4 RUEDAS	0.068	MONTAR Y AJUSTAR 4 RUEDAS	0.068
	<b>TOTAL NIVEL MEDIO 1=</b>	<b>0.446</b>	<b>TOTAL NIVEL MEDIO 1=</b>	<b>1.086</b>
<b>PISO 2</b>	REVISAR AJUSTE DE PERNOS DE LLANTAS	0.017	PONER ACEITE DE MOTOR Y REVISAR NIVEL DEL MISMO	0.066
	REVISAR CUMPLIMIENTO DE CHECK LIST DE 18 PUNTOS	0.083	REVISAR AJUSTE DE TAPAS EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR	0.017
	PONER REPUESTOS USADOS EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO	0.011	CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE	0.080
	RETIRAR BRAZOS DEL ELEVADOR	0.006	RETIRAR COBERTOR DE GUARDAFANGOS	0.011
	<b>TOTAL NIVEL PISO 2 =</b>	<b>0.117</b>	<b>TOTAL NIVEL PISO 2 =</b>	<b>0.174</b>
<b>TOTAL TÉCNICO 1 =</b>	<b>0.824</b>	<b>TOTAL TÉCNICO 2=</b>	<b>1.593</b>	

Fuente: Creación propia.

9. Se procede a llenar los formatos de las hojas de trabajo estandarizado en el Anexo D-2 de los planes de mantenimiento estructurados de 10 000 Km para todos los modelos bajo estudio usando los resultados obtenidos de este análisis.

En el siguiente capítulo se realiza un análisis más profundo comparando los tiempos de mantenimiento con un técnico y con el método propuesto para visualizar de mejor manera los beneficios obtenidos con la estructuración de los planes de mantenimiento de éste y los demás kilometrajes.

A continuación se detallan las particularidades de cada uno de los planes de mantenimientos para la secuenciación con dos técnicos siguiendo la metodología descrita anteriormente.

#### **Estructuración del Plan de Mantenimiento de 15 000 – 35 000 – 75 000 – 95 000 Km**

Para la estructuración de este plan de mantenimiento se utilizó como base el de 5 000 Km presentado anteriormente. En el caso de la operación de cambio de aceite y filtro de motor, que se efectúa en dos niveles, se utilizó la estimación de que aproximadamente el 70% del tiempo total de la operación se consume en las actividades realizadas a nivel alto, y el resto de tiempo a nivel piso. En adición, se debe señalar que la limpieza del sistema de inyección en motores a diesel debe hacerse al aire libre por seguridad de los técnicos, lo que puede causar cierta descoordinación entre los mismos y tiempos muertos. En los modelos Vitara Básico, Grand Vitara 1.6 y 2.0 y Aveo la limpieza del sistema de inyección se realiza en tres diferentes etapas, por lo que se debe dividir el tiempo de la operación (Ver la hoja de elementos de limpieza sistema de inyección en el Anexo C-9). Una vez más, con ayuda del grupo focal se determinó que del tiempo total de la operación se destina el 15% para conectar el equipo a nivel alto, 75% para efectuar la limpieza del sistema de inyección a nivel piso y 10% para desconectar el equipo a nivel alto.

**Estructuración del Plan de Mantenimiento de 25 000 – 45 000 – 85 000 Km**

Para los planes de estos kilometrajes se tomó como base el mantenimiento de 5 000 Km. Para la operación de cambio de aceite y filtro motor se utilizó la estimación de tiempo mencionada en la estructuración de los planes de mantenimiento anteriores.

**Estructuración del Plan de Mantenimiento de 55 000 Km**

En este caso se utilizó como base el plan de mantenimiento de 25 000 Km estructurado con anterioridad. Para la operación de cambio de aceite y filtro motor se utilizó la estimación de tiempo mencionada en la estructuración de los planes de mantenimiento anteriores. En cuanto a la operación de limpieza de inyectores con ultrasonido se ha establecido con ayuda de los técnicos y el coordinador del taller que del tiempo indicado en el tempario para esta operación (Ver Tabla 3-5) se debe restar 20 minutos que es el tiempo en el cual los inyectores permanecen en la máquina de ultrasonido para ser limpiados (Ver hoja de elementos de limpieza de inyectores con ultrasonido en el Anexo C-1). Del tiempo restante, el 50% es utilizado para el desmontaje de los inyectores en el vehículo y la realización de las respectivas pruebas en la máquina de servicio de inyectores, mientras que el otro 50% se utiliza para retirar los inyectores de la máquina, terminar con el proceso de limpieza y el montaje de los mismos. Asimismo, en Luv D-Max Diesel no se hace limpieza de inyectores con ultrasonido dentro del taller por la falta de una máquina de servicio de inyectores a Diesel por lo que se terceriza este servicio. En este caso, el mantenimiento de 55 000 Km para Luv D-Max Diesel queda como mantenimiento de 5 000 Km.

**Estructuración del Plan de Mantenimiento de 20 000 – 100 000 Km**

Para la estructuración de este plan se utilizó como base el plan de mantenimiento de 10 000 Km. Para la operación de cambio de aceite y filtro motor se utilizó la estimación de tiempo mencionada en la estructuración de los planes de mantenimiento anteriores. Adicionalmente, para la operación de cambio de líquido de embrague, que se realiza en dos niveles, se determinó que el 75% del tiempo se utiliza para extraer el líquido y reemplazarlo con ayuda de la máquina a nivel piso y el 25% restante para terminar el proceso a nivel alto como se especifica en la hoja de elementos de cambio de líquido de embrague mostrada en el Anexo C-11. Asimismo, si la actividad de reajuste de suspensión se divide por zonas (parte delantera y

posterior) se debe dividir el tiempo de la misma en partes iguales. Por último, se debe prestar especial atención a las actividades designadas a nivel medio 1, pues a primera vista, la brecha de tiempo entre los técnicos es muy grande. Sin embargo, el técnico que realiza la revisión de frenos posteriores debe apoyar al otro técnico en la limpieza de uno de los frenos delanteros (pues su ajuste no es crítico como en el caso de los frenos posteriores) minimizando el tiempo de desfase entre los dos.

### **Estructuración del Plan de Mantenimiento de 30 000 – 90 000 Km**

Para la estructuración de este plan se utilizó como base el plan de mantenimiento de 10 000 Km. Para la operación de cambio de aceite y filtro motor se utilizó la estimación de tiempo mencionada en la estructuración de los planes de mantenimiento anteriores. Asimismo, si la actividad de reajuste de suspensión se divide por zonas (parte delantera y posterior) se debe dividir el tiempo de la misma en partes iguales. Se debe prestar especial atención a las actividades relacionadas con la limpieza, revisión y regulación de frenos por las consideraciones ya mencionadas. Se debe recordar que los planes de mantenimiento de estos kilometrajes para los modelos Luv D-Max se excluyeron del presente proyecto por la duración de la actividad de lubricación de cubos de rueda libre y puntas de eje. Por lo que se estructuraron los planes de mantenimiento sólo para el resto de modelos.

### **Estructuración del Plan de Mantenimiento de 40 000 – 80 000 Km**

Para la estructuración de este plan se utilizó como base el plan de mantenimiento de 20 000 Km. Para la operación de cambio de aceite y filtro motor se utilizó la estimación de tiempo mencionada en la estructuración de los planes de mantenimiento anteriores. Asimismo, si la actividad de reajuste de suspensión se divide por zonas (parte delantera y posterior) se debe dividir el tiempo de la misma en partes iguales. Especial atención se debe prestar a las actividades relacionadas con la limpieza, revisión y regulación de frenos por las consideraciones ya mencionadas. Por último, se debe mencionar que los planes de mantenimiento para Aveo, Spark y modelos 4X2, para los kilometrajes de 40 000 y 80 000 Km son iguales a los de 20 000 Km.

**Estructuración del Plan de Mantenimiento de 60 000 Km**

Para este caso se utilizó como base los planes de mantenimiento de 20 000 y 30 000 Km, pues el plan de mantenimiento de 60 000 Km es prácticamente la unión de ambos. De igual forma, se tomaron en cuenta todas las consideraciones mencionadas en la estructuración de los planes de mantenimiento de estos kilometrajes.

## **5. CAPÍTULO V: COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO TRADICIONAL Y BAHÍAS DE SERVICIO RÁPIDO**

### **5.1 Análisis de tiempos entre método tradicional y bahías de servicio rápido**

La presente sección cuantifica el beneficio teórico que se debería obtener con la implementación de la propuesta. Para esto, la Tabla 5-1 muestra el porcentaje de tiempo ahorrado entre las opciones uno y dos técnicos para cada kilometraje de cada modelo. Este cálculo toma en cuenta los tiempos teóricos obtenidos en el estudio de tiempos y movimientos realizado con anterioridad en el concesionario y los tiempos de ciclo obtenidos en las hojas de trabajo estandarizado.

**Tabla 5-1:** Comparación de tiempos de ejecución de mantenimientos entre el método tradicional (1 técnico) y el método propuesto (2 técnicos).**DURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEPENDIENDO DEL KILOMETRAJE (TIEMPO EN HORAS)**

CATEGORÍA	MODELOS BAJO ESTUDIO		5	10 - 50 - 70	15 - 35 - 75 - 95	20 - 100	25 - 45 - 85	30 - 90	40 - 80	55	60
1	AVEO 1.4 Y 1.6	1 Técnico	0.752	2.455	1.932	2.455	1.082	3.165	2.455	3.082	3.625
		2 Técnicos	0.420	1.257	0.617	1.234	0.676	1.727	1.234	1.927	2.118
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>48.8</b>	<b>68.1</b>	<b>49.7</b>	<b>37.5</b>	<b>45.4</b>	<b>49.7</b>	<b>37.5</b>	<b>41.6</b>
	SPARK 1.0	1 Técnico	0.772	2.735	1.952	2.735	1.032	3.025	2.735	3.032	3.275
		2 Técnicos	0.434	1.485	1.363	1.439	0.576	1.645	1.439	1.941	1.748
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>43.8</b>	<b>45.7</b>	<b>30.2</b>	<b>47.4</b>	<b>44.2</b>	<b>45.6</b>	<b>47.4</b>	<b>36.0</b>	<b>46.6</b>
	VITARA BÁSICO 1.6	1 Técnico	0.752	2.425	1.682	3.095	1.082	2.845	3.315	3.082	3.515
		2 Técnicos	0.42	1.294	1.082	1.703	0.599	1.534	1.774	1.980	1.970
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>46.6</b>	<b>35.7</b>	<b>45.0</b>	<b>44.6</b>	<b>46.1</b>	<b>46.5</b>	<b>35.8</b>	<b>44.0</b>
	GRAND VITARA 3P 1.6	1 Técnico	0.762	2.645	1.932	3.245	1.212	3.005	3.405	3.212	3.605
		2 Técnicos	0.443	1.380	1.242	1.871	0.722	1.534	1.874	2.138	2.184
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>35.7</b>	<b>42.3</b>	<b>40.4</b>	<b>49.0</b>	<b>45.0</b>	<b>33.4</b>	<b>39.4</b>
2	GRAND VITARA 5P 2.0 4X2	1 Técnico	0.762	2.645	1.932	3.055	1.212	3.005	3.055	3.312	3.415
		2 Técnicos	0.443	1.380	1.242	1.784	0.722	1.666	1.784	2.138	1.917
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>35.7</b>	<b>41.6</b>	<b>40.4</b>	<b>44.6</b>	<b>41.6</b>	<b>35.4</b>	<b>43.9</b>
	GRAND VITARA 5P 2.0 4X4	1 Técnico	0.762	2.645	1.932	3.245	1.212	3.005	3.405	3.312	3.605
		2 Técnicos	0.443	1.380	1.242	1.871	0.722	1.666	1.874	2.138	2.184
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>35.7</b>	<b>42.3</b>	<b>40.4</b>	<b>44.6</b>	<b>45.0</b>	<b>35.4</b>	<b>39.4</b>

		<b>Ahorrado</b>									
<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD MT</b>	1 Técnico	0.762	2.645	1.752	2.995	1.032	3.005	2.995	3.132	3.355	
	2 Técnicos	0.443	1.380	1.147	1.613	0.677	1.666	1.613	2.093	1.840	
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>34.5</b>	<b>46.1</b>	<b>34.4</b>	<b>44.6</b>	<b>46.1</b>	<b>33.2</b>	<b>45.2</b>	
<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD MT</b>	1 Técnico	0.762	2.645	1.752	3.185	1.032	3.005	3.345	3.132	3.545	
	2 Técnicos	0.443	1.380	1.147	1.700	0.677	1.666	1.783	2.093	1.990	
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>34.5</b>	<b>46.6</b>	<b>34.4</b>	<b>44.6</b>	<b>46.7</b>	<b>33.2</b>	<b>43.9</b>	
<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD AT</b>	1 Técnico	0.762	2.645	1.752	2.825	1.032	4.005	2.825	3.132	4.185	
	2 Técnicos	0.443	1.380	1.147	1.530	0.677	2.573	1.530	2.093	2.670	
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>34.5</b>	<b>45.8</b>	<b>34.4</b>	<b>35.8</b>	<b>45.8</b>	<b>33.2</b>	<b>36.2</b>	
<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD AT</b>	1 Técnico	0.762	2.645	1.752	3.015	1.032	4.005	3.175	3.132	4.375	
	2 Técnicos	0.443	1.380	1.147	1.633	0.677	2.573	1.828	2.093	2.820	
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>41.9</b>	<b>47.8</b>	<b>34.5</b>	<b>45.8</b>	<b>34.4</b>	<b>35.8</b>	<b>42.4</b>	<b>33.2</b>	<b>35.5</b>	
<b>LUV D-MAX 4 CILINDROS 2.4 4X2</b>	1 Técnico	0.752	2.905	1.832	3.595	1.062		3.595	3.162		
	2 Técnicos	0.42	1.502	1.199	2.101	0.636		2.101	2.261		
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>48.3</b>	<b>34.6</b>	<b>41.6</b>	<b>40.1</b>		<b>41.6</b>	<b>28.5</b>		
<b>3</b>	<b>LUV D-MAX 3.5 4X2</b>	1 Técnico	0.752	2.905	1.832	3.595	1.062		3.595	3.262	
		2 Técnicos	0.42	1.502	1.199	2.101	0.636		2.101	2.261	
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>48.3</b>	<b>34.6</b>	<b>41.6</b>	<b>40.1</b>		<b>41.6</b>	<b>30.7</b>	
<b>LUV D-MAX 3.5 4X4</b>	1 Técnico	0.752	2.905	1.832	3.775	1.062		3.905	3.262		
	2 Técnicos	0.42	1.502	1.199	2.198	0.636		2.281	2.261		
	<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>48.3</b>	<b>34.6</b>	<b>41.8</b>	<b>40.1</b>		<b>41.6</b>	<b>30.7</b>		



	<b>LUV D-MAX 3.5 AT 4X4</b>	1 Técnico	0.752	2.905	1.832	4.585	1.062		4.715	3.262	
		2 Técnicos	0.42	1.502	1.199	3.038	0.636		2.281	2.261	
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>44.1</b>	<b>48.3</b>	<b>34.6</b>	<b>33.7</b>	<b>40.1</b>		<b>51.6</b>	<b>30.7</b>	
<b>4</b>	<b>LUV D-MAX 2.5 DIESEL 4X2</b>	1 Técnico	0.832	2.985	1.602	3.675	0.832		3.675		
		2 Técnicos	0.408	1.593	1.247	2.159	0.477		2.159		
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>51.0</b>	<b>46.6</b>	<b>22.2</b>	<b>41.3</b>	<b>42.7</b>		<b>41.3</b>		
	<b>LUV D-MAX 3.0 DIESEL 4X4</b>	1 Técnico	0.832	2.985	1.602	3.855	0.832		3.985		
		2 Técnicos	0.408	1.593	1.247	2.256	0.477		2.319		
		<b>% de Tiempo Ahorrado</b>	<b>51.0</b>	<b>46.6</b>	<b>22.2</b>	<b>41.5</b>	<b>42.7</b>		<b>41.8</b>		
		<b>% PROMEDIO DE TIEMPO AHORRADO POR KILOMETRAJE</b>	<b>44.0</b>	<b>47.6</b>	<b>35.1</b>	<b>43.4</b>	<b>39.4</b>	<b>43.6</b>	<b>44.7</b>	<b>33.3</b>	<b>41.6</b>

Fuente: Creación propia.

Adicionalmente, la Tabla 5-1 muestra un resumen de los porcentajes de tiempo promedio ahorrados por kilometraje. El mínimo es de 33.3% correspondiente al mantenimiento de 55 000 Km, mientras que el máximo es de 47.6% correspondiente al mantenimiento de 10-50-70 000 Km que es el más atendido dentro del taller. En general los beneficios de la implementación de esta propuesta se ven reflejados en la mejora de los tiempos de respuesta hacia los clientes. Otra ventaja es que aplicando la estandarización se facilita la predictibilidad de la duración de cada mantenimiento y esto produce mejoras en el agendamiento de vehículos. Finalmente, con la aplicación de esta propuesta se observa un significativo aumento de la capacidad del taller ya que por cada equipo formado queda una bahía de trabajo libre. Este aumento de capacidad puede utilizarse para expansión futura sin necesidad de grandes inversiones.

## **5.2 Resultados de la Implementación**

Se realizó la implementación de prueba de las secuencias de mantenimientos propuestas con dos técnicos durante una semana desde el lunes 4 hasta el viernes 8 de julio en horario normal de 8am. a 5pm. Durante cada día se tomó un descanso de una hora para el almuerzo de 12am. a 1pm. Debido a la baja demanda característica del mes en que se realizó la implementación se obtuvo un total de 20 vehículos durante esta semana. Por tanto, fue imposible obtener muestras para todos los modelos y todos los kilometrajes analizados. Cuando los tamaños muestrales son insuficientes no pueden ser utilizados para estimar un parámetro determinado con el nivel de confianza deseado. Por esta razón, el objetivo principal de la implementación fue validar los planes de mantenimiento estructurados, mas no obtener datos estadísticos de los tiempos de duración de cada uno.

Los trabajos realizados durante la implementación incluyeron únicamente mantenimientos preventivo limpios excluyendo el mantenimiento de 65 000 Km para todos los vehículos y los mantenimientos de 30-90 000 Km y 60 000 Km para las camionetas Luv D-Max diesel y gasolina como se mencionó con anterioridad. Se trabajó en la bahía # 7 con los dos técnicos que habían sido previamente asignados para el proyecto por el coordinador de taller.

Durante cada cambio de vehículo, se le entregó a cada técnico una copia de la secuencia de mantenimiento correspondiente de acuerdo al modelo y tipo de mantenimiento a realizarse. Cabe recalcar que, con el objetivo de evitar el cansancio y/o aburrimento que podía surgir en cualquiera de los técnicos durante las pruebas, se alternaron indistintamente las actividades entre el técnico 1 y técnico 2.

Una de las mayores complicaciones obtenidas durante la implementación de prueba fue la baja concurrencia de vehículos a AUTOCONSA. Históricamente, el mes de julio es considerado un mes de baja demanda dentro del taller. Por este inconveniente, no se pudo probar la capacidad real de la bahía ya que existieron muchos tiempos muertos en los que los técnicos no podían trabajar. Adicionalmente, en dos ocasiones los técnicos no fueron abastecidos oportunamente de los repuestos que requerían para realizar los mantenimientos. En el primer caso la bodega no disponía de un filtro de aceite para la Luv D-Max Diesel, y en el segundo de un filtro de aire para la Luv D-Max Gasolina, que son vehículos atendidos con frecuencia en el taller. Finalmente, otra causa importante de demoras fue la petición de autorizaciones para cambio de pastillas y zapatas en caso de ser necesario, ya que para esto el técnico debe comunicar el requerimiento al asesor quien a su vez debe solicitar autorización al cliente.

Es importante mencionar que la mayor causa de demoras, fue la discrepancia entre los planes de mantenimiento proporcionados por General Motors y los disponibles en AUTOCONSA. Los planes de GM fueron recientemente actualizados y el concesionario pretende realizar los cambios en el menor tiempo posible. Por esta razón, durante la implementación se encontraron actividades extra en las órdenes de trabajo y otras incongruencias que no estaban contempladas al momento de estructurar cada mantenimiento.

A continuación, la Tabla 5-2 muestra la comparación entre los tiempos de mantenimiento obtenidos durante la semana de implementación y la estimación de tiempos teórica para dos técnicos. Cabe mencionar que, durante la implementación de prueba no se obtuvieron todos los modelos ni todos los mantenimientos. Adicionalmente, algunos modelos se atendieron más

de una vez. Como resultado se obtuvo al menos una muestra de cada mantenimiento con excepción de los kilometrajes 30- 90 000 Km y 55 000 Km. Se puede notar también que el modelo más atendido fue el Aveo.

**Tabla 5-2:** Comparación de tiempos de ejecución de mantenimientos durante la semana de implementación y el tiempo teórico del método propuesto (2 técnicos).

CATEGORÍA	MODELO S BAJO ESTUDIO	Comparación de tiempos obtenidos durante la semana de implementación versus los tiempos teóricos con 2 técnicos				
		KILOMETRAJE	10 000	15 000	25 000	40 000
1	AVEO 1.4 Y 1.6	T1 =	0.720	0.572	0.673	1.200*
		T2 =	0.800	0.597		0.700
		T3 =	1.133*	0.430		
		Tiempo Promedio de Implementación	0.884	0.533	0.673	0.950
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.257	0.617	0.676	1.234
		% de Diferencia de Tiempo	29.6	13.6	0.4	23.0
1	SPARK 1.0	KILOMETRAJE	15 000			
		T1 =	0.616			
		T2 =	0.750			
		Tiempo Promedio de Implementación	0.683			
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.363			
		% de Diferencia de Tiempo	49.9			
2	GRAND VITARA 5P 2.0 4X2	KILOMETRAJE	40 000			
		T1 =	1.220*			
		Tiempo Promedio de Implementación	1.220			
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.784			
		% de Diferencia de Tiempo	31.6			
2	GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD MT	KILOMETRAJE	20 000			
		T1 =	0.870			
		T2 =	1.083			
		Tiempo Promedio de	0.977			

		Implementación		
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.613	
		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>39.5</b>	
2	<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD AT</b>	<b>KILOMETRAJE</b>	<b>40 000</b>	
		T1 =	0.983	
		Tiempo Promedio de Implementación	0.983	
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.530	
		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>35.8</b>	
2	<b>GRAND VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD AT</b>	<b>KILOMETRAJE</b>	<b>60 000</b>	
		T1 =	1.167	
		Tiempo Promedio de Implementación	1.167	
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	2.820	
		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>58.6</b>	
3	<b>LUV D- MAX 3.5 4X4</b>	<b>KILOMETRAJE</b>	<b>10 000</b>	
		T1 =	0.816	
		Tiempo Promedio de Implementación	0.816	
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.502	
		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>45.7</b>	
4	<b>LUV D- MAX 2.5 DIESEL 4X2</b>	<b>KILOMETRAJE</b>	<b>50 000</b>	
		T1 =	1.1**	
		Tiempo Promedio de Implementación	1.1	
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	1.593	
		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>30.9</b>	
4	<b>LUV D- MAX 3.0 DIESEL 4X4</b>	<b>KILOMETRAJE</b>	<b>25 000</b>	<b>35 000</b>
		T1 =	0.467	0.6
		Tiempo Promedio de Implementación	0.467	0.6
		Tiempo Teórico 2 Técnicos	0.477	1.247

		<b>% de Diferencia de Tiempo</b>	<b>2.1</b>	<b>51.9</b>
--	--	----------------------------------	------------	-------------

	<b>% PROMEDIO DE DIFERENCIA DE TIEMPO</b>	<b>31.7</b>
--	---	-------------

\* Incluye tiempo de cambio de pastillas

\*\* Incluye tiempo de cambio de zapatas

Fuente: Creación propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 5-2 los tiempos reales siempre fueron menores a los calculados teóricamente entre dos técnicos. En promedio, los tiempos de ejecución reales fueron 31.7% menores a los estimados. Es posible que esto se deba a que el tiempo calculado para algunas operaciones contempla tareas repetidas entre las mismas. Por ejemplo, muchas de las operaciones comparten la operación de subir y bajar el elevador. Un factor que puede distorsionar la estimación del tiempo real es que el estudio de tiempos se realizó en operaciones individuales mas no en los mantenimientos por kilometraje en su totalidad.

Adicionalmente, se elaboraron diagramas de espagueti para identificar el flujo de trabajo durante la ejecución de los mantenimientos una vez implementado el método propuesto. La Figura E-1 y E-2 del Anexo E muestran el flujo del técnico 1 y 2 respectivamente en la bahía de trabajo durante el mantenimiento. La Figura E-3 en el mismo Anexo muestra los movimientos de los dos técnicos en un mismo diagrama. En comparación con los diagramas de espagueti realizados con el método tradicional (Ver Anexo B) se puede observar que el número de movimientos no se ha reducido significativamente. Sin embargo, el patrón de movimientos de cada técnico es más ordenado y localizado. Durante la estructuración de los planes de mantenimiento se decidió hacer un intercambio entre la cantidad de movimientos y el tiempo de ejecución, dándole prioridad a éste último para cumplir con los objetivos del proyecto.

## **6. CAPÍTULO VI: SIMULACIÓN**

Como se mencionó con anterioridad, durante la semana de implementación no se obtuvieron suficientes datos para poder evaluar estadísticamente los resultados del tiempo de duración de los planes de mantenimiento para dos técnicos por bahía. Por esta razón, se recurrió a la simulación para recrear el comportamiento del taller de AUTOCONSA específicamente en las cuatro bahías de mantenimiento preventivo con ambos métodos: el tradicional, que emplea un técnico por bahía, y el propuesto, creado para dos técnicos. De esta forma se pudo evaluar y comparar los dos sistemas para poder comprobar la eficacia del método propuesto y sus beneficios. Para tal efecto se usó el software de simulación Arena®. Se crearon dos modelos separados en este programa para representar cada sistema. A continuación se describirá y explicará el proceso de creación de los modelos, los datos utilizados, las asunciones realizadas y los resultados obtenidos.

### **6.1 Descripción del Sistema y Asunciones**

Para propósitos del estudio se simuló únicamente el comportamiento de las bahías de servicio rápido dentro del taller. El modelo incluirá la llegada de los vehículos desde su arribo al taller hasta su salida de las bahías de servicio rápido. El proceso de recepción de vehículos por parte de los asesores y los procesos consiguientes al de servicio de mantenimiento como lavado, alineación y otros, no serán considerados al no estar incluidos dentro del alcance de la presente tesis. De igual forma, cada uno de los dos modelos asume que las bahías de servicio rápido atienden exclusivamente a los diecisiete modelos bajo estudio y a mantenimientos limpios desde los 10 000 Km hasta los 100 000 Km.

Como ya se había mencionado AUTOCONSA posee una bahía especializada para mantenimientos de 5 000 Km, por lo cual, actualmente la asignación de este tipo de mantenimiento a bahías del resto del taller es casi inexistente. Asimismo no se considerarán los mantenimientos de 65 000 Km para ningún modelo ni los de 30 000 – 90 000 y 60 000 Km para la Luv D-Max. A pesar de que actualmente las cuatro bahías analizadas reciben estos trabajos, se decidió excluirlos de ambos modelos para poder obtener una comparación más

real de los sistemas. Si se incluía estos mantenimientos dentro del modelo del sistema tradicional, las medidas de desempeño del mismo se iban a ver afectadas en relación al modelo con el método propuesto, por el considerable tiempo de servicio que éstos requieren (para mayor detalle referirse a la sección 4.6.2). De esta forma, para que la comparación sea más justa cada modelo asume la atención de los mismos mantenimientos y los mismos modelos de vehículos.

## **6.2 Simulación en Arena**

Arena® fue usado para la creación de los dos modelos bajo análisis. El primer paso fue simular el arribo de los vehículos al taller con ayuda de un módulo “Create”. El concesionario proporcionó los datos de entradas de vehículos por concepto de mantenimientos al taller de un año y medio (de Enero/2010 a Junio/2011). Estos datos proporcionan información del número detallado de vehículos que ingresan al concesionario por hora por día de la semana. A pesar de que se contaba con gran cantidad de información, se decidió usar sólo los datos del mes con más demanda para probar el sistema bajo presión y poder analizar su comportamiento bajo esas condiciones, pues ésta constituye la prueba más crítica para el sistema. Como se puede observar en la Figura 6-1 el mes con más demanda fue Enero del 2011, por lo que para obtener una distribución adecuada que modele el arribo de vehículos al sistema se tomó en cuenta la información correspondiente a este mes.

En adición, se determinó que la información previa a Mayo del 2010 no era válida ya que se encontraba sesgada porque no tomaba en cuenta la actual medida de restricción vehicular denominada “Pico y Placa” vigente en el Distrito Metropolitano de Quito. Asimismo, se encontró que existe gran variabilidad de entrada de vehículos de un mes a otro por lo que tomar en cuenta los ingresos generales al taller introduciría más incertidumbre al modelo.

La base de datos proveía el número de vehículos que entraron al taller por hora para cada día del mes. Para obtener el tiempo entre arribos de vehículos al taller se dividió la hora para este valor de tal forma que se tuviera un valor de tiempo correspondiente a las entradas en esa



hora. Es decir, si en una hora entraron 6 vehículos se asume que cada uno de éstos arribó al taller con una separación de tiempo de 10 minutos. Esto se hizo con los datos de todo el mes de Enero del 2011. Esta asunción es válida porque para este sistema el tiempo entre arribos no es crítico como en el caso de modelamiento de aerolíneas y bancos donde la espera de los clientes en línea es fundamental para determinar el éxito de los mismos. En este caso, los vehículos una vez ingresados en recepción esperan en los parqueaderos para ser atendidos en las bahías de trabajo.

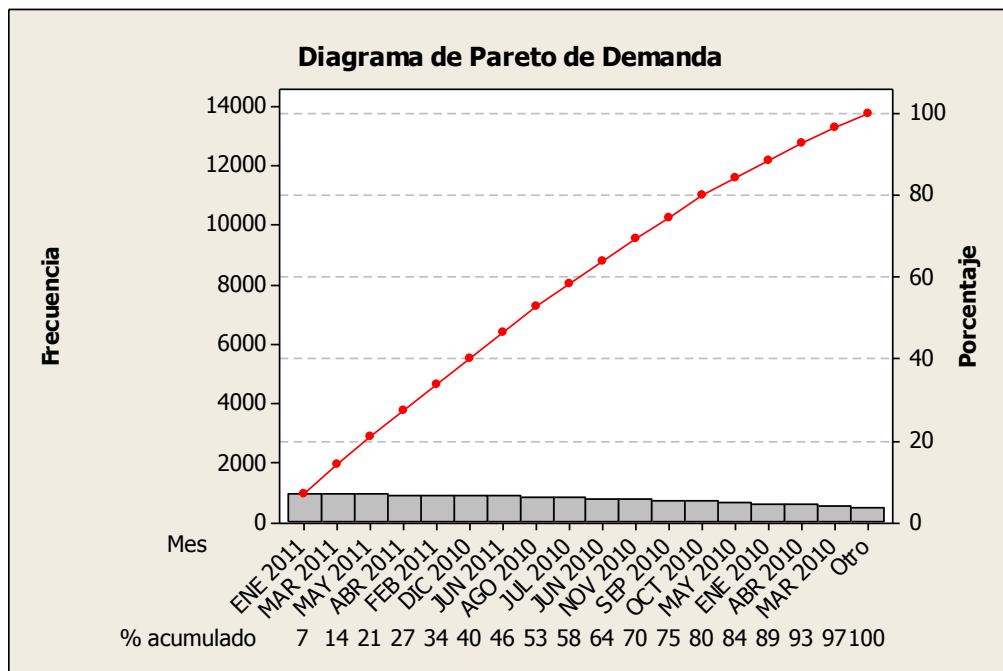
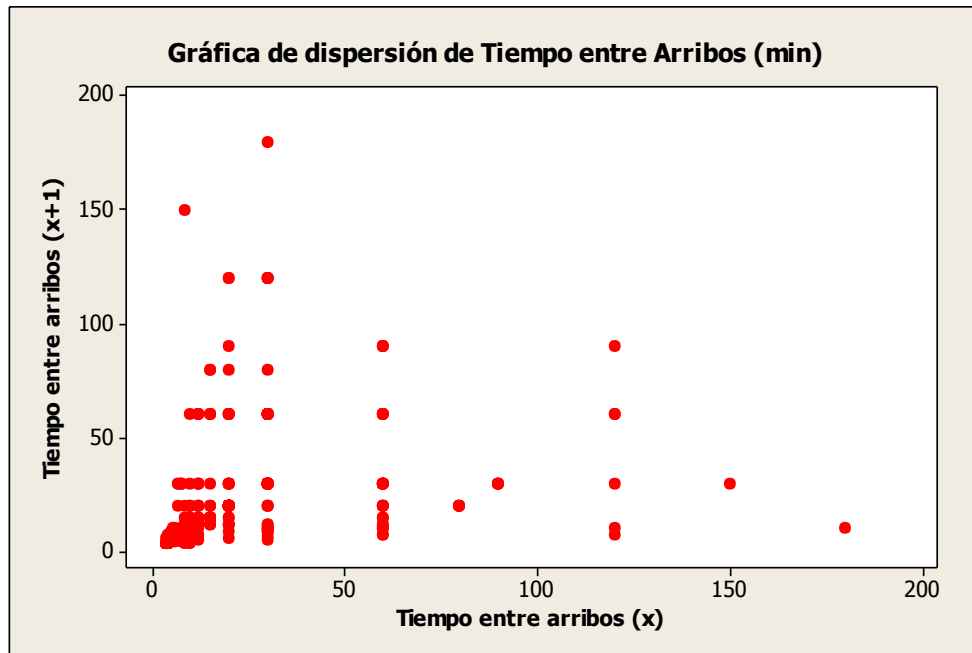


Figura 6-1: Pareto de la entrada de vehículos al taller de AUTOCONSA desde Enero 2010 hasta Junio 2011.

Una vez obtenidos los datos de entrada, en este caso los tiempos entre arribos, se procede a comprobar su independencia y aleatoriedad. Para este efecto se utilizaron dos herramientas: un diagrama de dispersión para corroborar independencia y una prueba de corrida o “run test” para verificar aleatoriedad. Estas dos pruebas se realizaron con ayuda de Minitab®. A continuación se muestra el diagrama de dispersión en la Figura 6-2 y los resultados de la prueba de corrida en la Figura 6-3.



**Figura 6-2:** Gráfica de dispersión del tiempo entre arribos de vehículos al taller en minutos.

### Prueba de corridas: Tiempo entre arribos (min)

Prueba de corridas para Tiempo entre arribos (min)

Corridas por encima y por debajo de  $K = 14.3580$

El número observado de corridas = 56

El número esperado de corridas = 352.508

238 observaciones por encima de  $K$ , 672 por debajo

Valor  $P = 0.000$

**Figura 6-3:** Resultado de la prueba de corridas del tiempo entre arribos de vehículos al taller en minutos.

Como se puede observar en las dos pruebas los supuestos no se cumplen. En la gráfica de dispersión los puntos no están distribuidos aleatoriamente y al parecer presentan cierto patrón. Por otro lado, la prueba de corridas muestra que el número observado de corridas es bastante diferente al número esperado de corridas. En adición, se observa que el valor  $p$  de la prueba es menor al  $\alpha$  utilizado de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de la prueba y se concluye que existe evidencia estadística para creer que los datos no son aleatorios. Los resultados no son sorprendentes pues al utilizar la asunción de que el tiempo entre arribos de

los vehículos en una hora es uniforme se está quitando la aleatoriedad a los datos. Por esta misma razón, se tiene que los datos no son independientes. Sin embargo, al ser los datos de tiempo entre arribos de vehículos al taller no críticos por las razones antes presentadas, se puede utilizar estos datos de entrada. Para comprobar que la asunción sea correcta y no influya negativamente en el modelo se verificó y validó el mismo en la sección 6.3 del presente proyecto para asegurar que el sistema esté correctamente representado por estos datos.

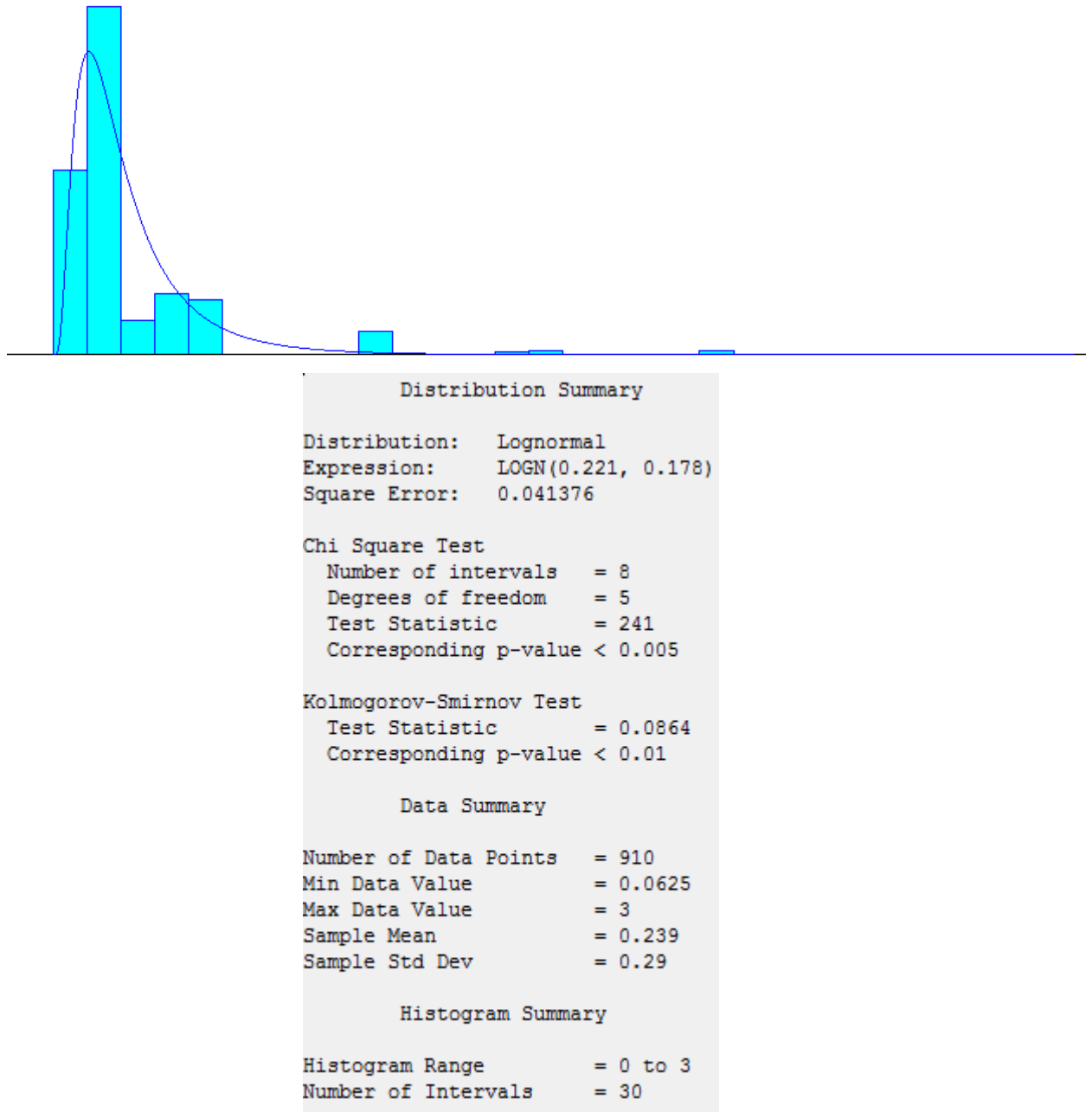
Una vez efectuadas estas pruebas se prosiguió a analizar los tiempos entre arribos con ayuda del Input Analyzer, una herramienta de Arena®. Esta herramienta permite evaluar los datos y ajustarlos a una distribución de probabilidad para poder luego ingresar esta información a Arena, en este caso específico al módulo “Create” que establece el ingreso de vehículos al sistema. El Input Analyzer prueba el ajuste de los datos suministrados a distribuciones de probabilidad individuales. Dependiendo de los datos proporcionados para el análisis, el programa calcula automáticamente estadísticos como el error cuadrático y elige la distribución con el menor de estos. En la Figura 6-4 se muestra el resultado obtenido para todas las distribuciones probadas. Se puede observar que la distribución Lognormal es la que posee el menor error cuadrado por lo que se debe analizar más a profundidad la misma para comprobar que los datos se ajustan adecuadamente a ésta.

Function	Sq Error
Lognormal	0.0414
Gamma	0.0692
Erlang	0.0719
Weibull	0.0752
Exponential	0.0877
Beta	0.102
Normal	0.166
Triangular	0.259
Uniform	0.282

**Figura 6-4:** Despliegue de resultados en orden ascendente del error cuadrado para todas las distribuciones probadas.

Sin embargo, al analizar más de cerca el ajuste de los datos a la distribución Lognormal se pudo observar que, a pesar de tener el menor error cuadrado, la hipótesis nula de ambas pruebas de bondad y ajuste (Chi Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov) fueron rechazadas. En la

Figura 6-5 se observa que el valor  $p$  para ambas pruebas es menor que  $\alpha = 0.05$ . Por esta razón, estadísticamente la distribución Lognormal no es un ajuste adecuado para los datos de tiempo entre arribos de vehículos al taller.



**Figura 6-5:** Despliegue de resultados del análisis de bondad y ajuste para los datos de tiempo entre arribos de vehículos al taller a una distribución Lognormal.

Al tener valores  $p$  bajos se decidió usar una distribución empírica para capturar de mejor manera las características de los datos de tiempos entre arribos. Los valores de tiempo entre arribos en minutos fueron aproximados al inmediato inferior, para poder obtener su frecuencia y formar la distribución empírica. A continuación se presenta en la Tabla 2-1 la información utilizada para crear dicha distribución. Cabe recalcar que para utilizar una distribución empírica en Arena®, ya sea ésta continua o discreta, se debe obtener la probabilidad acumulada de los valores.

**Tabla 6-1:** Tiempo entre arribos de vehículos al taller con su probabilidad de ocurrencia.

Tiempo entre Arribos (Minutos)	Frecuencia	Probabilidad	Probabilidad Acumulada
3	46	0.0505	0.0505
4	50	0.0549	0.1055
5	77	0.0846	0.1901
6	150	0.1648	0.3549
7	64	0.0703	0.4253
8	98	0.1077	0.5330
10	102	0.1121	0.6451
12	85	0.0934	0.7385
15	44	0.0484	0.7868
19	77	0.0846	0.8714
30	70	0.0769	0.9484
60	30	0.0330	0.9813
79	4	0.0044	0.9857
90	5	0.0055	0.9912
120	6	0.0066	0.9978
150	1	0.0011	0.9989
180	1	0.0011	1.0000

Fuente: Creación propia basada en el Sistema de Información AUTOCONSA.

Una vez creadas las entidades en el sistema, se procede a seleccionar a través de una red de módulos “Decide” el modelo del vehículo y el tipo de mantenimiento a realizarse. Para este efecto se usaron los datos proporcionados por el concesionario sobre los modelos que habían

ingresado al taller tres meses previos al comienzo del presente estudio, a saber, los meses entre Noviembre 2010 y Enero 2011. Esta base de datos contenía únicamente los vehículos ingresados por concepto de mantenimiento al taller. En la Tabla 6-2 se presenta un resumen de la información usada en el modelo de simulación.

**Tabla 6-2:** Porcentaje de entrada de vehículos a AUTOCONSA por concepto de mantenimiento de acuerdo al modelo.

MODELO DE VEHÍCULO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
AVEO 1.6 y 1.4	1435	0.245
OTROS	939	0.160
LUV D-MAX 4 CILINDROS 2.4	766	0.131
LUV D-MAX 3.0 DIESEL 4X4	515	0.088
GRAN VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD MT	509	0.087
GRAND VITARA 5P 2.0 4X2	481	0.082
SPARK 1.0	222	0.038
VITARA BÁSICO 1.6	195	0.033
LUV D-MAX 2.5 DIESEL 4X2	190	0.032
GRAND VITARA 1.6	178	0.030
LUV D-MAX V6 3.5 4X4	134	0.023
GRAN VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD MT	88	0.015
GRAN VITARA 5P 2.0 SZ - 2WD AT	73	0.012
LUV D-MAX V6 3.5 4X2	57	0.010
LUV D-MAX V6 3.5 AT 4X4	40	0.007
GRAND VITARA 5P 2.0 4X4	28	0.005
GRAN VITARA 5P 2.0 SZ - 4WD AT	3	0.001

Fuente: Creación propia basada en el Sistema de Información AUTOCONSA.

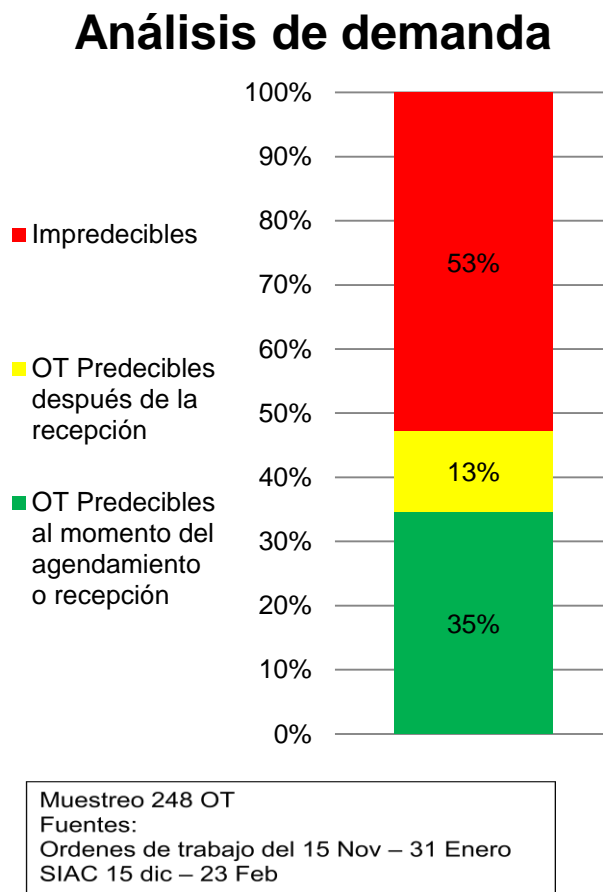
De igual forma, de la base de datos se obtuvo información de la cantidad de vehículos ingresados por concepto de mantenimiento preventivo al taller de AUTOCONSA en el periodo de un año (Marzo 2010 – Marzo 2011) por kilometraje desde los 5 000 Km hasta los 100 000 Km. De esta forma se pudo determinar la información presentada en la Tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Porcentaje de entrada de vehículos al taller de AUTOCONSA por concepto de mantenimiento dependiendo del modelo y kilometraje.

PORCENTAJE DE ENTRADA DE VEHÍCULOS AL TALLER POR MODELO Y KILOMETRAJE										
KILOMETRAJE	SPARK	AVEO 1.4 Y 1.6	VITARA BÁSICO	GV 1.6	GV 2.0	GV SZ 2.0	LUV D-MAX 2.4	LUV D-MAX 3.5	LUV D-MAX 2.5	LUV D-MAX 3.0
5 000	0.196	0.251	0.172	0.097	0.222	0.164	0.139	0.043	0.085	0.130
10 000	0.143	0.177	0.145	0.089	0.150	0.166	0.086	0.052	0.074	0.113
15 000	0.107	0.119	0.130	0.095	0.110	0.130	0.071	0.069	0.074	0.104
20 000	0.089	0.098	0.109	0.092	0.100	0.124	0.051	0.090	0.064	0.070
25 000	0.065	0.064	0.101	0.060	0.062	0.081	0.061	0.078	0.074	0.058
30 000	0.051	0.062	0.050	0.077	0.061	0.088	0.068	0.061	0.043	0.066
35 000	0.065	0.040	0.056	0.072	0.054	0.070	0.058	0.058	0.064	0.053
40 000	0.033	0.039	0.041	0.054	0.032	0.041	0.033	0.058	0.096	0.072
45 000	0.039	0.024	0.036	0.066	0.027	0.035	0.043	0.075	0.085	0.070
50 000	0.051	0.025	0.012	0.077	0.018	0.020	0.040	0.069	0.053	0.066
55 000	0.045	0.020	0.006	0.052	0.014	0.022	0.053	0.052	0.043	0.045
60 000	0.042	0.022	0.024	0.052	0.018	0.014	0.033	0.061	0.074	0.041
65 000	0.027	0.020	0.024	0.029	0.020	0.012	0.036	0.038	0.021	0.026
70 000	0.009	0.011	0.015	0.017	0.032	0.014	0.030	0.032	0.053	0.013
75 000	0.009	0.008	0.015	0.020	0.022	0.005	0.025	0.043	0.000	0.017
80 000	0.003	0.006	0.015	0.014	0.019	0.005	0.031	0.014	0.021	0.006
85 000	0.009	0.006	0.021	0.014	0.016	0.003	0.035	0.020	0.011	0.013
90 000	0.006	0.004	0.012	0.011	0.005	0.002	0.033	0.032	0.021	0.013
95 000	0.003	0.002	0.006	0.003	0.007	0.002	0.036	0.032	0.021	0.017
100 000	0.009	0.001	0.012	0.009	0.011	0.002	0.038	0.023	0.021	0.006

Fuente: Creación propia basada en el Sistema de Información AUTOCONSA.

Cabe recalcar, como se había mencionado antes, que los vehículos correspondientes a los modelos que no están bajo estudio o mantenimientos con kilometraje de 5 000 Km y 65 000 Km para todos los modelos, y de 30 – 90 000 Km y 60 000 Km para Luv D-Max son enviados a módulos “Dispose” que sitúan la entidades fueran del sistema pues no son de interés para la simulación. Por otro lado, para determinar la cantidad de mantenimientos limpios que ingresan al taller y que son precisamente los que van a ser enviados a las bahías de servicio rápido se utilizó la información presentada en la Figura 6-6 proveniente de un análisis realizado por AUTOCONSA a 248 órdenes de trabajo entre el 15 de noviembre del 2010 y 23 de febrero del 2011. En ésta se puede observar que el 35% de los trabajos de mantenimiento que entran al taller corresponden a los denominados mantenimientos limpios.



**Figura 6-6:** Análisis de la demanda de AUTOCONSA.



Es importante mencionar que hasta este punto de la construcción de los modelos en Arena® no existe ninguna diferencia entre el modelo que refleja la situación actual y la situación propuesta. Sin embargo, una vez que se ha decidido el tipo de mantenimiento y el modelo del vehículo se le asigna a cada entidad un tiempo de servicio. Estos tiempos de servicio se determinan con ayuda de la Tabla 5-1 donde estos se especifican de acuerdo al modelo, al kilometraje del mantenimiento y al número de técnicos que atienden el vehículo (1 ó 2). Se debe recordar en este punto que la situación actual emplea un técnico por bahía y la situación propuesta dos.

Una vez que se ha asignado el tiempo correspondiente de servicio, las entidades fluyen a través de un módulo “Process” que simula la atención en cada bahía de mantenimiento. En el modelo de la situación actual se tienen cuatro técnicos como recursos del módulo, mientras que en el modelo de la situación propuesta se tienen dos equipos de trabajo conformados por dos técnicos cada uno. Como se puede observar ambos modelos trabajan con cuatro personas, pero en distintas configuraciones. De esta forma no se añaden o se retiran recursos lo que podría afectar al momento de comparar los dos escenarios. Por otro lado, ambos modelos toman en cuenta la hora de almuerzo y el receso que poseen los técnicos en el taller. El receso es para todo el personal y se proporciona a las 10:00 am con una duración de 15 minutos. Por otro lado, la mitad del personal tiene su hora de almuerzo de 12:00 am a 1:00 pm y la otra mitad de 1:00 pm a 2:0 pm.

Finalmente, las entidades entran a otro módulo “Dispose” que indica el final del modelo. Además, a lo largo del modelo se utilizaron algunos módulos “Record” para guardar ciertas estadísticas de interés como número de vehículos atendidos y tiempo en el sistema. La primera se utiliza como una medida de validación y verificación del modelo, mientras que la segunda es la medida de desempeño principal utilizada para comparar la efectividad del método propuesto con respecto al método actual.

## **6.3 Validación y verificación del modelo**

Para validar y verificar los modelos antes descritos se utilizaron algunos métodos. En primer lugar se animó el modelo y se comparó el flujo de las entidades a través de los sistemas. En especial, se verificó que las entidades fluyeran de acuerdo a las probabilidades encontradas para cada tipo de vehículo y de mantenimiento. En adición, se verificaron los resultados obtenidos al final de cada corrida. Se comparó el número de entidades que entraron al sistema de la situación actual (879 vehículos) con la demanda real del mes de Enero del 2011 (893 vehículos). Como se puede observar se obtuvo satisfactoriamente un número cercano a los datos obtenidos del concesionario. Desafortunadamente, no se pudo efectuar una prueba de hipótesis de igualdad de medias para corroborar estadísticamente los resultados por falta de datos sobre el ingreso de vehículos por mes, por lo que no se puede obtener una media y desviación estándar de los datos reales para realizar dicha prueba. Adicionalmente, se verificó los resultados de todos los contadores dentro de los modelo para determinar si los mismos eran o no factibles dada la naturaleza de los mismos. Por último, se definió una medida de desempeño denominada “número de vehículos atendidos”. Esta medida fue creada con el objetivo de verificar que los dos sistemas estuvieran manejando la misma cantidad de vehículos de tal forma que la comparación entre ellos fuera justa. Como se verá más adelante, el análisis realizado comprueba que efectivamente esta condición se cumple. A través de todas estas pruebas se determinó que el modelo representaba adecuadamente los sistemas bajo estudio.

## **6.4 Análisis de Información de Salida**

### ***6.4.1 Número de Replicaciones***

El estadístico de interés en este estudio es: tiempo promedio en el sistema de los vehículos atendidos en las bahías de servicio rápido, que toma en cuenta el tiempo desde que los vehículos están listos para entrar a las bahías de servicio hasta que salen de las mismas. Adicionalmente, se tiene la medida de verificación denominada número de vehículos atendidos. Para determinar el número de replicaciones independientes requeridas para la

simulación de estos dos modelos se corrieron los mismos con 100 replicaciones. A mayor número de replicaciones se obtiene una mejor estimación de la desviación estándar de los datos y se disminuye la probabilidad de error tipo II. Este número se asumió aceptable para realizar los cálculos respectivos y determinar el número de replicaciones necesarias. Al tener dos medidas de interés se obtuvo la desviación estándar y la media de cada uno para ambos modelos. A continuación se resume en la Tabla 6-4 la información calculada de las 100 replicaciones.

**Tabla 6-4:** Resumen de la desviación estándar y media de las medidas de interés calculadas a partir de 100 replicaciones.

Medida de Interés	Desviación Estándar	Media	Half Width
TIS Actual	0.486 horas	3.140 horas	0.10 horas
TIS Propuesta	0.633 horas	2.341 horas	0.13 horas
# Vehículos Atendidos Actual	3.630 vehículos	91.853 vehículos	0.73 vehículos
# Vehículos Atendidos Propuesta	3.607 vehículos	91.410 vehículos	0.72 vehículos

Fuente: Creación propia.

Con los resultados de las replicaciones mostrados anteriormente se puede formar un intervalo de confianza para la medida de interés esperada. Con ayuda de la fórmula presentada en la Sección 2.6.4 se puede obtener un estimado inicial del número de replicaciones necesarias para formar un intervalo de confianza de 95% con  $\alpha = 0.05$ .

$$n \approx z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2}{h^2}$$

En este caso se utilizó un  $z_{1-\alpha/2} = 1.96$  obtenida de la curva de distribución normal. Los cálculos para cada una de las medidas de interés se muestran a continuación.

$$n \approx z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2(TIS Actual)}{h^2 (TIS Actual)} \approx 1.96^2 * \frac{0.486^2}{0.10^2} \approx 91$$

$$n \approx z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2(TIS Propuesta)}{h^2 (TIS Propuesta)} \approx 1.96^2 * \frac{0.633^2}{0.13^2} \approx 92$$

$$n \approx z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2(\# Vehículos Atendidos Actual)}{h^2 (\# Vehículos Atendidos Actual)} \approx 1.96^2 * \frac{3.630^2}{0.73^2} \approx 95$$

$$n \approx z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2(\# Vehículos Atendidos Propuesta)}{h^2 (\# Vehículos Atendidos Propuesta)} \approx 1.96^2 * \frac{3.607^2}{0.72^2} \approx 97$$

Ahora se usa la siguiente inequidad para probar los posibles candidatos para el tamaño de muestra final. Se debe notar que es necesario reemplazar  $t_{n-1,1-\alpha/2}^2$  por  $z_{1-\alpha/2}$  para poder tener el  $n$  exacto para una precisión específica.

$$n \geq t_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{s^2}{h^2}$$

Se evalúa a cada una de las medidas de interés en la Tabla 6-5 usando la inequidad antes mostrada para diferentes valores de  $n$  hasta encontrar aquel que satisfaga la misma.

**Tabla 6-5:** Evaluación de los posibles tamaños de muestra para cada una de las medidas de interés.

<b>TIS ACTUAL</b>				
<b>R</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>
$t_{0.025,n-1}$	1.9867	1.9864	1.9861	1.9858
$(t_{0.025,n-1}^2 * s^2) / h^2$	93.22	93.20	93.17	93.14

<b>TIS PROPUESTA</b>			
<b>R</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>
$t_{0.025,n-1}$	1.9864	1.9861	1.9858
$(t_{0.025,n-1}^2 * s^2) / h^2$	93.55	93.52	93.50

<b># VEHÍCULOS ATENDIDOS ACTUAL</b>				
<b>R</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>
$t_{0.025,n-1}$	1.9855	1.9853	1.9850	1.9847
$(t_{0.025,n-1}^2 * s^2) / h^2$	97.48	97.45	97.43	97.40

<b># VEHÍCULOS ATENDIDOS PROPUESTA</b>			
<b>R</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>
$t_{0.025,n-1}$	1.9850	1.9847	1.9845
$(t_{0.025,n-1}^2 * s^2) / h^2$	98.89	98.86	98.84

Fuente: Creación propia.

Por ende, para obtener un intervalo de confianza de 95% y la precisión deseada el número óptimo de replicaciones independientes que deben correrse es 99. Se eligió, el número de replicaciones mayor para asegurar que todas las medidas de desempeño cumplan con estos requerimientos.

#### ***6.4.2 Ajuste de Parámetros***

Los modelos que se crearon para efectos del presente estudio son simulaciones con terminación en las cuales el análisis del periodo de interés dictamina las condiciones específicas de inicio, terminación y la longitud de la corrida. Para este caso se decidió no usar un periodo de calentamiento, pues en muchas ocasiones las cuatro bahías bajo estudio están disponibles a primera hora de la mañana. Por lo cual, era razonable suponer que los sistemas comenzaban vacíos al principio de la simulación. Adicionalmente, la longitud de la corrida se estableció como 20 días de 9 horas para simular un mes completo de trabajo congruente con los datos de entrada del modelo.

#### ***6.4.3 Comparación de Resultados entre Situación Actual y Propuesta***

Para comparar los modelos de la situación actual y la propuesta se usaron los datos de las 99 replicaciones del tiempo de los vehículos en el sistema una vez que se verificó que el número de vehículos atendidos en ambos sistemas era consistente. Para este efecto se realizó una prueba t de dos muestras para cada una de las medidas de interés con ayuda de Minitab® para la inferencia de la diferencia de medias de dos poblaciones normales con varianza desconocida. Al tener una muestra de más de 30 datos para las dos medidas se asume que los datos siguen una distribución normal. A continuación se presentan los resultados obtenidos con Minitab® para ambos análisis en las Figura 6-7, Figura 6-8, Figura 6-9 y Figura 6-10.

### Prueba T e IC de dos muestras: Autos Atendidos Actual, Autos Atendidos Propuesta

T de dos muestras para Autos Atendidos Actual vs. Autos Atendidos Propuesta

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
Autos Atendidos Actual	99	91.92	3.58	0.36
Autos Atendidos Propuest	99	91.49	3.55	0.36

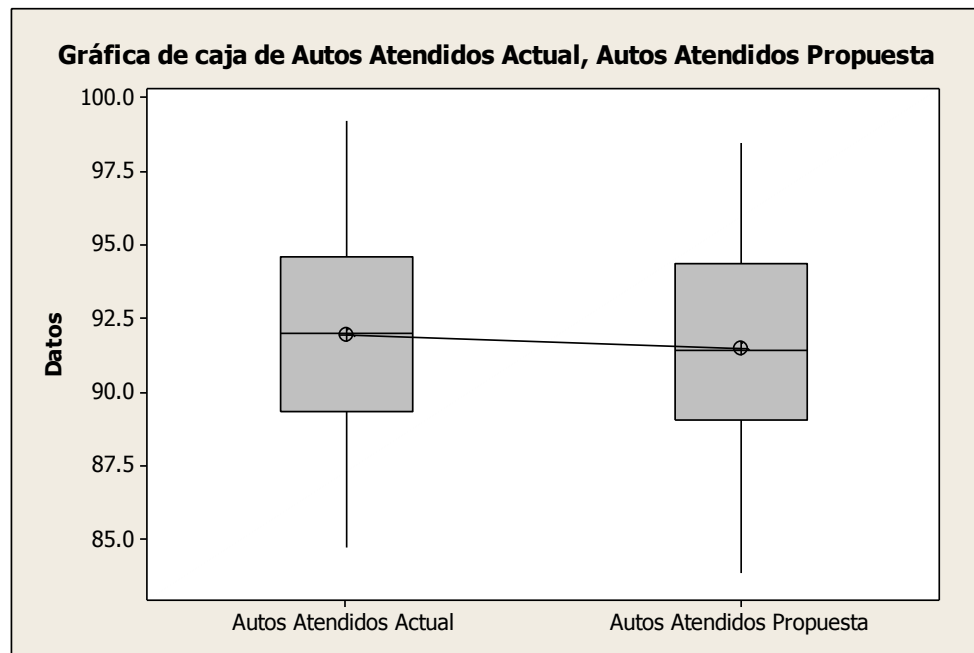
Diferencia =  $\mu$  (Autos Atendidos Actual) -  $\mu$  (Autos Atendidos Propuesta)

Estimado de la diferencia: 0.437

IC de 95% para la diferencia: (-0.562, 1.436)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0.86 Valor P = 0.389 GL = 195

**Figura 6-7** Prueba T e IC de dos muestras: Autos Atendidos Actual, Autos Atendidos Propuesta



**Figura 6-8** Resultados de la prueba t de dos muestras para # de Autos Atendidos Actual y # de Autos Atendidos Propuesta.

**Prueba T e IC de dos muestras: TIS Actual, TIS Propuesta**

T de dos muestras para TIS Actual vs. TIS Propuesta

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
TIS Actual	99	3.137	0.488	0.049
TIS Propuesta	99	2.341	0.636	0.064

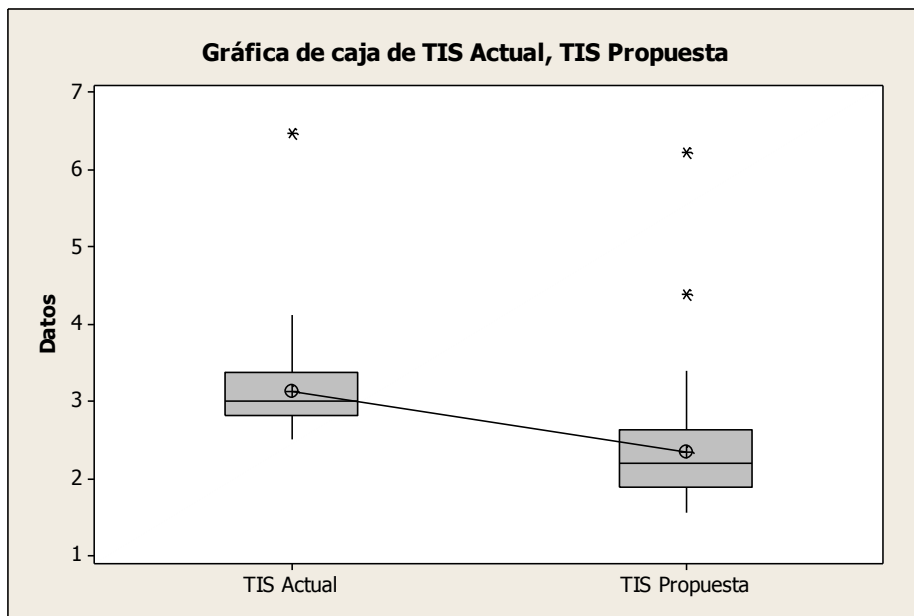
Diferencia =  $\mu$  (TIS Actual) -  $\mu$  (TIS Propuesta)

Estimado de la diferencia: 0.7965

IC de 95% para la diferencia: (0.6374, 0.9555)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 9.88 Valor P = 0.000 GL = 183

**Figura 6-9** Prueba T e IC de dos muestras: TIS Actual, TIS Propuesta



**Figura 6-10** Resultados de la prueba t de dos muestras para TIS Actual y TIS Propuesta.

Como se puede observar en el primer análisis (Ver Figura 6-7 y Figura 6-8) la prueba t para dos muestras efectuada para el número de vehículos atendidos indica que no existe suficiente evidencia estadística para decir que las medias de los dos sistemas difieren como lo indica el valor *p*. El análisis realizado a este parámetro de validación corrobora que ambos sistemas manejan una cantidad similar de vehículos validando la comparación realizada a continuación al parámetro de desempeño.

Por otro lado, las Figura 6-9 y Figura 6-10 muestran que el valor  $p$  es menor que el nivel de confianza de 0.05 para la prueba  $t$  realizada a la medida de desempeño “tiempo en sistema”. Esto quiere decir que la hipótesis nula de la prueba es rechazada y que las medias de TIS Actual y Propuesta son estadísticamente diferentes. En el mismo resultado se muestra que el intervalo de confianza de la diferencia no incluye el cero y es positivo lo que indica que el TIS Actual es mayor que el TIS Propuesto ya que se está probando la diferencia:  $\mu$  (TIS Actual) -  $\mu$  (TIS Propuesta). Esto indica que el tiempo que los vehículos permanecen en el sistema con el método actual empleando un técnico por bahía es mayor a aquel del sistema que emplea dos técnicos por bahía. En conclusión, el método propuesto prueba ser más eficiente en cuanto al tiempo de permanencia de los vehículos en el taller, lo que se deriva en un mejor servicio al cliente y entrega de vehículos.

## **6.5 Beneficios de la propuesta**

Fundamentalmente los beneficios se ven reflejados en el cliente. En primer lugar, al realizar el mantenimiento de forma estandarizada, el concesionario tiene la posibilidad de pronosticar el inicio y fin de cada trabajo en base al modelo del vehículo y al kilometraje del mismo. Esto a su vez genera la posibilidad de manejar un buen agendamiento de vehículos. Como consecuencia, se le provee un mejor servicio al cliente ya que éste puede elegir la hora de entrada de su vehículo e inmediatamente saber una hora aproximada de entrega.

En la actualidad, este tipo de agendamiento no provee una ventaja al cliente, ya que, como no se pueden saber la hora de culminación del trabajo, todos los asesores planifican la salida de los vehículos para el final del mismo día o del día siguiente. Las consecuencias de esta mala planificación son evidentes cuando a las 5:00 pm. se presenta una aglomeración de usuarios tratando de sacar sus vehículos del concesionario. Este tráfico pesado de clientes dificulta la atención personalizada y atenta que requieren. Por tanto, la persona que acude a realizar el mantenimiento de su vehículo se beneficia en cuanto a mejoras en el servicio, tiempo de entrega y tiempo de espera.



Consecuentemente, la empresa se beneficia ya que, al recibir mejor servicio, se incrementa la fidelidad del cliente y la recompra. En adición, con la implementación de esta propuesta, se aumenta la capacidad del taller sin necesidad de invertir en aumento de recursos humanos ni de infraestructura. Esto conlleva a que el concesionario pueda sostener, en un futuro, el crecimiento de demanda que se crearía al aumentar la satisfacción del cliente y la recompra. Esta capacidad extra podría también soportar la creciente demanda que se planea tener en base a estrategias de marketing y/o promociones esporádicas.

## 7. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

- El presente proyecto tomó como base los planes de mantenimiento actualizados para los modelos bajo estudio proporcionados por GM. Es fundamental mencionar que en la actualidad AUTOCONSA maneja planes de mantenimiento diferentes que no se ajustan a los planes antes mencionados e invalidan los procesos para dos técnicos estructurados en esta tesis.
- La falta de estandarización del trabajo dentro de los procesos de mantenimiento preventivo en AUTOCONSA causa desperdicios en cuanto a movimientos, tiempo de ejecución de tareas y dificultad para predecir la duración de cada mantenimiento y por ende la carga del taller.
- El sistema de información del taller está subutilizado, principalmente porque la práctica de descargar las órdenes de trabajo por lotes y no inmediatamente una vez finalizado el trabajo, por parte de los técnicos, impide el flujo correcto de información. En un futuro se pueden utilizar estos datos para predecir de mejor manera la carga del taller y la duración real de los mantenimientos.
- Es fundamental para el éxito del proyecto que los procesos de apoyo dentro de los mantenimientos preventivos, tales como, repuestos y autorizaciones, sean optimizados para poder cumplir con el tiempo especificado en cada mantenimiento evitando retrasos causados por un desempeño no adecuado en estas áreas.
- Dentro del proyecto, se retiraron los mantenimientos de 65 000 Km para todos los modelos bajo estudio, y los mantenimientos de 30 – 90 000 Km y 60 000 Km para Luv D-Max gasolina y diesel ya que contenían tareas que individualmente sobrepasaban la hora de ejecución lo cual no se alineaba con los objetivos del proyecto.
- Se debe poner especial atención a la operación de limpieza de inyectores con ultrasonido, ya que no se obtuvo ninguna muestra durante la implementación que permitiera evaluar la eficacia de los planes de mantenimiento que poseen la misma. Si el tiempo de ejecución

de la operación es grande, lo más acertado es no usar las bahías de servicio rápido para efectuarlas para evitar una interrupción en el flujo de las mismas.

- En la actualidad, el cumplimiento del uso de equipo de protección personal como son cascos, orejeras y máscaras es casi nulo. Sin embargo, el uso de los mismos es necesario por lo cual se recomienda incentivar su uso dando a conocer su importancia.
- Durante el tiempo en el que se realizó el proyecto, se encontró gran resistencia por parte de los miembros del taller involucrados o no en el mismo. Las causas principales fueron el miedo al cambio, el desconocimiento y el impacto del mismo en la remuneración variable de los técnicos. Por esta razón, se recomienda revisar el sistema de remuneración actual y modificarlo para incentivar el trabajo en equipo y el nuevo método reduciendo estos efectos negativos.
- Una vez formados los grupos de trabajo, estos deben ser evaluados periódicamente para verificar su desempeño y compatibilidad. Se debe enfatizar en la importancia de la comunicación entre los miembros del equipo ya que esto fomenta la confianza y mejora el clima laboral.
- Se considera primordial concertar reuniones con los técnicos para realizar evaluaciones periódicas de las secuencias de mantenimiento ya que, al hacerse ellos dueños del proceso, pueden surgir ideas pertinentes que mejoren la forma de ejecutar los mismos.
- Durante la realización del proyecto se pudo observar que en general las condiciones de trabajo, las bahías de mantenimiento y el estado de herramientas y equipos son las adecuadas para la ejecución de las tareas dentro del taller de tal forma que no se deben hacer cambios significativos en las instalaciones. No obstante, se notó que las mangueras de extracción de gases que constituyen una medida de seguridad colectiva se encuentran desgastadas o rotas. Es inminente el cambio de las mismas para la protección de los técnicos contra los gases nocivos provenientes de los vehículos.
- Al momento de ejecutar un mantenimiento con dos técnicos se debe poner atención a la ubicación de las pistolas neumáticas, para evitar el cruce de cables por debajo del vehículo que puede causar accidentes o impedir el correcto desempeño de los técnicos.
- Para predecir el tiempo de duración de cada mantenimiento se debe tomar en cuenta que el tiempo especificado en las hojas de trabajo estandarizado no considera actividades fuera de

la bahía de trabajo como son: alineación, lavado y trabajos tercerizados. Por lo que, para poder informar al cliente correctamente la hora de salida de los vehículos se debe verificar el tiempo que tomará realizar estas actividades adicionales considerando la carga del taller.

- Se puede notar una significativa diferencia entre el tiempo real de ejecución de un mantenimiento con dos técnicos y la estimación obtenida de las hojas de trabajo estandarizado. Durante la implementación se pudo notar que el tiempo real de ejecución es en promedio 32% menor a lo estimado. Esta diferencia deriva del estudio de tiempos y movimientos realizado anteriormente cuyo enfoque fue por operación, lo que causó una sobreestimación del tiempo total al sumar el tiempo de cada operación realizada dentro de los planes de mantenimiento.
- Se ha encontrado que teóricamente, el mínimo porcentaje de tiempo promedio ahorrado por kilometraje es de 33.3% correspondiente al mantenimiento de 55 000 Km, mientras que el máximo es de 47.6% correspondiente al mantenimiento de 10-50-70 000 Km que es el más atendido dentro del taller.
- Los mayores beneficios obtenidos con la implementación del método propuesto consistente en un aumento de flujo en las bahías de servicio rápido, menor tiempo de repuesta hacia al cliente y liberación de espacio en el taller que puede ser usado para aumentar la capacidad del mismo sin necesidad de aumentar el número de bahías de trabajo. Adicionalmente, las bahías liberadas pueden ser usadas como bahías pulmón para colocar los siguientes vehículos a ser atendidos o vehículos en espera por problemas encontrados y así favorecer el flujo dentro de estas bahías.
- A través de la simulación se pudo comparar la configuración actual de las bahías de servicio rápido en el taller, con la configuración propuesta utilizando dos técnicos por bahía. Las medidas de desempeño de interés durante este estudio fueron dos: número de vehículos atendidos y tiempo de permanencia de los vehículos en el sistema. Con ayuda de un análisis de diferencia de medias utilizando la prueba t para dos muestras se determinó que a pesar de que no existe diferencia estadística del número de vehículos atendidos entre los dos sistemas, el tiempo en sistema es mayor para la situación actual lo que prueba la eficacia del método propuesto.

- Para poder extender el método propuesto a través de la red de concesionarios Chevrolet se debe primero adecuar las bahías de trabajo, actualizar los planes de mantenimiento y proveer a los técnicos de las herramientas y equipos necesarios enlistados en este proyecto.

## **7.2 Recomendaciones**

- Es fundamental para AUTOCONSA alinear sus planes de mantenimiento a los de GM lo más pronto posible para así poder aplicar en su totalidad el método propuesto.
- Se pudo observar que las instrucciones dentro de las órdenes de trabajo no se encuentran estandarizadas, por lo que la misma operación puede estar redactada de diferente forma en OT distintas. Asimismo, la secuencia de las operaciones no sigue un orden predeterminado en órdenes de trabajo del mismo tipo de mantenimiento. Se recomienda estandarizar el formato de las operaciones en el sistema de tal forma que se facilite su lectura y comprensión, y se minimicen errores.
- Se recomienda realizar un estudio dentro de la bodega del concesionario para determinar las partes y repuestos más usados y asegurar su disponibilidad, evitando faltantes que producen paradas dentro de los procesos de mantenimiento.
- Dentro del proceso de solicitud de autorizaciones a los clientes por parte de los asesores para cambio de piezas, se recomienda implementar la autorización previa, en la que, basados en el kilometraje del vehículo, se puede predecir si alguna pieza requerirá ser cambiada para evitar pérdidas de tiempo al tratar de localizar al cliente en etapas posteriores al inicio del mantenimiento. Especialmente para cambio de pastillas y zapatas, este enfoque evitará paradas innecesarias en las bahías de trabajo.
- Se sugiere la implementación de indicadores de satisfacción del cliente interno para apoyar los procesos dentro del taller y asegurar que los cambios que se efectúen perduren en el tiempo.
- Se considera necesario, para mantener el orden y la organización dentro del taller, delimitar las áreas de los equipos y otros elementos dentro de las bahías de mantenimiento para facilitar su ubicación y mantener un puesto fijo para los mismos. De la misma

manera, se recomienda etiquetar la totalidad de los elementos para estandarizar todas las bahías de trabajo del taller.

- Para extender el proyecto a través de la red de concesionarios Chevrolet se recomienda observar las buenas prácticas dentro de AUTOCONSA, como el uso de caja de herramientas móviles y personales, uso de ganchos en los brazos de los elevadores y en las paredes laterales de las cajas de herramientas para colocar elementos durante la realización del mantenimiento, la disponibilidad de líneas neumáticas para agua y aceite, y el uso de planes semanales para la limpieza de áreas comunes y las bahías de trabajo dentro del taller en los que los técnicos rotan las actividades para balancear la carga de trabajo.
- No se recomienda implementar el método para los mantenimientos de kilometraje de 5 000 Km, ya que el beneficio obtenido es casi nulo. Actualmente, la bahía especializada para este tipo de trabajos funciona adecuadamente ya que el tiempo de atención al cliente es relativamente bajo.
- Es necesario que los técnicos miembros de los equipos de trabajo dispongan físicamente de los planes de mantenimiento estructurados para dos técnicos en la bahía de trabajo de tal forma que se familiaricen con los mismos y se facilite su aprendizaje. De esta forma, además se evita la distorsión de los procesos por parte de los técnicos desde un inicio.
- Para poder implementar exitosamente el método propuesto en AUTOCONSA se debe proveer a cada equipo de trabajo de: 1 recolector de aceite, 1 bomba de aceite 75W90, 1 bomba de aceite 80W90, 4 bandejas rectangulares metálicas imantadas, 1 extractor de líquido de frenos, 2 linternas y 2 profundímetros, adicionalmente a las herramientas y equipos que ya poseen.
- Se recomienda instruir a los técnicos para que usen adecuadamente la torre de control de esta forma se podrá tener una estimación más real sobre la duración de cada mantenimiento por kilometraje.
- Se recomienda la elaboración de tablas de especificaciones de mediciones críticas para cada modelo de vehículo que sean de fácil acceso para todas las bahías del taller de AUTOCONSA, con el objetivo de minimizar errores y evitar mediciones imprecisas basadas en la experiencia durante la realización de los mantenimientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, Theodore T. Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma. Second Edition. Columbus: Spring, 2010.
- Asfahl, C Ray. Seguridad industrial y Salud. Cuarta edición. México: Prentice Hall, 2000.
- Atexga prevención. «Entorno virtual para la prevención de riesgos laborales en el sector textil.» Guía de prevención de riesgos laborales. 10 de junio de 2011 <<http://www.atexga.com/prevencion/es/guia/>>.
- Automotores Continental. 06 de Junio de 2011 <<http://www.autoconsa.com/>>.
- Corporación Autónoma Regional de Santander. Manual de Implementación Programa 5S. 2 de Marzo de 2011 <<http://www.eumed.net/coursecon/librería/2004/5s/2.pdf>>.
- Cortéz Díaz, María José. Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Tercera edición. México: Alfaomega, 2002.
- Delgado Guzmán, María José y María Gabriela Naranjo Bautista. «Tesis.» Propuesta de Estandarización de Tiempos para Mantenimiento Preventivo Chevrolet en los Volume Makers basada en el Levantamiento y Validación de los Temparios Actuales en los Concesionarios: Automotores Continental y Automotores de la Sierra. Quito: Universidad San Francisco de Quito, Septiembre de 2010.
- El Universo. 28 de Noviembre de 2010 <<http://www.eluniverso.com/2010/01/01/1/1447/mas.html>>.
- «El Universo.» Los 10 más del 2009. 28 de Noviembre de 2010 <<http://www.eluniverso.com/2010/01/01/1/1447/mas.html>>.
- «Fortune.» Fortune Global 500. 28 de Noviembre de 2010 <<http://money.cnn.com/magazines/fortune/global500/2010/snapshots/175.html>>.
- Fortune Global 500. 28 de Noviembre de 2010 <<http://money.cnn.com/magazines/fortune/global500/2010/snapshots/175.html>>.
- General Motors Company. 28 de Noviembre de 2010 <<http://www.gm.com/corporate/about/company.jsp>>.
- «General Motors Company.» Company Profile. 28 de Noviembre de 2010 <<http://www.gm.com/corporate/about/company.jsp>>.
- GM. Documentos Internos: Trabajo Estandarizado. Quito, 2007.

- Grande, Ildefonso y Elena Abascal. Análisis de Encuestas. Madrid: Esic , 2005.
- Hodson, William K. Maynard Manual del Ingeniero Industrial. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill, 1998.
- Huynh, Bich. The revised NIOSH lifting equation. 08 de Junio de 2011 <<http://www.ergonomics.com.au/niosh.htm>>.
- InEA- Instituto de Ergonomía Argentino. «Los Beneficios de la ergonomía aplicada.» InEA. 20 de febrero de 2011 <<http://www.inea-argentina.com.ar/Contenido/ergonomia.htm>>.
- Kelton, D., Randall Sadowski y Swets Nancy. «Simulation with Arena.» Vol. Fifth Edition. McGraw Hill, 2010.
- Kroemer, Karl y Henrike Kroemer. Ergonomics: How to design for ease and efficiency. Ed. W.J Fabrycky and J.H. Mize. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- Mahalik, Pradeep. «A Practical Approach to the Successful Practice of 5S.» Detailed Action Item List for 5S's Processes. 2 de marzo de 2011 <[http://www.isixsigma.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=493:a-practical-approach-to-the-successful-practice-of-5s&Itemid=193&tmpl=component&print=1](http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=493:a-practical-approach-to-the-successful-practice-of-5s&Itemid=193&tmpl=component&print=1)>.
- Mejía García, Braulio. Gerencia de Procesos. Quinta edición. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2006.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. «Real Decreto 486 - Lugares de trabajo.» 14 de abril de 1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. 11 de junio de 2011 <[http://www.uhu.es/master2007/teoria/RD%20486\\_1997](http://www.uhu.es/master2007/teoria/RD%20486_1997)>.
- Montgomery. Probabilidad y Estadística. México D.F: Limusa Wiley, 2007.
- National Safety Council. Accident Facts. Chicago IL: National Safety Council, 1997.
- Niebel, Benjamin y Andris Freivalds. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo. México: Alfaomega, 2004.
- Nogareda Cuixart, Silvia y Ma del Mar Canosa Bravo. «Ergonomía.» Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. 12 de junio de 2011 <<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=63>>.
- Norman, Gaither y Greg Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Octava Edición. México: Thomson Learning, 2000.



- Ochoa, José Antonio. The ZDM Group Daniela Carrera y Daniela Ramírez. 14 de Abril de 2011.
- Organización Internacional del Trabajo. «La Salud y la Seguridad en el Trabajo.» ERGONOMÍA. 18 de febrero de 2011  
<[http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm)>.
- Organización Mundial de la Salud. «Constitución de la Organización Mundial de la Salud.» octubre de 2006. 10 de junio de 2011  
<[http://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_sp.pdf](http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf)>.
- Sales, Matías. «Gestiopolis.» julio de 2002. Diagrama de Pareto. 11 de junio de 2011  
<<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>>.
- Wald, Alejandro. «Gestiopolis.» julio de 2005. La ley de Pareto cómo la regla del 80/20 puede ayudarlo a ser más efectivo. 11 de junio de 2011  
<<http://www.gestiopolis.com/Canales4/Wald/63.htm>>.
- Waters, Thomas R., Vern Putz-Anderson y Arun Garg. «Applications manual for the revised NIOSH lifting equation.» Enero de 1994. 08 de Junio de 2011  
<<http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf>>.