

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Propuesta de creación del Servicio Express para vehículos de
mantenimientos limpios y periódicos en el Taller “Granados” de
Automotores y Anexos S.A. – TallerAuto S.A.**

Beatriz Alejandra Hidalgo Bravo

María Verónica Torres Peña

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

Quito, Julio de 2011

Universidad San Francisco de Quito Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Propuesta de creación del Servicio Express para vehículos de mantenimientos
limpios y periódicos en el Taller “Granados” de Automotores y Anexos S.A. –
TallerAuto S.A.

Beatriz Alejandra Hidalgo Bravo

María Verónica Torres Peña

Verónica León, M.S.

Director de Tesis

Diego Gabela, M.S.

Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdova. Ph.D.

Directora de Ingeniería Industrial

Fernando Romo, M.S.

Decano del Colegio Politécnico

Quito, 15 de Julio del 2011

© Derechos de Autor

Beatriz Alejandra Hidalgo Bravo

María Verónica Torres Peña

2011

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de tesis. En especial, a nuestros familiares, a los profesores de la Universidad San Francisco de Quito y a la empresa TallerAuto S.A. Granados.

Verónica León. Por su colaboración y motivación en el desarrollo de este proyecto y en especial, por su amistad.

Ximena Córdova. Por todo el apoyo ofrecido en el proceso inicial del proyecto y las enseñanzas impartidas en la carrera.

Daniel Merchán. Por su dirección en la fase de simulación y sobre todo, por sus conocimientos y consejos.

Juan Manuel Méndez. Por permitir realizar este proyecto de Tesis en TallerAuto S.A. y por toda la apertura generada en la empresa.

Andrés González. En agradecimiento por su apoyo incondicional, conocimientos, consejos y amistad brindada en todo este tiempo.

Carlos Flor. Por sus conocimientos y amistad recibida desde el ingreso a la empresa.

David Larrea, Efrén Coello y Luis Obregón. Por la ayuda incondicional y conocimientos impartidos en las áreas de mecánica y marketing del Taller.

Asesores, Controles de Calidad, Técnicos y Personal de Lavado. En reconocimiento por su ayuda y voluntad para la recopilación de información.

A mi amiga Bachita por su constante apoyo, esfuerzo y alegría lo que ha permitido juntas terminar con éxito otro proyecto más en nuestras vidas.

A mi amiga Vero por su esfuerzo y alegría dada en los momentos más difíciles de este proyecto y durante los 12 años de amistad.

A nuestros amigos quienes nos motivaron a terminar este proyecto y han estado a nuestro lado de manera incondicional. Un agradecimiento en especial, a Diego Guilcapi por el apoyo en Simulación y consejos dados para seguir adelante.

A nuestros padres por siempre estar a nuestro lado, por su constante apoyo, consejos y amor recibidos. A nuestros hermanos, por sus palabras sencillas de amor.

Resumen

El presente proyecto de tesis analiza el servicio mecánico para mantenimientos limpios en el Taller “Granados” de TallerAuto S.A. Para ello, se enfoca en los procesos involucrados en el servicio dando un mayor énfasis a los procesos de mantenimiento y limpieza del vehículo. Para determinar posibles mejoras, se utilizan los conocimientos adquiridos en Ingeniería Industrial como mapeo de procesos, estudio de tiempos y movimientos, estadística y simulación. Además, a través de modelos de simulación se analiza el flujo del vehículo dentro del Taller para determinar los puntos críticos a lo largo de éste en la situación actual y posteriormente, la modificación del modelo para determinar la viabilidad de obtener un vehículo que ingresa por mantenimiento de cada 5.000 Km o de 10.000 Km en una hora u hora y media. Asimismo, se ha identificado los factores principales que incrementan los tiempos de realización del proceso como tiempos improductivos, diseño del flujo del proceso y carencia de las herramientas adecuadas. Por último, se ofrecen instructivos a detalle con el procedimiento a seguir para cada uno de los técnicos que realiza el mantenimiento propuesto en base a un estudio de tiempos y movimientos.

Abstract

This thesis project analyzes the mechanical service for periodic maintenances in Taller "Granados" of TallerAuto S.A. To do this, processes involved in the service are taken into account giving more emphasis on the maintenance and cleaning processes of the vehicle. For determining possible improvements, the acquired knowledge in Industrial Engineering is used such as process mapping, time and motion study, statistics and simulation. Moreover, through simulation models, the actual situation of the vehicle's flow within the workshop is analyzed to determine the critical points along it. Subsequently, a modification to the model is done to determine the viability of obtaining a vehicle that enters for maintenances of 5.000 Km and 10.000 Km in an hour and an hour and a half. In addition, the main factors that increase the processing times has being identified: unproductive times, process flow design and the lack of tools. Finally, instructions are offered to detail the procedure for each of the technicians who perform the proposed maintenance based on time and motion study.

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	2
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. METAS.....	4
1.5. CASOS DE ÉXITO.....	5
1.5.1. RENAULT PITS: MANTENIMIENTO EN 1 HORA.....	5
1.6. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR AUTOMOTRIZ ECUATORIANO.....	6
1.7. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	9
1.7.1. ANTECEDENTES AUTOMOTORES Y ANEXOS S.A. - TALLERAUTO.....	9
1.7.2. DESCRIPCIÓN DEL TALLER.....	11
1.8. COMPARACIÓN CON EL MERCADO.....	13
1.8.1. OFERTA DE SERVICIO EXPRESS DE OTRAS MARCAS.....	13
1.8.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTOS.....	14
1.9. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. MAPEO DE PROCESOS.....	19
2.1.1. DEFINICIÓN DIAGRAMA DE FLUJO.....	19
2.1.2. CONSTRUCCIÓN DIAGRAMA DE FLUJO.....	20
2.1.3. ANÁLISIS VALOR AGREGADO DE LOS PROCESOS.....	22
2.2. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.....	25
2.2.1. REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	25
2.2.2. EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	26
2.2.3. ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	26
2.2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	28
2.2.5. TIPOS DE ESTUDIO DE MOVIMIENTOS.....	29
2.3. ESTADÍSTICA Y ANÁLISIS DE VARIANZA.....	30
2.3.1. TAMAÑO DE MUESTRA.....	31
2.3.2. ANALISIS DE VARIANZA.....	31

2.3.3. USO DE LOS VALORES P EN LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	33
2.3.4. ANALISIS DE VARIANZA: VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS.....	34
2.4. SIMULACIÓN	37
2.4.1. PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN	39
2.4.2. MODELO DE SIMULACIÓN.....	45
2.5. DISEÑO DE PLANTAS.....	49
2.5.1. DISEÑO DEL PROCESO	50
2.5.2. DISEÑO DE PROGRAMAS.....	51
2.5.3. DISEÑO DE PLANTAS	51
2.6. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	52
2.6.1. VALOR PRESENTE NETO	53
2.6.2. ANÁLISIS DE LA TASA DE RENDIMIENTO.....	54
CAPITULO III	55
3.1. ESTUDIO TECNICO	55
3.1.1. CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA.....	55
3.1.2. PROCESOS PRODUCTIVOS – FLUJOGRAMAS ACTUALES.....	55
3.1.3. ACTIVIDADES DE LOS DISTINTOS MANTENIMIENTOS.....	57
3.2. NORMAS Y ESTÁNDARES.....	58
3.2.1. ESTÁNDARES N-SOS	58
3.2.2. ESTÁNDARES AS-DOS	60
CAPITULO IV.....	62
DESCRIPCIÓN SITUACION ACTUAL	62
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DEL USO DE SIMULACIÓN.....	62
4.1.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO	62
4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO	66
4.2.1. SUPUESTOS.....	67
4.2.2. IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS, VARIABLES Y ACTIVIDADES DEL SISTEMA.....	68
4.3. RECOLECTAR DATOS.....	73
4.3.1. PROCESO DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS	73
4.3.2. PROCESO DE RECEPCIÓN DE VEHÍCULOS.....	82
4.3.3. PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD.....	86

4.3.4. PROCESO DE LIMPIEZA DEL VEHÍCULO	90
4.3.5. PROCESO DE ALINEACIÓN	100
4.4. VALIDACIÓN DE DATOS	105
4.5. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	108
4.5.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORRIDA.....	112
4.5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	114
4.5.3. CONCLUSIONES DEL MODELO DE SIMULACIÓN	121
4.6. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO	122
4.6.1. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM.....	122
4.6.2. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM.....	124
4.7. ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN CADA UNO DE LOS MANTENIMIENTOS.....	126
4.7.1. MANTENIMIENTO DE 5.000 KM.....	126
4.7.2. MANTENIMIENTO DE 10.000 KM.....	127
CAPITULO V	129
PROPUESTA DE CREACIÓN DEL SERVICIO EXPRESS	129
5.1. CARACTERISITICAS DEL SISTEMA PARA LA PROPUESTA DEL SERVICIO EXPRESS.....	129
5.2. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN SERVICIO EXPRESS.....	136
5.2.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORRIDA.....	141
5.2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	143
5.3. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO DE LOS MANTENIMIENTOS E INSTRUCTIVOS PARA MANTENIMIENTOS DE 10.000 KM.....	147
5.3.1. MEJORA DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 5.000 KM.....	147
5.3.2. MEJORA DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM.....	149
5.3.3. PROPUESTA DE INSTRUCTIVOS PARA MANTENIMIENTOS DE 10.000 KM.....	154
CAPITULO VI.....	157
ANÁLISIS DE MERCADO Y ECONÓMICO DEL SERVICIO EXPRESS.....	157
6.1. ANÁLISIS DE MERCADO PARA EL SERVICIO EXPRESS.....	157
6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SERVICIO EXPRESS.....	163
6.2.1. COSTOS INICIALES DEL PROYECTO	163
6.2.2. COSTOS RECURRENTE DEL PROYECTO	164

6.2.3. INGRESOS MENSUALES DEL PROYECTO	164
6.2.4. ANALISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	164
6.2.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS COSTOS DEL PROYECTO	167
CAPITULO VII.....	168
7.1. CONCLUSIONES	168
7.2. RECOMENDACIONES.....	170
BIBLIOGRAFÍA.....	173
ANEXOS.....	177
ANEXO 1. CADENA DE VALOR AYASA - TALLERAUTO	177
ANEXO 2. PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN.....	178
ANEXO 3. PROCESO DE LIMPIEZA DE VEHÍCULOS.....	179
ANEXO 4. PROCESO CONTROL DE CALIDAD.....	180
ANEXO 5. PROCESO DE ENTREGA DE VEHÍCULOS	181
ANEXO 6. TAMAÑOS DE MUESTRA	182
a. Datos del proceso de Mantenimiento cada 5.000 Km.....	182
b. Datos del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km	182
c. Datos del proceso de Control de Calidad Dinámico.....	183
d. Datos del proceso de Limpieza del vehículo	184
e. Datos del proceso de Entre arribos al proceso de Limpieza	185
f. Datos de los procesos de Lavado, Secado y Aspirado del vehículo	186
g. Datos del proceso de Alineación del vehículo	189
ANEXO 7. DISTRIBUCIONES DE LOS DATOS.....	190
a. Distribución de la muestra del proceso de Mantenimiento de cada 5.000 Km.....	190
b. Distribución de la muestra del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km	191
c. Distribución de la muestra del proceso de Recepción de Vehículos cada 5.000 Km.....	192
d. Distribución de la muestra del proceso de Recepción de Vehículo de 10.000 Km.....	193
e. Distribución de la muestra del proceso de Control de Calidad.....	194
f. Distribución de la muestra del proceso de Limpieza del Vehículo.....	195
g. Distribución de la muestra del proceso de Alineación	199
ANEXO 8. VALIDACIÓN DE LOS DATOS	200

a. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Mantenimiento de 5.000 Km	200
b. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km	201
c. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Recepción de 5.000 Km	202
d. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Recepción de 10.000 Km	203
e. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Control de Calidad de 10.000 Km	204
f. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Alineación del vehículo	205
g. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos de los Tiempos entre arribos a Limpieza	206
h. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Lavado.....	207
i. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Secado	208
j. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Aspirado.....	209
ANEXO 9. MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	210
ANEXO 10. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM.....	211
ANEXO 11. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM	213
ANEXO 12. ANÁLISIS DE RECORRIDO DEL PROCESO DE LIMPIEZA ACTUAL	216
ANEXO 13. PROPUESTA DE MEJORA DEL RECORRIDO EN LIMPIEZA.....	220
ANEXO 14. MODELO DE SIMULACIÓN PROPUESTO.....	221
ANEXO 15. ANALISIS MUESTRA MANTENIMIENTO 5.000 KM PROPUESTA.....	222
a. Datos de la muestra del mantenimiento de 5.000 Km	222
b. Distribución de los tiempos de Aspirado del Vehículo.....	223
c. Comprobación de Supuestos de Aleatoriedad e Independencia.....	224
ANEXO 16. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO PARA EL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM	225
ANEXO 17. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO PARA EL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM	227
ANEXO 18. FORMATO ENCUESTA: “SERVICIO EXPRESS NISSAN”	230

ANEXO 19. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: “SERVICIO EXPRESS NISSAN” 231

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ventas Anuales de Vehículos (AYASA)	7
Ilustración 2. Porcentaje de Participación al 2010 por unidades vendidas por marca. (AYASA)	8
Ilustración 3. Porcentaje de unidades vendidas por tipo de vehículo en el 2010. (AYASA)	8
Ilustración 4. Porcentaje de unidades vendidas en Nissan por tipo de vehículo en el 2010. (AYASA)	9
Ilustración 5. Bahía de Trabajo-Tamaño 4m x 8m (Hidalgo y Torres)	12
Ilustración 6. Costo Plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km – Sentra vs. Otros automóviles. (Obregón)	15
Ilustración 7. Costo Plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km – Sentra vs. Otros automóviles. (Obregón)	16
Ilustración 8. Costo plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km - XTrail vs. Otros vehículos. (Obregón)	17
Ilustración 9. Símbolos de un Diagrama de Flujo (Campos)	21
Ilustración 10. Análisis del Valor Agregado. (Cisneros)	23
Ilustración 11. Gráfica de probabilidad normal de los residuales (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos)	36
Ilustración 12. Gráfica de los residuales contra los valores ajustados (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos)	37
Ilustración 13. Pasos de un Estudio de Simulación (Banks, Carson y Nelson 15)	39
Ilustración 14. Porcentaje Mantenimiento Limpios Nissan 2010 (DMS)	64
Ilustración 15. Pareto de Mantenimiento Limpios Nissan 2010 (DMS)	64
Ilustración 16. Tipos Vehículos Nissan 2010 (DMS)	65
Ilustración 17. OWA Modelo de Vehículos Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres). 75	
Ilustración 18. Gráfico Residuales Modelo de Vehículos Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres)	76
Ilustración 19. OWA Técnicos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)	78

Ilustración 20. Gráfico Residuales Técnicos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)	79
Ilustración 21. OWA Modelo Vehículos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)....	81
Ilustración 22. Gráfico Residuales Modelo Vehículos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres).....	81
Ilustración 23. OWA Día Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres).....	84
Ilustración 24. Gráfico Residuales Día Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres)	84
Ilustración 25. OWA Día Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres).....	85
Ilustración 26. Gráfico Residuales Día Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)	85
Ilustración 27. OWA Meses y Kilometraje Control de Calidad (Hidalgo y Torres)	88
Ilustración 28. Gráfico Residuales Meses y Kilometraje Control de Calidad (Hidalgo y Torres).....	89
Ilustración 29. OWA Lavadores (Hidalgo y Torres)	93
Ilustración 30. Gráfico Residuales Lavadores (Hidalgo y Torres).....	94
Ilustración 31. Análisis de Normalidad Datos Lavadores (Hidalgo y Torres).....	95
Ilustración 32. OWA Día Proceso Lavado (Hidalgo y Torres).....	96
Ilustración 33. Gráfico Residuales Día Proceso Lavado (Hidalgo y Torres).....	97
Ilustración 34. OWA Día Proceso Secado (Hidalgo y Torres)	98
Ilustración 35. Gráfico Residuales Día Proceso Secado (Hidalgo y Torres)	98
Ilustración 36. OWA Día Proceso Aspirado (Hidalgo y Torres)	99
Ilustración 37. Gráfico Residuales Día Proceso Aspirado (Hidalgo y Torres)	100
Ilustración 38. OWA Día Proceso Alineación (Hidalgo y Torres).....	102
Ilustración 39. Gráfico Residuales Día Proceso Alineación (Hidalgo y Torres)	102
Ilustración 40. OWA Modelo Vehículos Alineación (Hidalgo y Torres).....	103
Ilustración 41. Gráfico Residuales Modelo Vehículos Alineación (Hidalgo y Torres)	104
Ilustración 42. OWA Kilometraje Alineación (Hidalgo y Torres).....	105
Ilustración 43. Gráfico Residuales Kilometraje Alineación (Hidalgo y Torres).....	105
Ilustración 44. Tipos de Correlación (Coeficiente de correlación)	106
Ilustración 45. Módulos para Recepción del Vehículo (Hidalgo y Torres)	109

Ilustración 46. Módulos de Mantenimiento, Alineación y Control de Calidad (Hidalgo y Torres).....	110
Ilustración 47. Módulos para Procesos de Limpieza del Vehículo (Hidalgo y Torres)	111
Ilustración 48. Módulos para Terminación del Vehículo (Hidalgo y Torres)	112
Ilustración 49. Resultados de la Simulación de la Situación Actual – 9 Horas (Hidalgo y Torres).....	114
Ilustración 50. Resultados de la Simulación de la Situación Actual – 9.5 Horas (Hidalgo y Torres).....	117
Ilustración 51. Resultado de número de vehículos en cola de la Simulación Situación Actual. (Hidalgo y Torres).....	117
Ilustración 52. Proceso de Limpieza (Granados).....	118
Ilustración 53. Resultado de tiempos en cola de la Simulación de la Situación Actual. (Hidalgo y Torres).....	119
Ilustración 54. Resultado del tiempo total en el sistema de la Simulación de la Situación Actual. (Hidalgo y Torres)	120
Ilustración 55. Pareto de causas para tiempos improductivos – Mantenimiento 5.000 Km (Hidalgo y Torres)	127
Ilustración 56. Pareto de causas para tiempos improductivos – Mantenimiento 10.000 Km (Hidalgo y Torres)	128
Ilustración 57. Plano del Taller (Hidalgo y Torres).....	133
Ilustración 58. Módulos CREATE Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	136
Ilustración 59. Módulos HOLD Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	137
Ilustración 60. Módulos PROCESS Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	138
Ilustración 61. Módulos PROCESS Limpieza Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	139
Ilustración 62. Módulos DISPOSE Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	140
Ilustración 63. Módulos RECORD Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	141
Ilustración 64. Medida de Desempeño Tiempo Total Propuesto (Hidalgo y Torres)	143
Ilustración 65. Ingreso y Entrega de Vehículos Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	145

Ilustración 66. Tiempos en Cola de Proceso - Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	146
Ilustración 67. Porcentaje de Hombres y Mujeres del Estudio. (Hidalgo y Torres)..	158
Ilustración 68. Porcentaje de Modelos de vehículos. (Hidalgo y Torres).....	158
Ilustración 69. Porcentaje de los años de los vehículos. (Hidalgo y Torres)	159
Ilustración 70. Frecuencia de ingreso del vehículo a Mantenimiento. (Hidalgo y Torres).....	159
Ilustración 71. Razón de preferencia de un Centro Autorizado. (Hidalgo y Torres).	160
Ilustración 72. Disposición a ingresar el vehículo al Servicio Express. (Hidalgo y Torres).....	160
Ilustración 73. Horario de preferencia para el Servicio Express. (Hidalgo y Torres)	161
Ilustración 74. Días de preferencia para el Servicio Express. (Hidalgo y Torres)....	162
Ilustración 75. Preferencia de Entretenimiento. (Hidalgo y Torres)	162

TABLAS

Tabla 1. Cálculo del Tamaño de Muestra.....	73
Tabla 2. Datos Tiempo De Arribos Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres, Recolección de Datos)	83
Tabla 3. Datos Tiempo De Arribos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres, Recolección de Datos)	83
Tabla 4. Cálculo del Tamaño de Muestra. (Hidalgo y Torres)	91
Tabla 5. Aleatoriedad de Datos - Valor P (Hidalgo y Torres)	108
Tabla 6. Réplicas Modelo Situación Actual (Hidalgo y Torres).....	113
Tabla 7. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento de cada 5 Km (Hidalgo y Torres).....	123
Tabla 8. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)	125
Tabla 9. Distribuciones PROCESS Simulación Propuesta (Hidalgo y Torres)	138
Tabla 10. Distribuciones Proceso Limpieza Propuesto (Hidalgo y Torres).....	139
Tabla 11. Cálculo de Réplicas Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)	142
Tabla 12. Resumen Análisis Valor Agregado Mant. 5 Km Propuesto (Hidalgo y Torres).....	148
Tabla 13. Clasificación Propuesta de Actividades Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres).....	150
Tabla 14. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento 10 Km Propuesto (Hidalgo y Torres).....	152
Tabla 15. Tiempo de Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto (Hidalgo y Torres). 155	
Tabla 16. Suplemento recomendado por el ILO (Niebel y Freivalds , 437)	156
Tabla 17. Tiempo Tipo de Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto (Hidalgo y Torres)	156
Tabla 18. Costos Iniciales (Hidalgo y Torres).....	163
Tabla 19. Viabilidad Económica de la Propuesta (Hidalgo y Torres).....	165
Tabla 20. Análisis Financiero Actual (Hidalgo y Torres).....	166
Tabla 21. Análisis Incremental entre ambos escenarios (Hidalgo y Torres).....	166

ECUACIONES

Ecuación 1. Tiempo Normal.	29
Ecuación 2. Tiempo Tolerancias.	29
Ecuación 3. Tiempo Estándar.	29
Ecuación 4. Tamaño de Muestra.....	31
Ecuación 5. Varianza Poblacional.....	31
Ecuación 6. Modelo Análisis de Varianza	31
Ecuación 7. Hipótesis Igualdad de Medias.....	32
Ecuación 8. Estadístico de Prueba.....	32
Ecuación 9. Prueba de Rechazo Ho	33
Ecuación 10. Residual.....	35
Ecuación 11. Número de Réplicas (Banks, Carson y Nelson 398).....	44
Ecuación 12. Half Width (Banks, Carson y Nelson 398)	45
Ecuación 13. Estimación número de réplicas (Banks, Carson y Nelson 398)	45
Ecuación 14. Valor Presente Neto (Blank y Tarquin , 207)	54
Ecuación 15. Flujo de efectivo incremental (Blank y Tarquin , 291)	54

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto surge de la necesidad de TallerAuto S.A. de ofrecer una nueva propuesta en servicio mecánico, con la intención de captar a nuevos clientes y mejorar su porcentaje de retención. Al ser un centro de servicio posventa autorizado, se caracteriza por la calidad en su servicio y la garantía de sus repuestos. Sin embargo, por su programación operativa actual, las entregas de los vehículos se planifican únicamente para el medio día o para la tarde. Esto afecta a la capacidad física del Taller y a la calidad del servicio percibida por el cliente al momento de la entrega de su vehículo. Adicionalmente, TallerAuto S.A. busca estar a la par que su competencia la cual está ofreciendo servicios de mantenimiento preventivo en una hora. Es así que, este proyecto analiza la viabilidad de entregar un vehículo de mantenimiento periódico en el lapso de una hora a hora y media.

En la primera parte de este proyecto se presentan los objetivos y metas propuestas así como la descripción de la empresa y un análisis de la competencia. En el capítulo 2 se presenta la revisión teórica y el capítulo 3 consiste en un estudio técnico de la empresa. Así también, el análisis de la situación actual planteado en un modelo de simulación se ofrece en el capítulo 4. Por último, el desarrollo de la propuesta y su análisis financiero se encuentran en los capítulos 5 y 6.

1.2. OBJETIVO GENERAL

- Plantear una propuesta de creación de Servicio Express para vehículos que requieren mantenimientos limpios y periódicos en el Taller Granados.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los factores críticos que influyen en el tiempo de operación del Servicio Express.
- Proponer la reducción del tiempo de las operaciones realizadas en el Servicio Express a través de la utilización de herramientas como estudio de tiempos y movimientos, simulación, estadística y diseño de plantas.
- Evaluar si la propuesta generada mejora la capacidad del proceso en función del espacio físico propuesto y de la modificación del proceso operativo.
- Identificar los requerimientos necesarios para la propuesta de creación del área de Servicio Express para satisfacer la demanda existente.
- Estimar la viabilidad económica de la propuesta planteada para AYASA.

1.4. METAS

- Cuantificar la medida en la que factores críticos determinados como falta de capacidad y de espacio físico reducido afectan en la satisfacción la demanda existente.
- Valorar la medida en la que los elementos críticos del proceso influyen en el tiempo de operación del Servicio Express.
- Proponer la disminución del tiempo de las operaciones relacionadas con Servicio Express. Reducir los tiempos de servicio para mantenimientos limpios y periódicos tal que la operación tome entre una y dos horas.
- Generar una propuesta que mejore la capacidad del proceso en función del espacio físico y de la modificación del proceso operativo.
- Evaluar la viabilidad de la propuesta planteada.

1.5. CASOS DE ÉXITO

1.5.1. RENAULT PITS: MANTENIMIENTO EN 1 HORA.

A continuación, se describe el servicio Renault Pits como caso de éxito de un Servicio Express para la realización de mantenimientos periódicos en una hora. La siguiente información se obtuvo del Manual de Implementación Renault Pits – Mantenimiento en 1 Hora.

Renault Pits, servicio ofrecido por Renault, tiene como objetivos realizar el mantenimiento del vehículo del cliente en una hora, mejorar la penetración de servicio, recibir más vehículos en el concesionario sin la necesidad de incrementar su espacio físico y mejorar el indicador de “Cliente totalmente satisfecho con el servicio”. De esta manera, Renault considera como logros de este proyecto frente al cliente la presentación de una oferta de servicio orientada a satisfacer la necesidad de los clientes en tiempo, transparencia y personalización. Además, menciona el desarrollo de un servicio que permite mayor rotación de los puestos de trabajo y la disminución de los inconvenientes actuales de falta de pulmones¹ en el Taller.

Las etapas que se incluyen en el servicio Renault Pits son: recepción del vehículo del cliente, el servicio de mantenimiento periódico, el control de calidad, la limpieza del vehículo, el proceso de facturación y la entrega del vehículo al cliente. Además, se identifican los actores dentro del servicio Renault Pits y se detallan las funciones que cada uno de estos actores desempeña. Para la ejecución de este servicio se cuenta con la estandarización de los mantenimientos periódicos para

¹ Bahías para estacionamientos de vehículos.

determinados modelos de la marca Renault; así como la estandarización de las instalaciones y de los equipos y herramientas que se utilizan.

Entre los resultados esperados con la implementación de Renault Pits se encuentra la reducción del tiempo de realización del servicio de mantenimiento, del tiempo de estancamiento del vehículo dentro del proceso y del tiempo de lavado del vehículo. Asimismo, entre las metas se esperaba mejorar el porcentaje de entregas a tiempo y, aumentar el número de entradas y la facturación al mes por puesto de trabajo.

1.6. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR AUTOMOTRIZ ECUATORIANO

El sector automotor del Ecuador genera aproximadamente unas 26.000 plazas de trabajo en sus actividades directas e indirectas - 14% en la industria manufacturera, 20% en la comercialización y un 66% en negocios relacionados. De esta manera, representa el 1,2% del empleo del sector moderno de la economía y constituye un sector económico con un crecimiento considerable. No obstante, a pesar del mayor número de unidades nuevas vendidas, la rentabilidad del negocio se vio afectada por venderse vehículos más baratos debido al incremento en el Impuesto a los Consumos Especiales. (AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana.)

Al finalizar el 2010, el sector automotriz registró que se vendieron 131.927 unidades nuevas durante ese año. Así, el 2010 se establece como el año con la mayor cantidad de unidades vendidas en la historia de este sector. En la Ilustración 1, se puede observar el volumen de vehículos nuevos vendidos en los últimos 4

años. También, se aprecia que a lo largo de estos años este sector ha presentado cierta variabilidad en sus ventas. (AYASA)

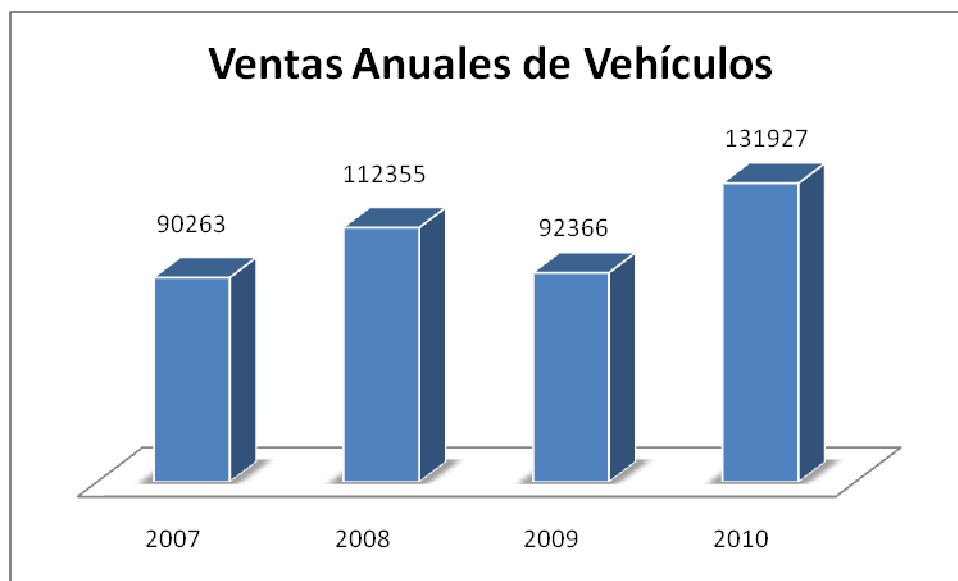


Ilustración 1. Ventas Anuales de Vehículos (AYASA)

Al analizar el porcentaje de unidades vendidas durante el año 2010 por cada marca, se observó que dentro del mercado nacional ecuatoriano Chevrolet tiene una participación del 40%, Hyundai del 13% y Kia del 8%. Éstos se encuentran seguidos por Nissan y Mazda que tienen una participación del 7% cada uno. En la Ilustración 2, se puede apreciar los porcentajes de participación de las distintas marcas automotrices por unidades vendidas en el 2010 en el mercado ecuatoriano. (AYASA)

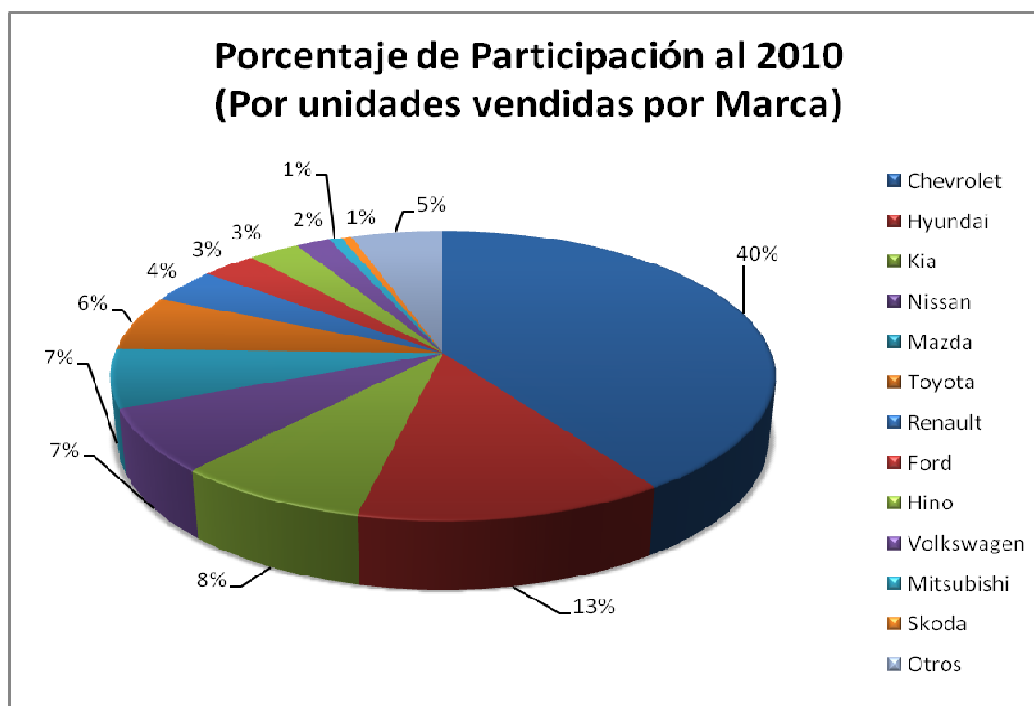


Ilustración 2. Porcentaje de Participación al 2010 por unidades vendidas por marca. (AYASA)

El sector automotriz presenta una gran diversidad de tipos de vehículos que varían entre automóviles a buses o camiones. En la Ilustración 3 se aprecia claramente que un 44% de éstas corresponden a automóviles (incluyendo taxis), un 24% a sport utilities y un 21% a pick – ups. (AYASA)

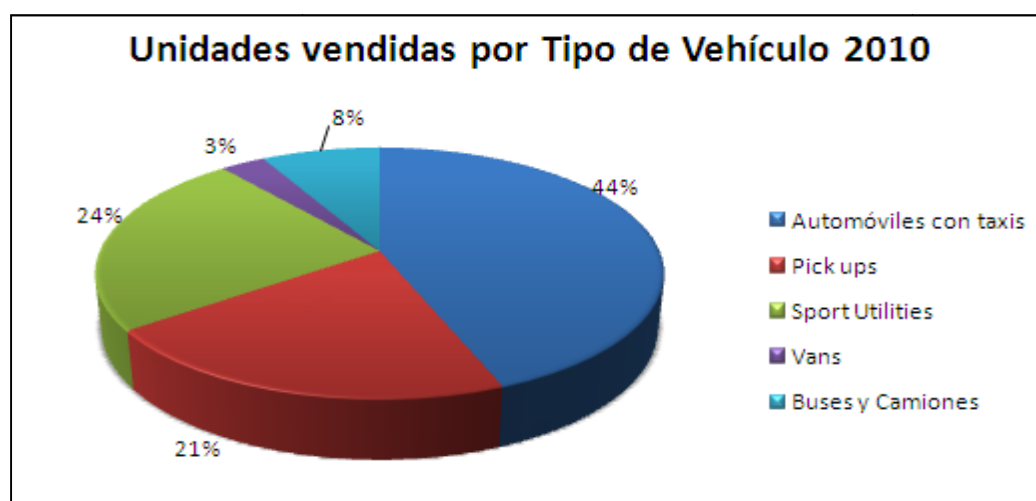


Ilustración 3. Porcentaje de unidades vendidas por tipo de vehículo en el 2010. (AYASA)

De igual manera, la Ilustración 4 muestra un comportamiento similar. Se tiene que un 59% de éstas corresponden a automóviles, 24% a pick-ups y 16% a sport utilities (AYASA).



Ilustración 4. Porcentaje de unidades vendidas en Nissan por tipo de vehículo en el 2010. (AYASA)

En conclusión, como se observa en el Ilustración 1 la venta de unidades en el año 2010 es significativamente alta y esto implicará un mayor número de vehículos que ingresarán a servicios mecánicos en el año 2011. Por ello, es importante que TallerAuto ofrezca una nueva modalidad de servicio que consolide nuevos y antiguos clientes, enfocándose en los tipos de vehículos con mayor porcentaje de unidades vendidas como automóviles, pick-ups y sport utilities.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.7.1. ANTECEDENTES AUTOMOTORES Y ANEXOS S.A. - TALLERAUTO

Automotores y Anexos S.A. - AYASA es una compañía que tiene como objeto social la importación, distribución, comercialización y venta de vehículos Nissan. Además, a nivel nacional, la empresa cuenta con talleres equipados para ofrecer servicio de Posventa, así como bodegas con un stock completo de repuestos

originales para Renault y Nissan. Actualmente, es la segunda empresa más grande en volumen de facturación del sector automotriz ecuatoriano. (Manual del Trabajador. Automotores y Anexos S.A.)

AYASA y TallerAuto tienen como visión corporativa ser, para el año 2020, la corporación automotriz líder en el Ecuador con presencia en otros países gracias al reconocimiento del mercado y la pasión de sus clientes por sus marcas a través del aprendizaje organizacional, la responsabilidad con el medio ambiente y su red de puntos de contacto; valorado por su personal como el mejor lugar para trabajar y por la sociedad por su contribución para que el Ecuador sea un mejor lugar para vivir. Además, AYASA tiene como misión ser una corporación automotriz rentable en constante crecimiento que trabaja con pasión para exceder las expectativas de sus clientes; estructurada para enfrentar retos con tenacidad, flexibilidad e innovación. Asimismo, Posventa tiene como misión el incrementar la confianza, lealtad y seguridad de sus clientes a través de un servicio de excelencia otorgado por personal calificado y equipo de alta tecnología que garantiza el correcto funcionamiento y un precio superior de recompra de sus marcas, consolidando una relación a largo plazo lo que contribuye a la estabilidad de la empresa. (González, Entrevista 2)

Los valores corporativos más destacados en su personal se encuentran la lealtad, el trabajo en equipo, la confianza, la innovación, la pasión, la honestidad y el respeto. (González, Entrevista 2)

1.7.2. DESCRIPCIÓN DEL TALLER

El Taller Granados, ubicado en la Av. De los Granados entre Eloy Alfaro y 6 de Diciembre en Quito-Ecuador, constituye el Taller a nivel nacional con mayor demanda de servicio de Posventa de la red de AYASA. El cual ofrece servicio autorizado de mantenimientos y reparaciones mecánicas para las marcas Nissan y Renault. (Manual del Trabajador. Automotores y Anexos S.A.)

Todo taller mecánico debe disponer de tres entidades principales: las estaciones o bahías de trabajo, la mano de obra representada por los Técnicos que operan en cada vehículo y, los equipos que se utilizan para realizar y facilitar el servicio. Dentro de TallerAuto S.A. se disponen de los tres elementos mencionados y varían entre las marcas que operan, siendo en Nissan mayor que en Renault debido a la cantidad de demanda que se ha generado. (Hidalgo y Torres)

En TallerAuto S.A. el total de las estaciones de trabajo son 18 bahías productivas, con una mano de obra de 13 técnicos, los cuales pueden trabajar únicamente en Nissan o ser bimarca que significa que operan tanto Renault como Nissan. En total se disponen de 18 bahías para Nissan de las cuales, únicamente, 7 cuenta con elevadores de tijeras. Estos elevadores permiten elevar los vehículos a diferentes alturas siendo las más comunes: media y completa, lo cual depende del vehículo en el que se va a trabajar y el mantenimiento a realizar. (Indicadores TallerAuto S.A.)

En la Ilustración 5, se observa una bahía ideal bajo las normas de Nissan México, en la cual se puede observar un elevador de dos tijeras con señalización para caja de herramientas y llantas.



Ilustración 5. Bahía de Trabajo-Tamaño 4m x 8m (Hidalgo y Torres)

Hoy en día, el Taller Granados enfrenta un aumento del volumen de demanda para servicios de mantenimiento. Sin embargo, sus limitaciones en espacio físico y restricciones impuestas por la operatividad actual de sus procesos impiden una adecuada respuesta a los requerimientos del cliente. Esto se evidencia con el incremento en los tiempos de recepción, tiempos de servicio, y tiempos de espera que afectan directamente a la satisfacción percibida. (González, Entrevista 1)

1.8. COMPARACIÓN CON EL MERCADO

1.8.1. OFERTA DE SERVICIO EXPRESS DE OTRAS MARCAS

Al analizar el mercado se pudieron identificar como competencia para este proyecto a ChevyExpress, servicio ofrecido por General Motors y el Mantenimiento Express ofrecido por Toyota.

- **Chevy Express – General Motors.**

ChevyExpress ofrece realizar en una hora trabajos de mantenimiento que incluyen lavado y un chequeo de 18 puntos de seguridad gratis. Entre los servicios que se ofrecen se encuentran cambio de aceite, ABC de frenos, motor, suspensión, baterías e inyectores. Además, se da la oportunidad de visualizar todo el proceso de mantenimiento a sus clientes. (Chevrolet)

Entre algunos de los puntos de inspección que ofrece son (Chevrolet):

- Funcionamiento Freno de mano
- Funcionamiento sistema de ventilación, calefacción y A/C.
- Funcionamiento y estado de limpiaparabrisas y aspersores.
- Funcionamiento de luces exteriores y pito
- Tensión y condición de bandas de accesorios
- Nivel de refrigerante, fugas exteriores y radiador
- Estado y condición de batería y alternador.
- Nivel y fugas de aceite de motor
- Nivel y fugas de líquido de dirección
- Condición de semiejes, fugas de grasa, roturas, cortes y abrazaderas
- Nivel y fugas externas de líquido de frenos

- Presión, condición y ajuste de llantas
 - Fugas y/o golpes en amortiguadores
 - Nivel, fugas externas y accionamiento de embrague
 - Fugas de aceite externas, caja de cambios, transferencia y diferenciales.
 - Condición exterior, roturas y fijación del sistema de escape
 - Fugas externas y condición de cañerías del sistema de combustible
 - Inspección visual del condensador (Sistema A/C)
- **Mantenimiento Express– Toyota.**

Toyota ofrece el servicio de “Mantenimiento Express” en dos concesionarios, ubicados en Cuenca y Cumbayá. Este servicio de mantenimiento incluye el lavado del vehículo y toma un tiempo de 1 hora o 1 hora y 30 minutos, dependiendo del kilometraje y del tipo de vehículo. Este servicio se realiza en una bahía de trabajo especial y es realizado por dos o tres técnicos dependiendo del caso. En cuanto a las actividades que se realizan al vehículo, el servicio incluye todas las operaciones de mantenimiento que son recomendadas por Toyota. Asimismo, se ofrece al cliente la oportunidad de observar el procedimiento de mantenimiento desde la sala de espera e incluso comunicarse con los técnicos que se encuentran realizando el servicio. (Talleres de Servicio. Toyota Ecuador.)

1.8.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTOS

A continuación, se realiza un análisis de los costos de mantenimientos de un vehículo de la marca Nissan en comparación con los costos de vehículos de similares características de las otras marcas. Para ello, se evalúa el costo total del

plan de mantenimiento de rutina hasta los 100.000 Km. A continuación, se evalúa este costo de algunos de los vehículos Nissan.

En la Ilustración 6 se comparó el Nissan Sentra con otros automóviles similares como Aveo Emotion de Chevrolet, Accent de Hyundai, Rio Stylus de Kia y Yaris Sedán de Toyota. El valor medio de los costos totales de mantenimiento hasta los 100.000 Km es de \$2520. En la gráfica se observa que el costo del plan total de mantenimiento para el NISSAN Sentra es de \$2327, bajo la media.

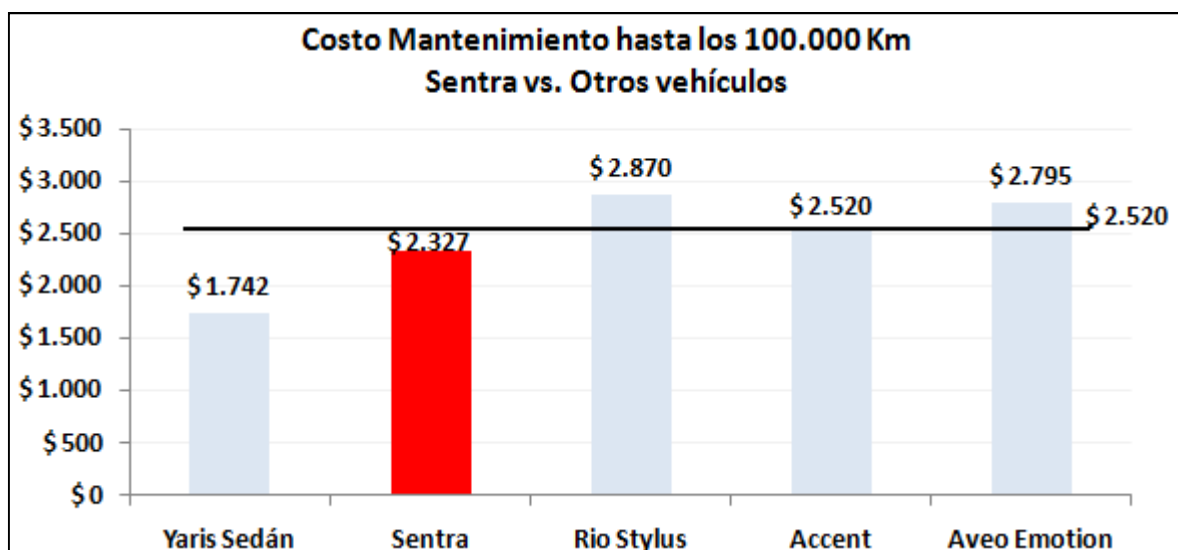


Ilustración 6. Costo Plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km – Sentra vs. Otros automóviles.

(Obregón)

También, en la Ilustración 7 se comparó el Nissan Tiida y el Almera con automóviles de similares características como Optra de Chevrolet, Elantra de Hyundai y Yaris Sedán de Toyota. La media de los costos del plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km es de \$2520. En la gráfica, se observa que los costos totales de mantenimiento tanto para el Tiida como el Almera se encuentran muy cercanos a la media.

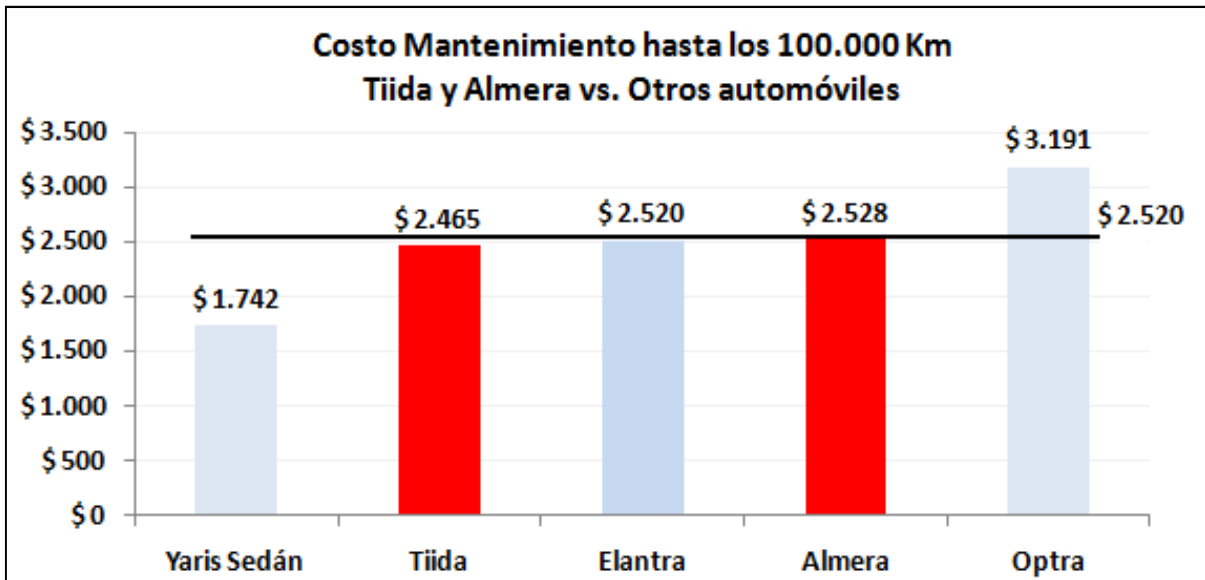


Ilustración 7. Costo Plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km – Sentra vs. Otros automóviles.

(Obregón)

Finalmente, en la Ilustración 8 se comparó el Nissan XTrail 4x2 con otros sport utilities similares como Vitara SZ de Chevrolet, Santa Fe de Hyundai y Rav 4 de Toyota. La media de los costos del plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km es de \$3135. En la gráfica siguiente se observa que el costo del plan total de mantenimiento para el Xtrail es de \$3511, encontrándose por arriba del valor medio en un 12%.

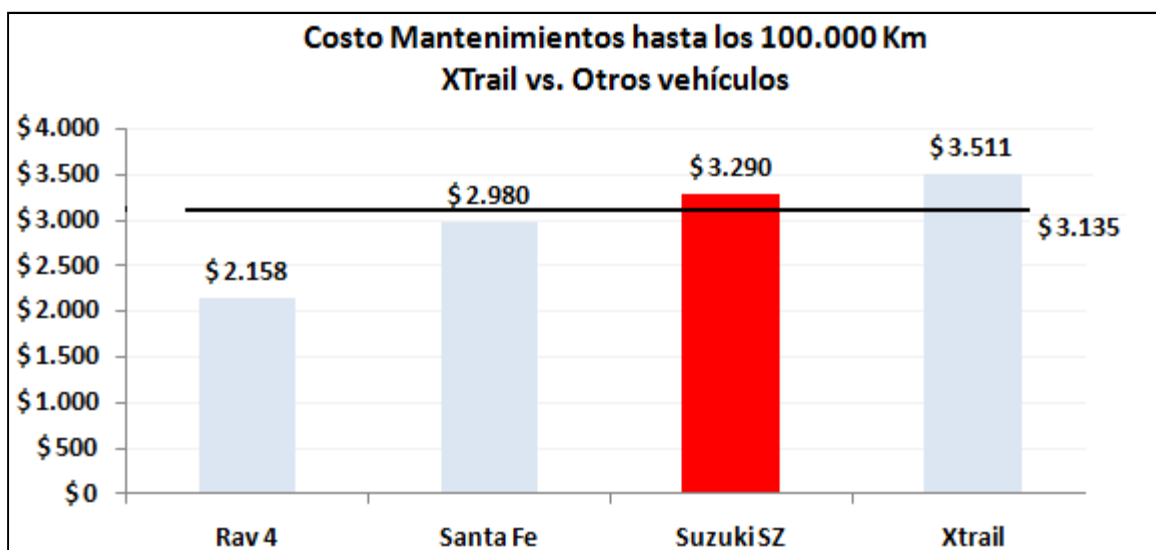


Ilustración 8. Costo plan de mantenimiento hasta los 100.000 Km - XTrail vs. Otros vehículos.

(Obregón)

Para los diferentes vehículos NISSAN, el costo total del plan de mantenimiento se mantiene cercano a la media. No obstante, para algunos modelos, estos precios son superiores a la media y a los ofrecidos por la competencia por lo que pueden resultar menos competitivos. Incluso, costos altos de mantenimiento pueden llegar a afectar la retención de clientes. Cabe mencionar que otras marcas como Toyota mantienen sus precios de mantenimientos por debajo de la media en todos los casos analizados, haciéndoles más atractivos para los clientes.

1.9. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Actualmente, uno de los principales procesos que se llevan a cabo dentro del Taller Granados de AYASA son los mantenimientos limpios. Estos mantenimientos son aquellos que se realizan de rutina cada cierto kilometraje y que sus tiempos de ejecución son relativamente cortos. A más de esto, AYASA estima que más del 50% de los autos NISSAN que ingresan al Taller Granados están relacionados con este

tipo de mantenimiento. En volumen, se está hablando de alrededor de 485 vehículos al mes. Sin embargo, cabe mencionar que, hoy en día, este tipo de mantenimientos toman un tiempo aproximado de un día de trabajo. Además, el servicio que se ofrece no cumple a cabalidad con la normativa internacional de calidad ni con las expectativas del cliente con el mismo. Y, este servicio no tiene la capacidad necesaria para cubrir con la demanda de vehículos. (González, Entrevista 1)

Por lo mencionado anteriormente, el presente trabajo implica una propuesta de creación del proceso de Servicio Express para vehículos de mantenimientos limpios y periódicos para el Taller Granados, lo que constituiría un planteamiento importante a considerar por AYASA para mejorar la capacidad operativa, obtener la certificación AS-DOS y mejorar la atención al cliente. Esto se debe a que se buscará elaborar una propuesta que mejore la capacidad del proceso en el área de Servicio Express en función de la reasignación del espacio físico y de la modificación del proceso operativo. También, se buscará obtener una maximización en la reducción del tiempo de las operaciones para satisfacer los requerimientos del cliente, es decir, se propondrá un proceso que ofrezca un servicio de mantenimiento que tome entre una y dos horas. Finalmente, esta propuesta estará en función del cumplimiento a los estándares AS-DOS establecidos por NISSAN México. (González, Entrevista 1)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para la propuesta señalada se utilizarán las siguientes herramientas para llevar a cabo el rediseño del proceso y espacio físico del área de Servicio Express del Taller Granados de AYASA.

2.1. MAPEO DE PROCESOS

Un proceso es una actividad que contribuye a generar y compartir conocimiento y consiste en establecer los objetivos y las condiciones operativas de aquellos factores que influyen en el resultado del mismo. El resultado de un proceso dependerán de las variables que intervienen y las principales son: personas, instalaciones o máquinas, métodos y materiales. Con ello, si se desea reducir la variabilidad de los resultados, tendremos que actuar para estabilizar las condiciones de las variables que influyen en los procesos. (Gestión de Procesos. Fundibeq)

2.1.1. DEFINICIÓN DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo es una representación grafica de la secuencia de pasos, que se realizan para obtener un cierto resultado, el cual puede ser un producto, un servicio, o una combinación de ambos. Las dos características principales de esta herramienta son la capacidad de comunicación que permite el conocimiento y comprensión global de un proceso y, claridad que brinda información de forma clara, ordenada y concisa. (Diagrama de Flujo. Fundibeq.)

En la solución de problemas se presentan técnicas para obtener y presentar datos por medio de los Diagramas de Flujo (Niebel y Freivalds 21). Este diagrama permite representar gráficamente un proceso cuyos componentes son:

- Símbolos que explican los pasos a seguir en un proceso como cuadros, rombos, círculos, entre otros que se detallan en la Figura 8 (Campos).
- Flechas en un solo sentido que conectan a los símbolos e indican la secuencia en que se van desarrollando las distintas tareas (Campos).

El desarrollo de un Diagrama de Flujo consiste en identificar el inicio y fin de un proceso y en definir las etapas como las actividades, las decisiones, las entradas y las salidas (Slideboom).

La Ilustración 9, muestra los símbolos utilizados en el mapeo de procesos junto con una breve descripción del tipo de información que contienen.

2.1.2. CONSTRUCCIÓN DIAGRAMA DE FLUJO

La organización Fundibeq en su artículo *Diagrama de Flujo* propone ocho pasos para la elaboración del diagrama de flujo. Los cuales se describen a continuación.

- **Paso 1:** Establecer participantes.

Identificar los organismos implicados en el proceso que debe ser analizado. El número de participantes en la construcción del diagrama no debe ser superior a 10 para que el grupo sea eficaz y operativo.

- **Paso 2:** Preparar la logística de la sesión de trabajo.

Para asegurar un ritmo de trabajo eficiente se debe prever que los participantes reciban la información necesaria sobre el objeto de la construcción y material que permita tener a la vista continuamente el trabajo realizado.



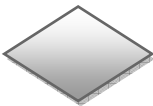



Símbolos		Descripción
	Inicio /Terminación	Señala el comienzo y el final de un diagrama.
	Proceso	Especifica que actividades del proceso se realizan. Debe contener al menos una conexión entrante.
	Decisión	Representa una disyuntiva lógica o decisión. Se evalúa una pregunta como cierta o falsa. Es el único que puede contener dos salidas indicando que decisión se realiza.
	Documentos	Documento que resulta de alguna operación realizada. En su interior se señala el nombre o código del documento.
	Proceso Predefinido	Especifica un proceso existente.
	Conector proceso y página	El círculo representa referencia a un paso dentro de la página. Mientras que el segundo conector, señala referencia de una actividad a otra página.

Ilustración 9. Símbolos de un Diagrama de Flujo (**Campos**)

- **Paso 4:** Definir los límites del proceso en estudio.

La mejor forma de definir y clarificar dicha definición de los límites del proceso es decidir cuáles son el primer y último pasos del diagrama de flujo.

- **Paso 5:** Esquematizar el proceso en grandes bloques o áreas de actividades.

Identificar los grupos de acciones más relevantes del proceso y establecer su secuencia temporal.

- **Paso 6:** Identificar y documentar los pasos del proceso.
- **Paso 7:** Realizar el trabajo adecuado para los puntos de decisión.

Escribir la decisión de acuerdo a la simbología utilizada e identificar los posibles caminos a seguir mediante la notación adecuada. Luego, escoger la rama más natural o frecuente y desarrollarla y finalmente, retroceder para completar las ramas restantes.

- **Paso 8:** Revisar el diagrama completo.

Comprobar que no se han omitido pasos y que se mantenga una secuencia lógica. El resultado final de este paso es el diagrama de flujo del proceso de estudio.

2.1.3. ANÁLISIS VALOR AGREGADO DE LOS PROCESOS

Cada proceso consta de diversas actividades que se deben clasificar de acuerdo a las que agregan valor al cliente (VAC) y las que agregan valor al negocio (VAN). El VAC es el resultado de aquellas operaciones que la empresa debe realizar para satisfacer exclusivamente los requerimientos del cliente. Mientras que el VAN, contribuye a la captación progresiva de nuevos clientes, a la expansión del mercado y a la creación de valor interno (Cisneros). Para realizar el análisis del valor agregado se basará en la siguiente Ilustración 10:

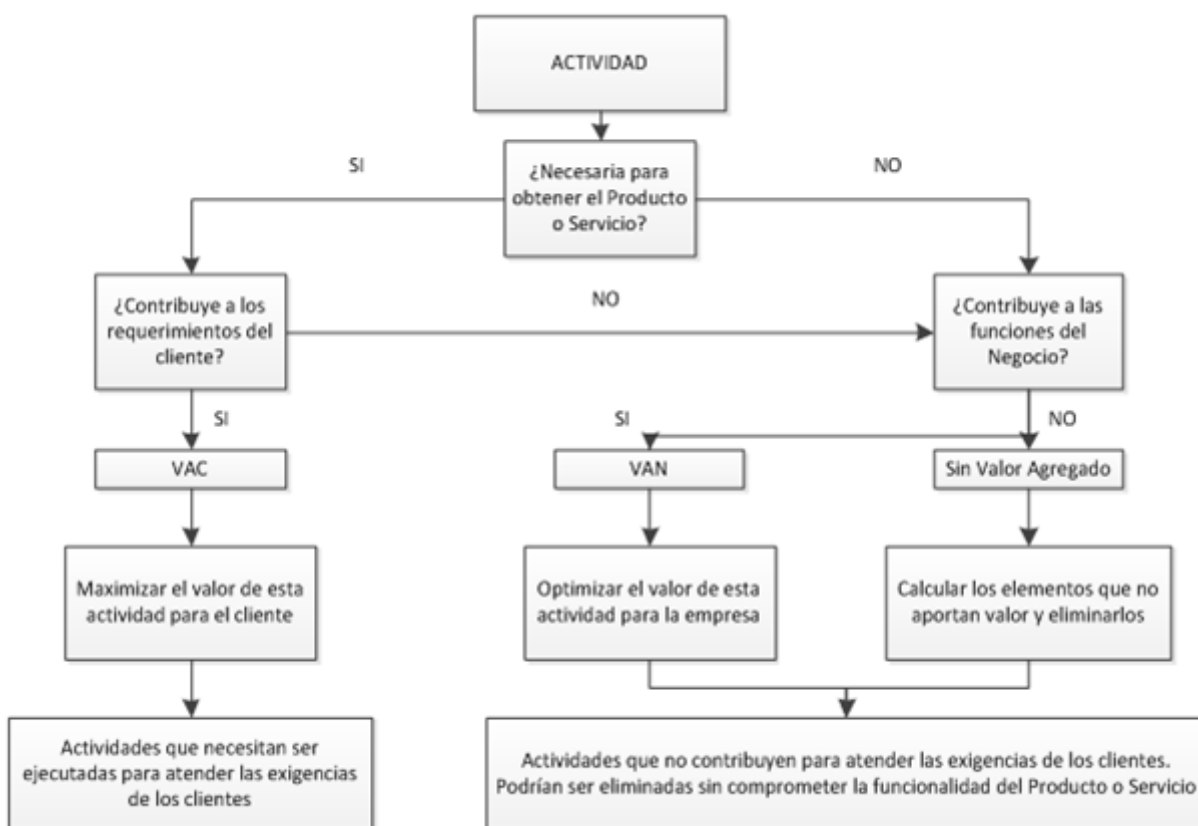


Ilustración 10. Análisis del Valor Agregado. (Cisneros)

En la Ilustración 10 se observa el proceso que se realiza para la actividad que corresponda a VAC o VAN. Para identificar a cada una de las actividades, en el VAC se da un cambio físico en el trabajo, es solicitado por el cliente y es algo por lo que él ha pagado o está dispuesto a pagar. Por otro lado, las actividades VAN son necesarias para dirigir la empresa y/o ajustar políticas administrativas-contables, es necesario para satisfacer requerimientos de los empleados, accionistas, gobierno y/o comunidad. Finalmente, las actividades sin valor agregado son las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, no cambia la salida del proceso y no contribuye a la efectividad, eficiencia o flexibilidad del proceso. (Cisneros)

La matriz de valor de agregado clasifica de acuerdo al tipo de actividad que realiza, ya sea operación, movimiento, demora o inspección. Con ello, se puede realizar un análisis más detallado de la cantidad de actividades que agregan valor o no al proceso y enfocarse en la eliminación o reducción de las que no agregan valor. Stevenson en su libro *Operations Management* describe los cuatro tipos de actividades (Stevenson):

- **Operación.** Incluye actividades que modifican la naturaleza del producto, por ejemplo: soldar, ensamblar, pintar, etc. Se simboliza con un círculo y se la considera una actividad que agrega valor al producto y con ello, al cliente.
- **Movimiento.** Indica un desplazamiento del producto, independientemente de la forma de transporte. Se simboliza con una flecha y este tipo de actividad no agrega valor al producto. Se debe intentar reducir al mínimo para obtener un proceso más eficiente.
- **Inspección.** Refleja una actividad de control donde se verifica alguna característica del producto. Esta actividad se simboliza con un cuadrado y no agrega valor al producto, pero suele ser necesaria para el negocio.
- **Demora.** Es cualquier actividad que se detiene en espera de otro proceso. Se simboliza con una D y no agrega valor y se recomienda buscar maneras de reducirlas al mínimo.

De igual manera, se pueden realizar combinaciones de los tipos de actividades. Por ejemplo, una actividad que es demora y operación a la vez se la puede representar con estos dos tipos de actividades. (Cisneros)

2.2. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Es una herramienta para la medición del trabajo y cuyas técnicas permiten resolver algunos de los problemas más grandes de la manufactura y, reducir y controlar los costos. El estudio de tiempos es la técnica que establece un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo considerando tolerancias. El estudio de movimientos es el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo. (López)

2.2.1. REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

a. Responsabilidad del Analista

El analista puede observar a un empleado y medir el tiempo real que le toma realizar su trabajo, pero el aspecto más difícil es evaluar todas las variables y determinar el tiempo requerido para que el operario “calificado” realice la tarea. Por otro lado, debe existir un entendimiento completo entre el supervisor, el trabajador y el analista debido a la cantidad de intereses humanos y reacciones asociadas a este estudio. Asimismo, el investigador debe estar seguro de que se usa el método correcto, registrar con precisión los tiempos tomados, evaluar con honestidad el desempeño del operario y abstenerse de criticarlo. Es imperativo que el analista del estudio esté bien calificado. (Niebel y Freivalds 375-376)

b. Responsabilidad del Operario

Todo empleado debe tener interés suficiente en el bienestar de la compañía y apoyar las prácticas y procedimientos que se implanten. Además, deben

probar con honestidad los nuevos métodos y cooperar para eliminar las fallas características antiguas y nuevas. El empleado debe aportar con sugerencias ya que él es quien conoce verdaderamente su tarea y lugar de trabajo. (Niebel y Freivalds 377)

2.2.2. EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

Los equipos recomendados para un estudio de tiempos incluyen un cronómetro, una tabla y una calculadora de bolsillo. También, es útil una videocámara. (Niebel y Freivalds 377)

2.2.3. ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Los elementos de un estudio incluyen la selección del operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos y, registrar los valores elementales de tiempos transcurridos (Niebel y Freivalds 383).

a. Elección del Operario

El primer paso del estudio es revisar con el supervisor de área las operaciones a ser analizadas y así, asegurar que todo esté listo para estudiar el trabajo. Si más de un operario realiza el trabajo para el que se quiere establecer un estándar, se debe tomar en cuenta varias cosas al elegir el operario a observar. En general, un operario que tiene un desempeño promedio o un poco arriba del promedio proporcionará un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o que el que tiene habilidades superiores. Esto se debe a que el operario promedio desempeña su trabajo con consistencia y de manera sistemática. Por otro lado, el analista debe mostrar interés en el trabajo del empleado y, siempre, ser justo y directo con él. El respeto y la buena voluntad

que obtiene no solo ayudarán al estudio sino a toda asignación futura de trabajo. (Niebel y Freivalds 383-384)

b. División de la Operación en Elementos

Para facilitar la medición se divide en grupos de movimientos conocidos como elementos. Cada elemento se registra en una secuencia adecuada, incluyendo una división básica de la tarea terminada mediante un sonido distintivo o un movimiento. Por ejemplo, el sonido al caer una pieza o herramienta o subir una pieza a un estante. Con frecuencia, distintos analistas de estudio de tiempos en una compañía adoptan una división de elementos estándar dadas las clases de instalaciones, para asegurar uniformidad al establecer los puntos terminales. Por ejemplo, tanto los trabajadores en taladros de mesa como los de tornos se pueden dividir en elementos estándar por separado. Las siguientes son sugerencias dadas por Niebel y Freivalds en su Libro *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*:

- Mantener separados los elementos manuales y los de máquina.
- Separar los elementos constantes (aquellos para los que el tiempo no varía dentro de un intervalo especificado de trabajo) y los elementos variables (aquellos para los que varía el tiempo dentro de un intervalo especificado de trabajo).

c. Registro de Valores del Tiempo

Niebel y Freivalds señalan que existen dos técnicas para registrar los tiempos elementales durante el estudio. El método de *tiempos continuos* permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio ya que el analista lee el reloj en

el punto terminal de cada elemento y el tiempo sigue corriendo. Una desventaja es que se requiere más trabajo de escritorio para calcular los tiempos, sin embargo, es uno de los métodos más recomendados y usados en la práctica ya que considera todos los tiempos posibles de un estudio. En la técnica de *regresos a cero* después de leer el cronómetro en el punto terminal de cada elemento, el tiempo se restablece a cero; cuando se realiza el siguiente elemento el tiempo avanza a partir de cero. Una desventaja de esta técnica es que promueve que los elementos individuales se eliminen de la operación debido a que dependen tanto de los anteriores como de los posteriores. No es recomendable para medir elementos cortos. (Niebel y Freivalds 386-389)

2.2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Para realizar el estudio de tiempos es necesario conocer los elementos necesarios para realizar el cálculo del tiempo estándar de un operario. Para ello, se utilizan las definiciones y ecuaciones dadas por Gineth & Mosquera en su libro Toma de Tiempos (Gineth).

- **Tiempo de Reloj (TR).** Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea. No incluye los paros realizados por la persona ni tolerancias como fatiga o necesidades personales.
- **Factor de Ritmo (FR).** Es un factor de corrección para omitir las diferencias que producen distintas personas capacitadas al realizar la misma tarea. El coeficiente corrector se calcula comparando el ritmo de trabajo desarrollado

por la persona que realiza la tarea, con el ritmo de un operario capacitado común.

- **Tiempo Normal (TN).** Es el tiempo que el operario emplearía en la ejecución de la tarea cuando la desarrolla a un ritmo normal de trabajo. La siguiente es una relación donde el tiempo normal debe ser constante.

$$TN = TR * FR$$

Ecuación 1. Tiempo Normal.

- **Tolerancias (TN * K).** Corresponden al tiempo donde la persona descansa por fatiga o necesidades personales. Estos períodos de inactividad (K) se establecen como un porcentaje de TN, el cual se establece de acuerdo a la dificultad y exigencia de la tarea y las condiciones del trabajador. La siguiente es la relación para el cálculo de tolerancias.

$$TN * K = TR * FR * K$$

Ecuación 2. Tiempo Tolerancias.

- **Tiempo Estándar (TS).** Comprende el tiempo normal más las tolerancias, es decir, es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado trabajando ritmo normal realice una tarea específica, más las tolerancias.

$$TS = TN * (1 + K)$$

Ecuación 3. Tiempo Estándar.

2.2.5. TIPOS DE ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

Los estudios de movimientos deben ser considerados en dos niveles: macromovimientos (vista panorámica) y micromovimientos. En los primeros el estudio corresponde a aspectos generales y las operaciones de una planta. Primero

se realiza el estudio de macromovimientos, porque los ahorros son más notables y el estudio de micromovimientos puede eliminarse luego de éstos. Las cuatro técnicas que permiten estudiar el flujo general de la planta o producto son: Diagrama de Flujo, Hoja de Operaciones y Diagrama de Proceso (Meyers 18).

El estudio de micromovimientos es el más conocido ya que se invierte más tiempos que en el primero. Estos estudios examinan el segmento más pequeño de cada trabajo y efectúan modificaciones a ese nivel. Se desglosa el trabajo en movimientos como alcanzar, mover, tomar, colocar y alinear, y se miden los tiempos en milésimas de minuto. Las técnicas para este estudio son: Diagrama de Análisis de Operaciones, Diagrama de Operador y Máquina, Diagrama de Equipos, Diagrama de Multimáquina y Diseño de las Estaciones de Trabajo (Meyers 18).

2.3. ESTADÍSTICA Y ANÁLISIS DE VARIANZA

Los ingenieros y científicos constantemente están expuestos a la recolección de hechos o datos, tanto en sus actividades profesionales como en sus actividades diarias. La disciplina de estadística proporciona métodos de organizar y resumir datos y de sacar conclusiones basadas en la información contenida en los datos. (Montgomery, Probabilidad y Estadística)

Un procedimiento que permite obtener conclusiones sobre los datos es el análisis de varianza, con el cual se puede probar la igualdad de varias medias. Probablemente sea la técnica más útil en el campo de la inferencia estadística. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos)

Por tanto, una investigación se enfocará en una colección definida de datos que constituyen una población de interés y posteriormente, en el análisis de los

mismos para obtener conclusiones estadísticas (Montgomery, Probabilidad y Estadística).

2.3.1. TAMAÑO DE MUESTRA

Montgomery establece la fórmula para el tamaño de muestra de la media de una población con varianza conocida (Montgomery, Probabilidad y Estadística 323) como:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{E} \right)^2$$

Ecuación 4. Tamaño de Muestra

Donde n es el tamaño de muestra, $Z_{\alpha/2}$ es la distribución normal estándar acumulada, α es el error tipo I que se define como el rechazo de la hipótesis nula H_0 cuando ésta es verdadera, σ es la desviación estándar poblacional y E es un error dado (Montgomery, Probabilidad y Estadística 324).

La varianza poblacional se estima utilizando la fórmula dada por Montgomery donde μ es la media de la población, N el número de valores observados y X_i son los valores de la muestra.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}$$

Ecuación 5. Varianza Poblacional

2.3.2. ANALISIS DE VARIANZA

El análisis de varianza se lo utiliza para comparar los tratamientos o niveles

(a) de un solo factor y su modelo es:

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Ecuación 6. Modelo Análisis de Varianza

Donde y_{ij} es la observación ij -ésima, μ_i es la media del nivel del factor i -ésimo y ε_{ij} es un componente del error aleatorio que incorpora todas las demás fuentes de variabilidad del experimento. A la Ecuación 6 se le llama también el modelo del análisis de varianza simple o de un solo factor porque únicamente investiga un solo factor. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 63-64)

Los objetivos son probar las hipótesis apropiadas acerca de las medias de los tratamientos y estimarlas. Para probar las hipótesis, se supone que los errores del modelo son variables aleatorias que siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza σ^2 . Se supone asimismo que la varianza es constante para todos los niveles del factor. Esto implica que las observaciones y_{ij} son mutuamente independientes. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 64)

El interés se encuentra en probar la igualdad de las a medias de los niveles. Las hipótesis apropiadas son

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 = \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par } (i, j)$$

Ecuación 7. Hipótesis Igualdad de Medias

Para probar la hipótesis de que no hay diferencia en las medias de los niveles se utiliza el estadístico de prueba F_0 .

$$F_0 = \frac{SS_{Tratamientos}/(a - 1)}{SS_E/(N - a)} = \frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$$

Ecuación 8. Estadístico de Prueba

Donde, N es el número total de observaciones, $SS_{Tratamientos}$ es la suma de cuadrados de los tratamientos, SS_E es la suma de cuadrados del error, $MS_{Tratamientos}$

y MS_E son los cuadrados medios de los tratamientos y error, respectivamente (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 65).

La hipótesis nula se rechaza y se concluye que hay diferencias en las medias de los tratamientos si,

$$F_0 > F_{\alpha, a-1, N-a}$$

Ecuación 9. Prueba de Rechazo H_0

De manera alternativa se podría usar el enfoque del valor P para tomar una decisión (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 70).

2.3.3. USO DE LOS VALORES P EN LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Una manera de reportar los resultados de una prueba de hipótesis es estableciendo que la hipótesis nula fue rechazada o no para un valor de α o nivel de significancia específico (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 37).

En la práctica se ha adoptado el enfoque del valor P, el cual transmite mucha información acerca del peso de la evidencia en contra de H_0 , y por consiguiente, el responsable de la toma de decisiones puede llegar a una conclusión con cualquier nivel de significancia especificado. En términos más formales, el valor P se define como el nivel de significación menor que llevaría a rechazar la hipótesis nula. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 37)

Se acostumbra a decir que el estadístico de prueba y los datos son significativos cuando se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto, el valor P se lo puede considerar como el menor nivel α en el que los datos son significativos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 37).

No es sencillo el cálculo manual del valor P exacto de una prueba. Sin embargo, la mayoría de los programas de computadora modernos pueden realizar análisis estadísticos que reportan los valores P. Por ejemplo, en el programa MINITAB se pueden realizar análisis de varianzas (ANOVA) como ONE WAY ANOVA, el cual permite comparar las medias de diferentes tratamientos y, dependiendo del nivel de significancia, rechazar o no la hipótesis nula de acuerdo al valor P obtenido. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 37)

2.3.4. ANALISIS DE VARIANZA: VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

El uso del análisis de varianza para probar formalmente que no hay diferencia en las medias de los tratamientos requiere que se satisfagan ciertos supuestos. Específicamente, estos supuestos son que el modelo de la Ecuación 6 describe de manera adecuada las observaciones, y que los errores siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza σ^2 constante pero desconocida. Si estos supuestos se satisfacen, el procedimiento del análisis de varianza es una prueba exacta de la hipótesis de que no hay diferencia en las medias de los tratamientos. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 76)

Sin embargo, es común que en la práctica que estos supuestos no se satisfagan exactamente. Por consiguiente, en general no es prudente confiar en el análisis de varianza hasta haber verificado estos supuestos. Las violaciones de los supuestos básicos y la adecuación del modelo pueden investigarse fácilmente con los residuales. El residual de la observación *j-ésima* en el tratamiento *i-ésimo* se define como

$$e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_{ij}$$

Ecuación 10. Residual

Donde \hat{y}_{ij} es una estimación de la observación y_{ij} correspondiente (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 76).

El examen de los residuales deberá ser una parte automática de cualquier análisis de varianza. Si el modelo es adecuado, los residuales deberán estar sin estructura; es decir, no deberán contener patrones obvios. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 76)

2.3.4.1. SUPUESTO DE NORMALIDAD

Un procedimiento útil es construir una gráfica de probabilidad normal de los residuales. Si la distribución fundamental de los errores es normal, esta gráfica tendrá la apariencia de una línea recta. Para visualizar la línea recta, se debe prestar más atención a los valores centrales de la gráfica antes que a los extremos. Ver Ilustración 11. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77)

En general, las desviaciones moderadas de la normalidad no son motivo de gran preocupación en el análisis de varianza. Una distribución de los errores que tiene colas considerablemente más gruesas o delgadas que la distribución normal es motivo de mayor preocupación que una distribución sesgada. Puesto que la prueba F solo se afecta ligeramente, se dice que el análisis de varianza es robusto con respecto al supuesto de normalidad. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77)

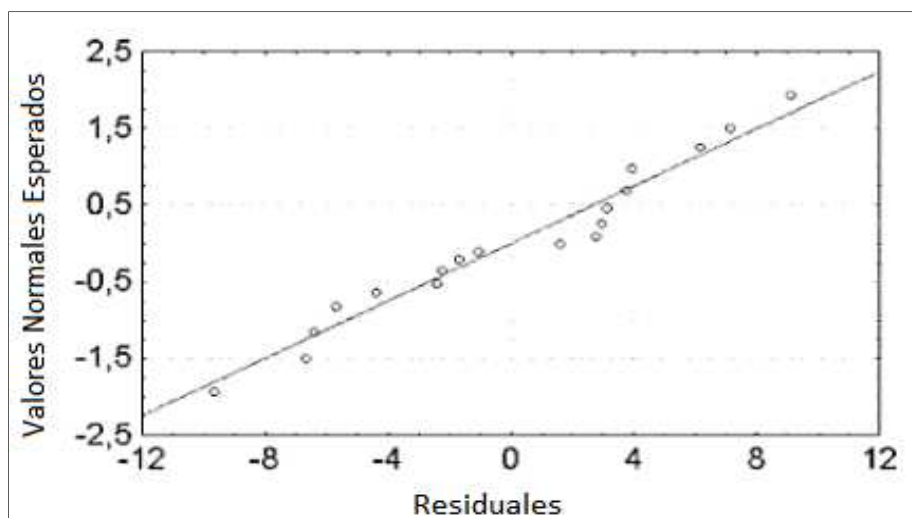


Ilustración 11. Gráfica de probabilidad normal de los residuales (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos)

Una anomalía muy común en estas gráficas es que un residual sea mucho más grande que cualquier otro. A un residual así se le llama con frecuencia punto atípico. La presencia de uno o más puntos atípicos puede introducir distorsiones en el análisis de varianza, por lo que cuando se localiza un punto atípico potencial se requiere una investigación atenta. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 78)

2.3.4.2. GRÁFICA DE LOS RESIDUALES CONTRA LOS VALORES AJUSTADOS

Si el modelo es correcto y se satisfacen los supuestos, los residuales deberán estar sin estructura; en particular, no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha. Con ello, la gráfica de los residuales contra los valores ajustados no deberá mostrar un patrón obvio. En la Ilustración 12 se observan los residuales contra los valores ajustados y se observan que los residuales no presentan ninguna estructura. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80)

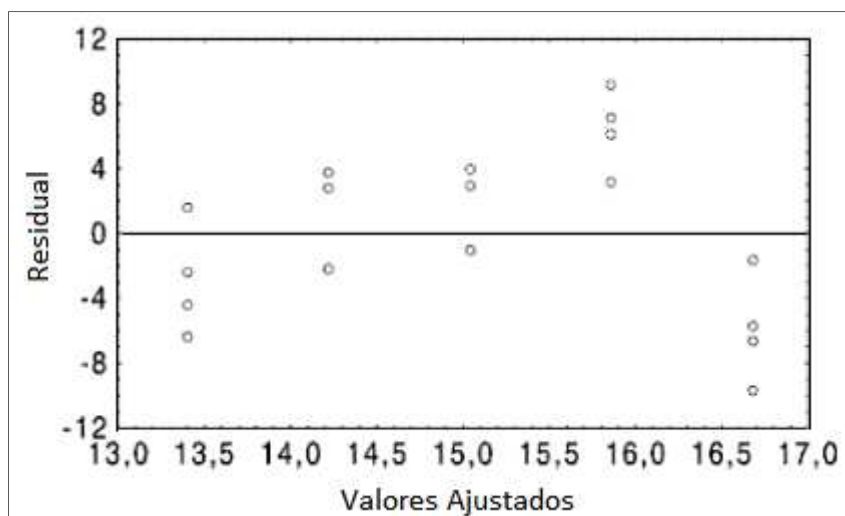


Ilustración 12. Gráfica de los residuales contra los valores ajustados (**Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos**)

Un defecto que sale a relucir con ocasiones en esta gráfica es una varianza no constante. En ocasiones la varianza de las observaciones se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Éste sería el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación. De esta manera, los residuales se harían mayores conforme y_{ij} se hiciera más grande, y la gráfica de los residuales contra y_{ij} se vería como un embudo o un megáfono con la boca hacia afuera. Una varianza no constante también surge en los casos en que los datos siguen una distribución no normal, sesgada, porque en las distribuciones sesgadas la varianza tiende a ser una función de la media. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80)

2.4. SIMULACIÓN

La simulación es una técnica que permite imitar el comportamiento de un sistema real o hipotético según ciertas condiciones particulares de operación. Para analizar, estudiar y mejorar el comportamiento de un sistema mediante las técnicas

de simulación, es necesario primero describir bajo cierto formalismo el conocimiento que se tiene sobre las dinámicas de interés (modelo conceptual), y luego codificarlo en un entorno de simulación para poder realizar experimentos y analizar los resultados. (Gausch 1)

Gausch señala que el uso de las técnicas de simulación para la solución de problemas es un campo interdisciplinario muy amplio, tanto por la variedad de sistemas que pueden ser considerados, como por la diversidad de contextos que pueden describirse. Con ello, la aplicación de esta herramienta para la propuesta de diseño del proceso del Servicio Express permite modelar el comportamiento actual del Taller y proponer mejoras para el mismo; comparando las salidas del modelo actual con el propuesto.

El tipo de modelo al que se va a orientar la simulación para la propuesta es de eventos discretos, los cuales son modelos dinámicos y estocásticos, cuyas variables de estado cambian de valor en instantes no periódicos del tiempo sin estar dirigidos por un reloj (Gausch 7). Los elementos más importantes en simulación según Gausch son:

- Actividades: tareas o acciones que tienen lugar en el sistema
- Entidades: conjunto de objetos que constituyen o fluyen por el sistema
- Entidades Temporales: objetos que se procesan en el sistema
- Recursos o Entidades Permanentes: medios en los que se pueden ejecutar las actividades.

Los programas informáticos desarrollados para facilitar el uso de la simulación son Arena, AutoMod, Extend, ProModel, entre otros. De ellos, el que se va a utilizar

en la propuesta es Arena. Éste es un software basado en lenguaje de simulación SIMAN, que permite modelar procesos de negocios y de soporte implementando un alto nivel de análisis. Su uso abarca modelos para sistemas discretos y continuos. (Banks, Carson y Nelson 122)

2.4.1. PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

Según Jerry Banks, en su Libro *Discrete-Event System Simulation*, los pasos para realizar un estudio de simulación son los que se muestran en la Ilustración 13:

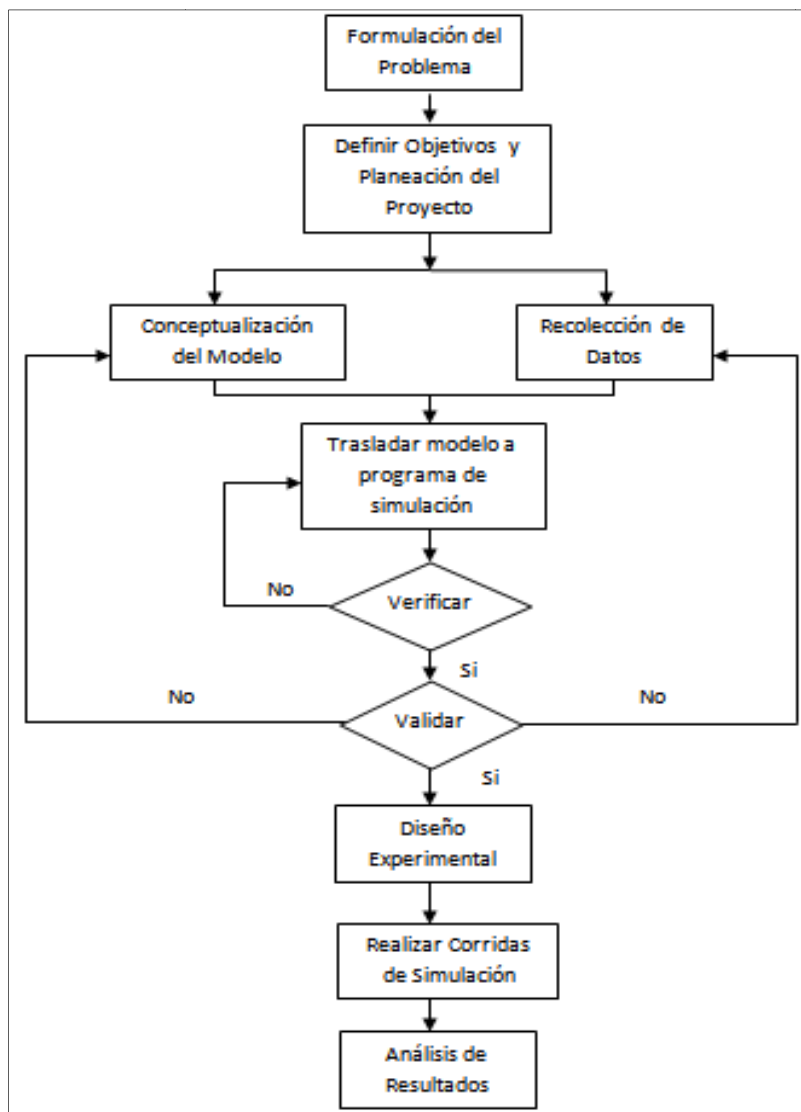


Ilustración 13. Pasos de un Estudio de Simulación (Banks, Carson y Nelson 15)

a. Formulación del Problema

Todo estudio debe empezar con el enunciado del problema. Existen dos maneras de formular el problema. La primera es que la empresa o personas encargadas establezcan el enunciado y el analista debe asegurarse que el problema descrito se encuentre entendido en su totalidad. El segundo es que el analista desarrolle el enunciado y que sea comprendido y aprobado por la organización o personas. Se debe tomar en cuenta que durante el progreso del estudio se puede dar una reformulación del enunciado del problema. (Banks, Carson y Nelson 14)

b. Definición de Objetivos y Plan de Proyecto

Los objetivos son las preguntas que deben ser contestadas por la simulación. Una vez que se aprueba la simulación como método de resolución para el problema dado, se debe establecer el Plan de Proyecto que incluye las alternativas de sistemas a ser considerados y el método de evaluación para evaluar la efectividad de éstas. Asimismo, se debe incluir el número de personas involucradas, el costo del estudio, el número de días requeridos para cada fase del trabajo y los resultados esperados al final de cada etapa. (Banks, Carson y Nelson 14)

c. Recolección de Datos.

El paso principal para empezar una simulación es desarrollar un modelo útil con los datos de entrada que se dispongan. Banks propone los siguientes cuatro pasos para el modelado de entrada:

- **Recolectar datos del sistema real de interés.** Entre los datos que se recolectarán se tienen el tiempo entre arribos de entidades, los tiempos de servicio de los operadores y por otro lado, los tiempos de espera entre las

actividades mencionadas (Banks, Carson y Nelson 307). Al momento de recolectar los datos, Banks, sugiere las siguientes recomendaciones (Banks, Carson y Nelson 309-310):

- *Planificar el tiempo requerido:* Se puede generar mediante observación previa al sistema de análisis o por experiencia. Determinar maneras de recolectar los datos y si es posible grabar el sistema completo para extraer la información posteriormente. Es importante la planeación cuando la recolección es automática, para asegurar que los datos requeridos están disponibles.
- *Tratar de analizar los datos mientras son recolectados:* Descifrar si los datos que se van recolectando generaran las distribuciones requeridas para la entrada del modelo.
- *Tratar de combinar conjuntos de datos homogéneos:* Buscar información homogénea en periodos de tiempo sucesivos e iguales.
- *Usar diagramas de dispersión para analizar relación entre dos variables.*
- *Considerar la relación de que una secuencia de observaciones que aparentan independencia, tienen auto-correlación.*
- *Estar pendiente de datos no observados:* Este problema se genera cuando el interés del analista en el tiempo requerido para completar un proceso, pero no toma en cuenta que el proceso comienza antes o termina después de la finalización de período de observación.

- *Establecer la diferencia entre datos de entrada y de salida, y asegurar de recolectar datos de entrada.*
- **Identificar una distribución de probabilidad que represente el proceso de entrada.** Se lo realiza mediante distribuciones de frecuencia o histogramas para determinar la familia de distribuciones, siempre y cuando, los datos se encuentren disponibles (Banks, Carson y Nelson 307). Este paso se lo puede realizar mediante la herramienta *Input Analyzer* de *Arena* que al insertar los datos recolectados genera la distribución a la cual se ajustan dichos datos. Las distribuciones de probabilidad más comunes son la Binomial, Normal, Poisson, Exponencial, Gamma, Weibull o Erlang (Banks, Carson y Nelson 314-316).
- **Escoger los parámetros que determinen una instancia específica de la familia de distribución.** Cuando los datos se encuentran disponibles, estos parámetros se los estima de los datos mismos. Los parámetros varían dependiendo de la distribución escogida para los grupos de datos (Banks, Carson y Nelson 308).
- **Evaluar la distribución escogida y los parámetros asociados mediante bondad de ajuste.** La bondad de ajuste permite evaluar el modelo de entrada. Entre las diferentes pruebas se encuentran la Prueba Chi-Cuadrado y la Kolmogorov-Smirnov (Banks, Carson y Nelson 308). Estas pruebas proveen una guía para evaluar adecuadamente el potencial de un modelo de entrada, sin embargo, no existe una distribución exacta en una aplicación real y con ello, no es apropiado confiar en el resultado de estas pruebas. Otro aspecto a

considerar, es que las pruebas de bondad y ajuste son susceptibles al tamaño de la muestra. Si existe un tamaño pequeño, las pruebas resultan poco probables de rechazar cualquier distribución y en el caso contrario, si el tamaño es grande, las pruebas pueden rechazar todas las distribuciones. (Banks, Carson y Nelson 327)

d. Trasladar el Modelo.

Una vez recolectada la información de entrada, se prosigue a definir y trasladar los datos a un modelo de simulación apropiado que describa la situación real del sistema. Con el programa Arena de simulación de procesos se logra reducir el tiempo de desarrollo del modelo considerablemente. (Banks, Carson y Nelson 16)

e. Verificación.

La verificación se basa en la capacidad de repuesta del programa de simulación con respecto al modelo propuesto. Como lo define Banks, la verificación es asegurar que el modelo operacional represente apropiadamente el modelo conceptual mediante la implementación de todas las suposiciones estructurales, los valores de los parámetros, abstracciones y simplificaciones del modelo. (Banks, Carson y Nelson 16)

f. Validación.

Se obtiene la validación mediante la calibración del modelo, es decir mediante un proceso de comparaciones iterativas y ajuste del comportamiento actual del sistema. Este proceso de validación se lo repite hasta que la exactitud del modelo sea considerada como aceptable para los simuladores. (Banks, Carson y Nelson 16)

g. Diseño Experimental.

En esta fase, se definen las alternativas de simulación, es decir el número de corridas a ser realizadas y analizadas. Para ello, las decisiones concernientes a la longitud del periodo de inicialización, la longitud de las corridas y el número de repeticiones para cada corrida deben establecerse. (Banks, Carson y Nelson 16-17)

Se debe diferenciar entre una simulación terminante o de estado estable. Una simulación terminante es aquella que corre por una duración de tiempo T_E , donde E es un evento específico con el que se termina la simulación. Se definen las condiciones iniciales en el momento 0 y las condiciones de finalización. Esto se debe considerar si el interés es simular la operación en un día. (Banks, Carson y Nelson 384 - 386).

Cuando se trabaja con una réplica, los datos en secuencia no solo no son independientes sino que son auto-correlacionados lo que subestimaría el error estándar del estimador del parámetro en estudio (Banks, Carson y Nelson 389). Por otro lado, cuando se trabaja con varias réplicas los datos que se obtienen son independientes, idénticamente distribuidos y tienden a tener una distribución normal (Banks, Carson y Nelson 396).

Para determinar el número de repeticiones se utiliza la siguiente expresión

$$R \geq \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} S_o}{\epsilon} \right)^2$$

Ecuación 11. Número de Réplicas (Banks, Carson y Nelson 398)

Previo a estimar el número de réplicas es recomendable realizar alrededor de 10 réplicas iniciales para tener una estimación inicial de la varianza de la muestra

(Banks, Carson y Nelson 398). Es así que la desviación estándar se va a estimar a partir de la fórmula de half width (H):

$$H = t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \frac{S}{\sqrt{R}} \leq \epsilon$$

Ecuación 12. Half Width (Banks, Carson y Nelson 398)

Dado que $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$, una estimación del número de réplicas R está dada por

$$R \geq \left(\frac{z_{\frac{\alpha}{2}} S_o}{\epsilon} \right)^2$$

Ecuación 13. Estimación número de réplicas (Banks, Carson y Nelson 398)

Finalmente, el número final de replicaciones se define considerando la Ecuación 11 probando candidatos igual o mayores a la estimación inicial de R que consista en el menor entero que satisfaga la inequidad determinada en esa misma ecuación (Banks, Carson y Nelson 398 - 399).

h. Análisis de los Resultados.

Los resultados obtenidos de la simulación son medidas de desempeño del sistema. Con lo cual, se obtiene el estado actual del mismo y en qué es posible mejorarlo, continuando así, con la comparación de la situación actual con la propuesta para poder tomar decisiones adecuadas y viables. (Banks, Carson y Nelson 17)

2.4.2. MODELO DE SIMULACIÓN

Los modelos que se utilizarán para la simulación son los modelos de colas. En un típico sistema de colas los clientes van arribando entre tiempos y se unen a una cola o fila de espera, son atendidos y finalmente, se retiran del sistema (Banks, Carson y Nelson 201). Banks define al término *clientes* como cualquier tipo de

entidad que puede requerir de un *servicio* brindado por el sistema (Banks, Carson y Nelson 201).

2.4.2.1. MODELOS DE COLA

Herramienta que permite diseñar y evaluar el desempeño de los sistemas de colas (Banks, Carson y Nelson 201). Con ello, se obtienen diferentes medidas de desempeño como: utilización de los operadores, la longitud de las colas de espera y demora de las entidades en el sistema. Por otro lado, es necesario definir los parámetros de entrada como tasa de arribo de las entidades, la demanda de servicio de las mismas, la tasa a la cual trabaja un operador y, el número y disposición de los mismos.

- a. Población de Potenciales Clientes.** La población puede ser finita o infinita dependiendo del sistema. En sistemas con una cantidad grande de clientes potenciales, la población se la asume como infinita y en muchos casos simplifica al modelo. A pesar de que la población sea finita pero grande, es más adecuado usar modelos de poblaciones infinitas, dado que el número de clientes siendo atendidos o esperando por el servicio en cualquier tiempo es una porción pequeña de la población potencial de clientes. La principal diferencia de los modelos de población infinita y finita es la definición de la tasa de arribo. En la primera, la tasa de arribo no es afectada por el número de clientes que han dejado la población y se unen a la cola del sistema. Mientras, que en el segundo la tasa de arribo de un sistema de cola depende del número de clientes siendo atendidos y esperando por el servicio. (Banks, Carson y Nelson 203)

- b. Capacidad del Sistema.** Banks establece que en los sistemas de colas existe un límite del número de entidades que pueden esperar en la fila o sistema. Sin embargo, los potenciales clientes que observan filas de espera largas no entran al sistema y regresan a ser parte de la población. Por otro lado, si los sistemas mantienen capacidades limitadas en el modelo se debe realizar una diferencia entre la tasa de arribo (ej. Número de arribos por unidad de tiempo) y la tasa efectiva de arribos (ej. Número quiénes arriban y entran al sistema por unida de tiempo). (Banks, Carson y Nelson 204)
- c. Proceso de Arribo.** Para un modelo de población infinita el proceso de arribo se describe en términos de tiempo entre arribos de las sucesivas entidades. Los arribos pueden ser programados o aleatorios. En el caso de que sean aleatorios, el tiempo entre arribos está caracterizado por una distribución de probabilidad y los clientes pueden llegar uno a la vez o en lotes de tamaño constante o aleatorio (Banks, Carson y Nelson 204).

Banks define que el más importante modelo para arribos aleatorios es el proceso de arribos Poisson. Si A_n representa el tiempo entre arribos entre el cliente $n-1$ y el cliente n , entonces el proceso de arribo está distribuido exponencialmente con una media $1/\lambda$ unidades de tiempo (Banks, Carson y Nelson 204). La tasa de arribo es λ entidades por unidad de tiempo. El número de arribos en un intervalo de tiempo de longitud t tiene una distribución Poisson con media λt entidades (Banks, Carson y Nelson 204).

Por otro lado, Banks establece que para los arribos programados o con cita, los tiempos entre arribos $\{A_n, n = 1, 2, \dots\}$ puede ser *constante* o *constante más*

o menos una pequeña cantidad aleatoria que representa los arribos tempranos o atrasados (Banks, Carson y Nelson 204).

- d. Compartimiento y Disciplina de Colas.** El comportamiento o conducta de cola se refiere a las acciones que realizan los clientes mientras se encuentran en una fila de espera. En algunas situaciones, existe la posibilidad que los clientes entrantes dejen el sistema cuando ven que la fila de espera es muy larga, abandonar el sistema cuando observan que la fila no se mueve con rapidez o moverse de una línea a otra para avanzar más fácilmente. Los comportamientos de colas más comunes son *Primero en Entrar-Primero en Salir (FIFO)*, *Último en Entrar-Primero en Salir (LIFO)*, *Servicio en Orden Aleatorio (SIRO)*, *Primero de Procesamiento de Tiempo más Corto (SPT)* y *Servicio de acuerdo a Prioridad (PR)*. (Banks, Carson y Nelson 206)
- e. Tiempos de Servicio y Mecanismo de Servicio.** El tiempo de servicio de arribos sucesivos son denotados por S_1, S_2, S_3, \dots y pueden ser de duración constante o aleatoria. En el último caso, se caracteriza como una secuencia de variables aleatorias independiente e idénticamente distribuidas. En algunos casos, los servicios son distribuidos idénticamente para todos los clientes de un tipo, de una clase o prioridad; mientras que los clientes de otros tipos pueden tener distribuciones de tiempos de servicio completamente diferentes. Asimismo, el servicio depende del tiempo del día o del tamaño de la cola de espera. Un sistema de colas consiste de un número de centros de servicio y colas interconectadas donde cada centro mantiene un número de servidores, c , trabajando en paralelo. Los mecanismos de servicios pueden ser de un solo

servidor ($c=1$), múltiples servidores ($1 < c < infinito$) y servidores ilimitados ($c = infinito$). (Banks, Carson y Nelson 206)

2.5. DISEÑO DE PLANTAS

Tompkins define la planeación de instalaciones como una herramienta que determina la organización de los activos fijos de una actividad tangible para que cumplan mejor el objetivo de la actividad en cuestión.

Además, Tompkins considera que la planeación de instalaciones se divide en dos partes fundamentales: Localización y Diseño de las Instalaciones. Por *Localización* se busca que se facilite el transporte del material y, se minimicen los costos, cercanía con los clientes y proveedores, entre otros. El *Diseño* busca cumplir los objetivos de manejo eficiente de materiales y almacenes, minimización de la inversión, mantenimiento, uso efectivo del espacio, personal y equipo y proporcionar un lugar seguro para trabajar con empleados satisfechos (Tompkins 13).

En general, el proceso de planeación de instalaciones consta de las siguientes etapas (Tompkins 13 - 14):

- Definir el problema: Esta etapa consta de las siguientes etapas:
 - ✓ Definir o redefinir el objetivo de la instalación. Es necesario especificar la cantidad de los servicios proporcionados y los volúmenes o niveles de actividad.
 - ✓ Especificar las actividades principales y de apoyo. Todas estas actividades y cualquier otro requerimiento deben especificarse por operaciones, equipo, personal y flujos de materiales necesarios.

- Analizar el problema: Se determinan las relaciones o interacciones entre las actividades involucradas de manera cuantitativa y cualitativa.
- Determinar los requerimientos de espacio para todas las actividades: Para ello, se considera el espacio requerido para cada actividad considerando equipo, material y personal para satisfacer el volumen de demanda. Además, es importante considerar la reducción de los tiempos de ejecución de las distintas actividades. Es importante generar diseños de instalaciones alternos que permitirán evaluar distintas situaciones.
- Evaluar las distintas alternativas: De acuerdo a criterios y factores establecidos previamente, se deben evaluar los distintos planes de instalaciones generados.
- Selección del plan de instalación más apropiado: A partir de la evaluación en base a los criterios y factores tomados en cuenta en el punto anterior, se seleccionará el diseño más apropiado para alcanzar los objetivos propuestos. Además, se hará un estudio de la viabilidad económica de la propuesta generada.

La estructura de procedimiento presentada anteriormente incluye los siguientes aspectos:

2.5.1. DISEÑO DEL PROCESO

En este diseño se debe especificar los procesos requeridos y las actividades asociadas.

- a. Identificar los procesos requeridos de acuerdo al alcance que se ha determinado para la planificación de la planta (Tompkins 36).

- b. Determinar la selección y secuenciación de los procesos requeridos para lo cual se utilizan diagramas de flujo de los procesos (Tompkins 40 - 41). Estos diagramas registran las operaciones e inspecciones, así como movimientos y almacenamientos del bien a través de su paso por las instalaciones (Niebel y Freivalds 34).

2.5.2. DISEÑO DE PROGRAMAS

Esta decisión influye en la elección de qué y cuántas máquinas utilizar, el equipo de manejo de materiales, el tamaño del edificio, los volúmenes de producción, las tendencias y la predictibilidad de las demandas futuras de los productos fabricados (Tompkins 47). Por tanto, se requerirá determinar los siguientes aspectos:

- a. Información de Mercadotecnia: Se determina la información del mercado relacionada con el valor dinámico de las demandas que se tienen.
- b. Análisis de Pareto: En este análisis los artículos de interés se identifican y miden en una escala común y después se acomodan en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Por lo común, 20% de los artículos clasificados representan el 80% de la actividad total. (Niebel y Freivalds 23)

2.5.3. DISEÑO DE PLANTAS

Para elaborar varias alternativas sobre el diseño de las instalaciones se pueden utilizar las siguientes herramientas:

- *Definición de los patrones de flujo.* Las consideraciones del flujo del manejo de materiales, de distribución física y de logística definen el ambiente general del flujo dentro de cada movimiento que ocurre (Tompkins 98). Para

ello, se analiza el flujo dentro de las estaciones de trabajo, el flujo dentro y entre las diferentes estaciones.

- ✓ El flujo dentro de las estaciones de trabajo debe ser simultáneo, simétrico, natural, técnico y habitual (Tompkins 98).
- ✓ El flujo dentro de los departamentos depende de su tipo. Si se trata de un departamento por producto y/o familia de productos, el flujo del trabajo sigue el flujo del producto. Los patrones de flujo uno al frente al otro, y de ángulo irregular indican departamentos por productos en donde un operario trabaja en cada estación de trabajo. Por otro lado, en un departamento por procesos, se da poco flujo entre las estaciones de trabajo dentro de los departamentos ya que el flujo se da entre las estaciones de trabajo y los pasillos. (Tompkins 99)
- ✓ El flujo entre departamentos hace referencia a la evaluación del flujo general dentro de una planta. En este punto es importante considerar ciertas restricciones de las instalaciones como la ubicación de la entrada y la salida. (Tompkins 100)

2.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

En un análisis económico es importante definir si las alternativas planteadas son mutuamente excluyentes o independientes. Una alternativa mutuamente excluyente consiste si sólo uno de los proyectos viables puede seleccionarse. Por otro lado, alternativas independientes se dan cuando más de un proyecto viable puede seleccionarse a través de un análisis económico (Blank y Tarquin , 176).

Las herramientas de análisis económico permiten comparar el desempeño de la inversión de distintas alternativas. A continuación, se describen algunas de éstas, sin embargo, antes es necesario mencionar algunas definiciones.

- **TMAR:** Tasa mínima atractiva de rendimiento. En una inversión se espera recibir una cantidad de dinero mayor que la invertida, es decir, debe ser posible obtener una tasa de retorno o rendimiento sobre la inversión. Esta tasa es superior a la ofrecida por un banco u otra inversión segura. (Blank y Tarquin , 28-29)
- **TIR:** Tasa interna de rendimiento. Implica la tasa de interés de un flujo de efectivo generado durante un periodo de tiempo. (Blank y Tarquin , 78)

2.6.1. VALOR PRESENTE NETO

A través de este método todos los flujos de efectivo futuros asociados con una alternativa se convierten en dólares presentes. De esta manera, se puede percibir la ventaja económica de una alternativa sobre otra.

Cuando se presentan dos o más alternativas, se debe determinar el VP de cada alternativa usando la TMAR. Se selecciona aquella con el valor VP que sea mayor en términos numéricos, es decir, menos negativo o más positivo, indicando un VP menor en costos de flujos de efectivo o un VP mayor de flujos de efectivo netos de entradas menos desembolsos. Para uno o más proyectos independientes, se elige todos los proyectos con un VP mayor a cero calculado con la TMAR. (Blank y Tarquin , 178)

Para ello, se utiliza la siguiente fórmula donde I_0 es la inversión inicial en el periodo cero, C_t es el balance entre los ingresos y los egresos para cada periodo t , r

que es la tasa de interés que se utiliza como referencia para la evaluación de proyectos y n que es el número de periodos.

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + I_0$$

Ecuación 14. Valor Presente Neto (Blank y Tarquin , 207)

2.6.2. ANÁLISIS DE LA TASA DE RENDIMIENTO

Otro método para la selección de la mejor de las alternativas mutuamente excluyentes consiste en el análisis de la tasa de rendimiento sobre flujos de efectivo incrementales. Para obtener el flujo de efectivo incremental entre dos alternativas se utiliza la ecuación que se detalla más adelante donde el Flujo de efectivo_B es aquella alternativa con la mayor inversión inicial. (Blank y Tarquin , 291)

$$\text{Flujo de efectivo incremental} = \text{Flujo de efectivo}_B - \text{Flujo de efectivo}_A$$

Ecuación 15. Flujo de efectivo incremental (Blank y Tarquin , 291)

El considerar el costo adicional de la alternativa con la mayor inversión inicial permite determinar la TR ganada sobre los fondos adicionales gastados por la alternativa más costosa. Si estos flujos no la justifican se debe seleccionar la propuesta más barata. Posteriormente, si la tasa de rendimiento disponible a través del flujo de efectivo incremental iguala o excede la TMAR, debe elegirse la alternativa asociada con la inversión adicional. (Blank y Tarquin , 294-295)

CAPITULO III

3.1. ESTUDIO TECNICO

3.1.1. CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA

Dentro de la cadena de valor de AYASA – TallerAuto se han organizado los procesos según sean estratégicos, productivos o de apoyo. Los procesos estratégicos son aquellos que guían a la Empresa hacia el cumplimiento de sus metas y objetivos mediante diversos procesos de planificación, revisiones periódicas y procesos relacionados con el mercadeo de los productos y servicios ofrecidos. Los procesos productivos son aquellos relacionados con el área comercial o de venta de vehículos; el área de repuestos ya sea de mayoreo, a Taller o a particulares; el área de Enderezada y Pintura y el área de Servicio Mecánico. Como se observa en el Anexo 1. Cadena de Valor Automotores y Anexos – TallerAuto, el Servicio Mecánico implica los procesos de Cita Proactiva o Citas, la Recepción del vehículo, Mantenimiento y/o Reparación, Limpieza, Control de Calidad, Entrega del vehículo y Seguimiento. Finalmente, se encuentran los procesos de apoyo como Administración, Recursos Humanos, Gestión de Calidad, entre otros, que buscan dar soporte al desempeño de los procesos productivos.

3.1.2. PROCESOS PRODUCTIVOS – FLUJOGRAMAS ACTUALES

Como se mencionó anteriormente, los procesos que conforman el Servicio Mecánico son:

- **Cita y Cita Proactiva.** El primero es el proceso en el cual se reciben los pedidos de citas y el segundo es aquel en el cual la empresa a través de un

Call Center se contacta con el cliente para recordarle que su vehículo requiere de servicio mecánico.

- **Recepción del Vehículo.** Proceso donde un Asesor Técnico atiende al cliente que llega al Taller con su vehículo y donde se asigna el Técnico a realizar el mantenimiento y/o reparación.
- **Mantenimiento y/o Reparación.** Proceso en el cual se realiza el mantenimiento periódico del vehículo o una reparación mecánica del mismo por un Técnico asignado.
- **Limpieza del Vehículo.** Proceso donde se realiza el lavado, secado y aspirado del auto.
- **Control de Calidad.** Proceso donde se verifican que todos los trabajos hayan sido realizados. En este proceso se deben diferenciar entre los dos tipos de mantenimientos realizado. En los de cada 5.000 Km, el control de calidad es estático ya que se lo realiza en la bahía de trabajo y consiste de la revisión de niveles. Por otro lado, los mantenimientos de 10.000 Km deben efectuar pruebas de ruta para verificar que la limpieza de frenos y alineación hayan sido realizadas correctamente o para detectar otros problemas.
- **Entrega del vehículo.** Proceso donde el usuario retira su vehículo y paga por el servicio realizado.
- **Seguimiento.** Proceso donde se realizan llamadas para determinar el nivel de satisfacción de sus clientes y asimismo, detectar áreas de mejora.

Los flujogramas de estos procesos fueron realizados por las analistas y basándose en los ocho pasos de la sección 2.1.2. De esta manera, se reunieron

con cada uno de los implicados de los procesos y se diagramaron los mismos. Luego, se realiza la verificación con los implicados y las correcciones necesarias. Asimismo, se añadieron estándares que deben cumplirse debido a normas de fábrica.

La elaboración de los diagramas de flujo permite conocer a fondo cada uno de los procesos implicados en una empresa y con ello, obtener un conocimiento general del funcionamiento y de los estándares a seguir por los implicados.

Los procesos operativos que se analizan dentro de este trabajo son Mantenimiento y/o Reparación (Anexo 2), Limpieza (Anexo 3) y Control de Calidad (Anexo 4). A continuación, se describen los diferentes mantenimientos dentro de TallerAuto.

3.1.3. ACTIVIDADES DE LOS DISTINTOS MANTENIMIENTOS

Los mantenimientos que realiza TallerAuto S.A. se clasifican en cinco tipos:

- **Mantenimientos de los 5.000 Km, Livianos o Express.** Como su nombre lo indica, son aquellos que se realizan a los 5.000 Km, 15.000 Km, 25.000 Km y en adelante. En estos chequeos se realizan actividades sencillas como cambio de aceite, revisión de presión de llantas y niveles.
- **Mantenimientos de 10.000 Km.** Son los chequeos que se realizan en los kilometrajes de 10.000, 30.000, 50.000, 70.000 y 90.000. A partir de este mantenimiento se denomina a todos los mantenimientos como pesados ya que las actividades incrementan, dependen del tipo de

vehículo y se añade la alineación y balanceo. Por ejemplo, aumenta el cambio de filtro de combustible y limpieza de frenos.

- **Mantenimientos de 20.000 Km.** Son las revisiones realizadas en los 20.000 y 60.000 Km y se diferencian de los anteriores porque deben realizarse revisiones de inyectores, por ejemplo.
- **Mantenimientos de 40.000 Km.** Son los chequeos que se realizan en los 40.000 y 80.000 Km y estos son los mantenimientos con la mayor cantidad de actividades a realizarse, por ejemplo revisión de la batería.
- **Mantenimiento de 100.000 Km.** Son los chequeos que se realizan a los 100.000 Km.

El sistema Enterprise Resource Planning – ERP - que utiliza la empresa es el Dinamic Modular System – DMS – el cual representa una gran base de datos para TallerAuto y donde se almacena información de clientes, vehículos, mantenimientos, reparaciones, entre otros datos.

3.2. NORMAS Y ESTÁNDARES

Para el desarrollo de esta propuesta, se han estudiado los estándares establecidos por NISSAN para sus talleres los cuales son importantes considerar para definir el layout y establecer lineamientos para los procesos involucrados en el Servicio Express. A continuación, se da una breve descripción de estas normas que por temas de confidencialidad no se puede dar un detalle completo.

3.2.1. ESTÁNDARES N-SOS

En seguida, se describen los estándares fijados en el NISSAN Standard de Operación de Servicio N-SOS para la propuesta de creación del Servicio Express.

3.2.1.1. INSTALACIONES

El N-SOS da los lineamientos para el diseño de las instalaciones tanto para áreas que tiene acceso el cliente, sean áreas de Recepción de vehículos, Sala de espera y Estacionamiento de clientes; como áreas designadas a funciones operativas sean Reparaciones básicas, Alineación y Balanceo, Lavado, Estacionamiento de Unidades en Servicio, entre otros. Las dimensiones de estas áreas se determinan de acuerdo a un estimado del potencial de ventas de unidades que presenta el Distribuidor. (NISSAN Mexicana, S.A. de C.V.)

3.2.1.2. GUÍA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

También, se detallan los requerimientos de herramientas especiales necesarias para la operación de servicio de Mantenimiento y Reparación que todo Distribuidor autorizado NISSAN debe contar. En este capítulo, se da una descripción de las características de la herramienta, su forma, su aplicación y se hace referencia a los vehículos en los cuales es necesario emplear estas herramientas. (NISSAN Mexicana, S.A. de C.V.)

3.2.1.3. REQUERIMIENTOS BÁSICOS AL RECIBO DEL VEHÍCULO

Además, el N-SOS establece las pautas que Técnicos de Servicio, Lavadores, Controles de Calidad y Asesores de Servicio deben tomar en cuenta en todo momento durante la operación de servicio para evitar daños al vehículo como rayas, impactos de piedras, manchas y polvo. Hace referencia al estado y uso de los uniformes, la colocación de protecciones en los vehículos y el manejo de las herramientas en la cercanía del auto. (NISSAN Mexicana, S.A. de C.V.)

3.2.1.4. GUÍA DE CAPACITACIÓN

Dentro de los estándares definidos en el N-SOS, se determina un plan estructurado para el desarrollo del personal técnico denominado N-STEP (NISSAN Service Technicians Education Program). En este programa de capacitación se definen cuatro niveles técnicos de acuerdo a los conocimientos adquiridos, capacidad para diagnosticar y corregir cualquier problema (NISSAN Mexicana, S.A. de C.V.). Así, es importante tener en cuenta que el personal que realizará el Servicio Express deberá contar con un determinado nivel técnico a partir del cual pueda realizar los servicios de mantenimiento periódico.

Adicionalmente, para el personal de servicio encargado de la Recepción y Entrega de vehículos y el Seguimiento de los clientes, se ha desarrollado un programa de capacitación específico. (NISSAN Mexicana, S.A. de C.V.)

3.2.2. ESTÁNDARES AS-DOS

A continuación, se describen los estándares comprendidos en el After Sales – Dealer Operations Standards AS-DOS que se han tomado en cuenta para la propuesta de creación del Servicio Express.

3.2.2.1. RECURSOS HUMANOS

En el AS-DOS se determinan los lineamientos que se deben implementar en la operación de servicio. Entre estas pautas se definen los requerimientos de personal sea Técnicos como Asesores de Servicio para alcanzar los objetivos de la Empresa. Además, se determina en qué áreas es necesario contar con un responsable tal que se alcance un servicio y atención de calidad. Además, establece estándares referentes a seguridad e higiene laboral. (Tecnológico de Monterrey)

3.2.2.2. INSTALACIONES

El AS-DOS adicionalmente provee de estándares referentes a los señalamientos en las instalaciones y de las características con las que deben contar los Estacionamientos para el cliente, área de Recepción de Servicio, Caja, Sala de Clientes y demás áreas de contacto con el cliente. De igual manera, define las normas que deben regir las instalaciones destinadas a áreas productivas como acondicionamiento del Taller, el área de servicio y el área para empleados. (Tecnológico de Monterrey)

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN SITUACION ACTUAL

Para el análisis de la situación actual, se va a utilizar un modelo de simulación de acuerdo a los pasos explicados en el marco teórico en la sección 2.4.1.

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DEL USO DE SIMULACIÓN

TallerAuto Granados no dispone de un sistema de servicio de entrega rápida de los vehículos, lo cual comparado con los Talleres de otras marcas resulta en una desventaja competitiva. Lo que se desea simular es la situación actual considerando la capacidad y comportamiento de los mantenimientos que más ingresan tal que se pueda concluir sobre la posibilidad de la propuesta de creación del Servicio Express para estos servicios, es decir, si es viable entregar un vehículo en una hora o dos horas. A través de este modelo de simulación se busca identificar los tiempos de servicio y sus distribuciones, el tiempo y el número de vehículos en cola para cada uno de los procesos involucrados y el tiempo total en el sistema.

4.1.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Para establecer cuál es la población de vehículos que se atienden en Automotores y Anexos S.A. – Taller de Servicio Granados – se tomó como base la definición dada por Douglas Montgomery, en su Libro Estadística para Ingenieros: “Una población consiste en la totalidad de observaciones que son motivo de interés”. Con ello, la población de interés son todos los vehículos que ingresan al Taller Granados por mantenimientos limpios, es decir, los mantenimientos de cada 5.000

Km, los mantenimientos de 10.000, 20.000, 40.000 y 100.000 Km; siempre y cuando no presenten ruidos o trabajos extras que requieren mayor tiempo como subcontratación o reparaciones eléctricas.

Se debe definir qué tipos de mantenimientos son los que más demanda representan para el Taller. Para obtener estos datos, se requirió que el área de sistemas modifique un módulo del sistema DMS de la empresa ya que los datos almacenados presentaban incoherencias. Por ejemplo, el sistema señalaba que un vehículo ingresaba por mantenimiento limpio de 35.000 Km pero presentaba cargos en la factura por reparación, al mismo tiempo. Por lo tanto, se recomendó que en el sistema se inserte una celda donde se especifique la razón de ingreso de cada vehículo al Taller, es decir, que se clasifique únicamente a cada ingreso en Mantenimientos Livianos (cada 5.000 Km), Mantenimientos Pesados (10.000, 20.000, 40.000 y 100.000 Km) o Reparación Mecánica.

Una vez, obtenidos los datos correctos del año 2010, se los analizó categorizándolos de acuerdo a la razón de ingreso y el tipo de mantenimiento, en el caso de los pesados que consta de cuatro clases. Finalmente, se obtuvieron los porcentajes de la Ilustración 14 donde se observa que los mantenimientos de cada 5.000 Km y 10.000 Km son los más representativos, con 47% y 31%, respectivamente. Mientras, que los de 20.000 Km constituyen el 13%, los de 40.000 Km el 7% y los de 100.000 Km, únicamente, el 1%.

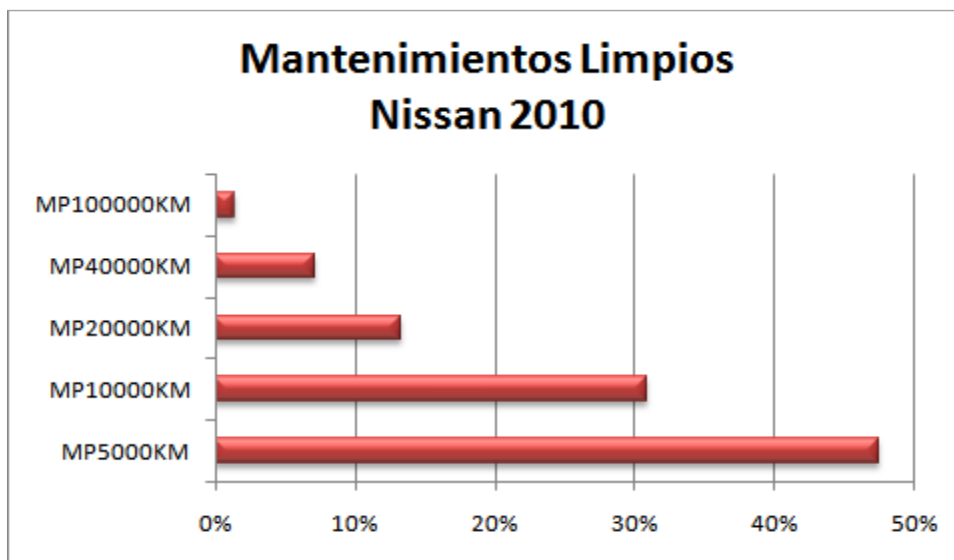


Ilustración 14. Porcentaje Mantenimiento Limpio Nissan 2010 (DMS)

Se observaron dos tipos de mantenimientos significativos: el de 5.000 y 10.000 Km y en la Ilustración 15, se comprueba que ambos representan el 78% del total de ingresos y los restantes, el 22%.

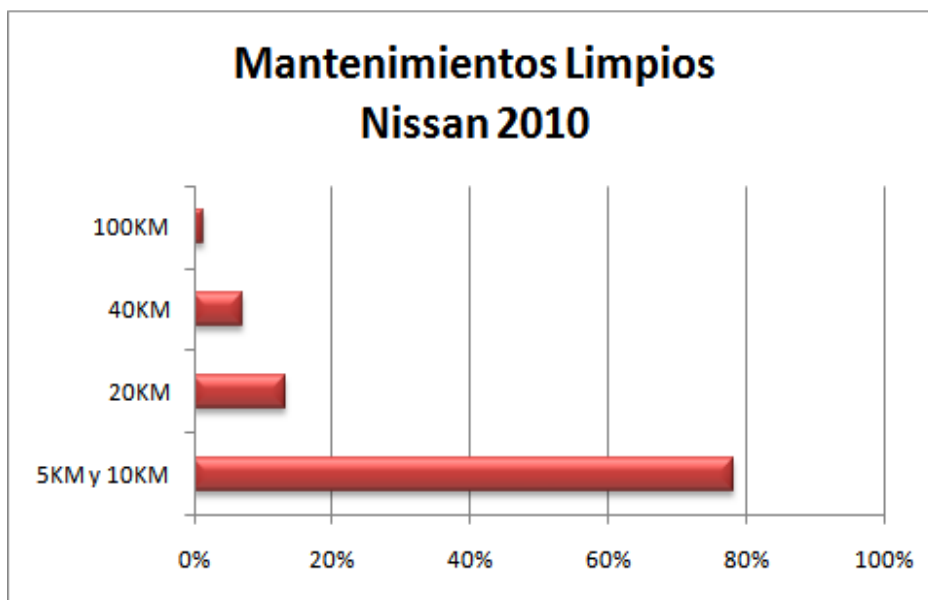


Ilustración 15. Pareto de Mantenimiento Limpio Nissan 2010 (DMS)

Por lo tanto, para realizar la toma de datos del Taller se enfocará en los mantenimientos de 5.000 Km, 15.000 Km, 25.000 Km y, así sucesivamente.

Adicionalmente, se analizará los mantenimientos de 10.000 Km, recordando que estos últimos abarcan mantenimientos de 10.000 Km, 30.000 Km, 50.000 Km, 70.000 Km y 90.000 Km.

A continuación, se analiza qué tipos de vehículos fueron los que más ingresaron al Taller de Granados en el año 2010. En la Ilustración 16, se obtiene que dentro de los vehículos Sport Utilities, el X-TRAIL manual representa la mayor cantidad con un 31%, le siguen los automóviles Sentra, Tiida y Almera con un 22%, 14% y 11%, respectivamente. Finalmente, dentro de las Pick Up, la Frontier mantiene un 11% de ingreso al Taller en el año 2010.

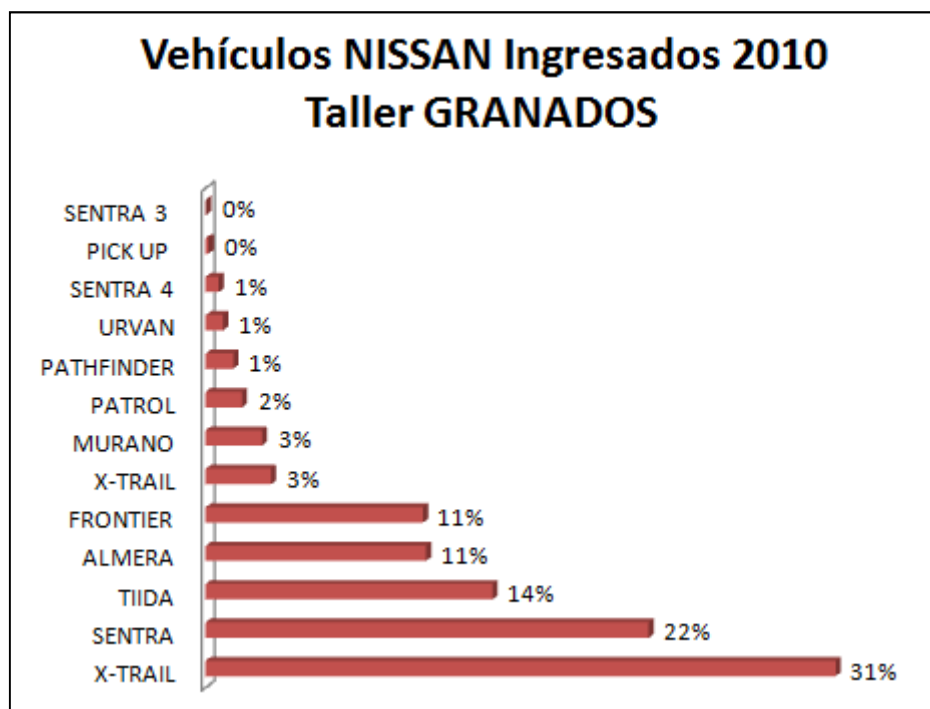


Ilustración 16. Tipos Vehículos Nissan 2010 (DMS)

Así, en la Ilustración 16 se observa que se tienen dos tipos de vehículos que ingresan al Taller mayoritariamente: suvs que son el XTrail y automóviles que son el Sentra, Tiida y Almera. Con lo cual, no existe una diferencia entre el tipo de vehículo

que se debe elegir como parte de la muestra ya que se tienen tanto vehículos grandes como medianos en tamaño. Sin embargo, con este análisis podemos considerar cuáles son los vehículos que representan el mayor ingreso para el Taller.

Por tanto, se desarrollará una simulación de la situación actual con la finalidad de modelar los mantenimientos de 5.000 y 10.000 Km, que forman el 80% de los mantenimientos que ingresan, para evaluar la propuesta de creación del Servicio Express para estos servicios.

4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO

El modelo que se desea simular es la operación de mantenimiento de un vehículo de 5.000 ó 10.000 Km. El comportamiento es el siguiente:

- Un cliente arriba al área de recepción de vehículos, donde un Asesor de Servicio le atiende y genera la orden de trabajo especificando el tipo de mantenimiento a realizar. Con esta orden, el vehículo puede ingresar al Taller.
- Una vez ingresado al Taller el Técnico correspondiente realiza la operación. Cabe recalcar que se asigna el mismo Técnico para el mantenimiento de cada 5.000 y de 10.000 Km, y éste da mayor prioridad al mantenimiento de 5.000 Km. Adicionalmente, se disponen de otros dos Técnicos para el mantenimiento de 10.000 Km.
- Si el vehículo es un mantenimiento de 5.000 Km se realiza el control de calidad en la misma bahía de trabajo, por el Supervisor de Calidad. En cambio, en los mantenimientos de 10.000 Km se realiza la Alineación y el Control de Calidad respectivos. Cabe mencionar que el balanceo de llantas se realiza paralelamente a este servicio.

- En el proceso de limpieza se considera el tiempo entre arribos de los otros vehículos que ingresan al Taller. Esto se debe a que en esta etapa no existe una diferencia en la razón de ingreso ni en la marca del vehículo. El personal está conformado por 5 personas: dos en lavado, dos en secado y una en aspirado.
- Finalmente, el vehículo termina el servicio.

El día laboral consta de 8 horas para los Técnicos, el cual inicia a las 8 am y termina a las 5 pm. Se dispone de 15 minutos para un receso (10:15 a 10:30 am) y 45 minutos para almuerzo (12:30 a 1:30 pm). Por otro lado, los arribos de los vehículos al Taller son desde las 7:00 am hasta las 12:30 pm para los dos mantenimientos.

El tiempo de Reloj de la simulación se considera desde las 7:00 a.m. hasta las 4:00 p.m., sin considerar la hora total de receso y almuerzo, obteniendo un total de 9 horas de servicio.

Por otro lado, una restricción que se presenta en el modelo es que una vez atendidos los clientes, los vehículos ingresan al Taller desde las 7:00 a.m. y deben esperar hasta las 8:00 a.m. para realizarse el mantenimiento o empezar el lavado, ya que a esa hora empiezan a trabajar tanto el personal técnico como de limpieza.

4.2.1. SUPUESTOS

Para la simulación del proceso en ARENA se realizaron las siguientes suposiciones:

- Se desprecia el tiempo que toma atender al cliente y se consideran a los tiempos entre arribos de mantenimientos desde que el vehículo ingresa al Taller, una vez generada la orden de trabajo.

- El servicio se asume desde que el vehículo ingresa al Taller y finaliza en el proceso de limpieza del vehículo. Es decir, no se considera los tiempos de los procesos de Recepción ni Entrega de Vehículos.
- Se asume un tiempo de atención de 15 minutos en la Recepción y con ello, el primer vehículo ingresa al Taller a las 7:00 am ya que el Taller abre a las 6:45 a.m.
- Se asume que los vehículos ingresan al Taller hasta las 12:30 p.m. ya que el máximo flujo de clientes se genera hasta la hora señalada y rara vez, se generan arribos en la tarde.
- En el proceso de secado se dispone de dos trabajadores los cuales se encargan de la mitad del vehículo cada uno. Sin embargo, para fines de la simulación se asume que cada uno de estos seca un vehículo.

4.2.2. IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS, VARIABLES Y ACTIVIDADES DEL SISTEMA

Entidades:

- Vehículo que ingresa al Taller por mantenimiento de 5.000 Km (i)
i = número de vehículos por mantenimiento de 5.000 Km.
i = Entero positivo (1, 2, ..., n).
- Vehículo que ingresa al Taller por mantenimiento de 10.000 Km (j)
j = número de vehículos por mantenimiento de 10.000 Km.
j = Entero positivo (1, 2, ..., n).
- Vehículo que ingreso al Taller por reparación e ingresa a limpieza (k)

k = número de vehículos por mantenimiento de 10.000 Km.

k = Entero positivo (1, 2, ..., n).

Eventos:

- Ingreso de un vehículo al Taller para mantenimiento 5.000 Km (F)
- Ingreso de un vehículo al Taller para mantenimiento 10.000 Km (G)
- Arribo de un vehículo de reparación al área de limpieza (L)
- Terminación del mantenimiento de 5.000 Km (A)
- Terminación del mantenimiento de 10.000 Km (B)
- Terminación del proceso de alineación (N)
- Terminación del proceso de control de calidad de 5.000 Km (C)
- Terminación del proceso de control de calidad de 10.000 Km (H)
- Terminación del proceso de lavado (W)
- Terminación del proceso de aspirado (S)
- Terminación del proceso de secado (D)
- Evento de terminación: (E)

Quando se completa el servicio a los vehículos ingresados al Taller.

Noticias de Eventos:

- Representa ingreso del vehículo por mantenimiento 5.000 Km (F, t)
- Representa ingreso del vehículo por mantenimiento 10.000 Km (G, t)
- Representa arribo de vehículo de reparación al área de limpieza (L, t)
- Representa terminación del mantenimiento de 5.000 Km (A, t)
- Representa terminación del mantenimiento de 10.000 Km (B, t)
- Representa terminación del proceso de alineación (N, t)

- Representa terminación del control de calidad de 5.000 Km (C, t)
- Representa terminación del control de calidad de 10.000 Km (H, t)
- Representa terminación del proceso de lavado (W, t)
- Representa terminación del proceso de aspirado (S, t)
- Representa terminación del proceso de secado (D, t)
- Representa la terminación de la simulación (E, t)

Estado del sistema:

- FQ (t), número de vehículos de 5.000 Km en cola para el mantenimiento en el momento t.
- GQ (t), número de vehículos de 10.000 Km en cola para el mantenimiento en el momento t.
- LA (t), 0 ó 1, indica si el técnico del mantenimiento de 5.000 Km está ocupado o libre en el tiempo t.
- LB (t), 0 ó 1, señala si los técnicos del mantenimiento de 10.000 Km están ocupados o libres al momento t.
- NQ (t), número de vehículos de 10.000 Km en cola para alineación en el momento t.
- LN (t), 0 ó 1, alineadora se encuentra operativa o libre al momento t.
- CQ (t), número de vehículos de 5.000 Km en cola para control de calidad en el momento t.
- HQ (t), número de vehículos de 10.000 Km en cola para control de calidad en el momento t.

- $LC(t)$, 0 ó 1, señala si el control de calidad de 5.000 Km se encuentra ocupado o libre en el momento t .
- $LH(t)$, 0 ó 1, señala si los controles de calidad de 10.000 Km se encuentran ocupados o libres en el momento t .
- $WQ(t)$, número de vehículos en cola para el proceso de lavado en el tiempo t .
- $LW(t)$, 0 ó 1, señala si los lavadores se encuentran ocupados o libres en el momento t .
- $SQ(t)$, número de vehículos en cola para el proceso de aspirado en el tiempo t .
- $LS(t)$, 0 ó 1, señala si el aspirador se encuentra ocupado o libre al momento t .
- $DQ(t)$, número de vehículos en cola para el proceso de secado en el tiempo t .
- $LD(t)$, 0 ó 1, señala si los secadores se encuentran ocupados o libres en el momento t .

Parámetros:

- Número de vehículos que ingresan para mantenimiento de 5.000 Km.
- Número de vehículos que ingresan para mantenimiento de 10.000 Km.
- Número de vehículos de reparación que ingresan a limpieza.
- Número de vehículos de ambos mantenimientos completados el servicio.
- Número de vehículos en espera para mantenimiento de 5.000 Km.
- Número de vehículos en espera para mantenimiento de 10.000 Km.
- Número de vehículos en espera para alineación.
- Tiempo en cola del vehículo para control de calidad.
- Tiempo en cola del vehículo para lavado.

- Tiempo en cola del vehículo para secado.
- Tiempo en cola del vehículo para aspirado.
- Tiempo que un vehículo de mantenimiento de 5.000 Km está en el sistema.
- Tiempo que un vehículo de mantenimiento 10.000 Km está en el sistema.

Actividades:

- Tiempo entre arribos de los vehículos de 5.000 Km.
- Tiempo entre arribos de los vehículos de 10.000 Km.
- Tiempo entre arribos de los vehículos de reparación a limpieza.
- Tiempo del mantenimiento de 5.000 Km al vehículo.
- Tiempo del mantenimiento de 10.000 Km al vehículo.
- Tiempo de alineación del vehículo.
- Tiempo del control de calidad del vehículo de 5.000 Km.
- Tiempo del control de calidad del vehículo de 10.000 Km.
- Tiempo de lavado del vehículo.
- Tiempo de secado del vehículo.
- Tiempo de aspirado del vehículo.

Medidas de Desempeño:

- Número de vehículos de 5.000 Km que se atienden al día.
- Número de vehículos de 10.000 Km que se atienden al día.
- Tiempo en el sistema de los vehículos de 5.000 Km.
- Tiempo en el sistema de los vehículos de 10.000 Km.

4.3. RECOLECTAR DATOS

El tamaño de la población mensual de Automotores y Anexos – Taller Granados – para el año 2011 es de 459 vehículos NISSAN que ingresarán por mantenimientos limpios. Este dato se obtuvo de un análisis del pronóstico mensual de potenciales clientes en el año 2010 que realiza la empresa anualmente para estimar bahías, personal y técnicos que necesitará para cubrir tal demanda para el siguiente año.

4.3.1. PROCESO DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS

4.3.1.1. TAMAÑO DE MUESTRA PARA MANTENIMIENTO

Con ello, para establecer el tamaño de la muestra se utilizarán las ecuaciones 4 y 5 de la sección 2.3. Estadística. Con ello, para el cálculo de la varianza poblacional tenemos que la media poblacional mensual es de 459 vehículos, N es 12 meses y X_i son los valores de los mantenimientos mensuales que ingresarán al Taller de Granados. Así, los datos obtenidos de los cálculos del tamaño de muestra se presentan a continuación:

N	μ	α	$Z_{\alpha/2}$	Error	Muestra
12	459	95%	1,96	10	117,131
12	459	80%	1,28	10	49,955

Tabla 1. Cálculo del Tamaño de Muestra.

Se observa que, con un nivel de significancia del 95%, se obtiene un tamaño de muestra de 118 vehículos. Debido a que no resulta práctico la toma de 118 vehículos ya que el tiempo del servicio mecánico de un solo vehículo varía entre la media hora a hora y media, se analizó con Carlos Flor, Jefe Nacional de Gestión de

Calidad, cuál sería un nivel de significancia adecuado para la empresa y se recomendó que un 80% es apropiado para aprobar el tamaño de muestra (Flor).

Por lo tanto, el tamaño de la muestra resultante es de 50 vehículos debido a la viabilidad de la recolección de datos. De esta manera, para simular la situación actual se estableció con el área de Gestión de Calidad, que se realice la toma de tiempos de 25 vehículos con mantenimiento relacionado a 5.000 Km y de 25 vehículos con mantenimiento de 10.000 Km, obteniendo así, un tamaño de muestra de 50 vehículos.

4.3.1.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Para el análisis de la muestra de los mantenimientos se obtuvieron 25 de mantenimientos de cada 5.000 Km y 25 de mantenimiento de 10.000 Km, como se establece en la sección anterior. En el Anexo 6a y 6b se encuentran los datos recolectados por modelo y por Técnico.

- **Mantenimiento 5.000 Km**

Para este mantenimiento se recolectaron datos de un técnico del Taller debido a que únicamente a él se le asigna los mantenimientos completamente limpios de 5.000 Km. Debido a que la muestra está conformada por distintos modelos de vehículos, se realizó una prueba One way ANOVA con ayuda de Minitab para determinar si existe diferencia estadística en las medias de cada uno de éstos. La Ecuación 7 de la sección 2.3.2 establece la hipótesis nula y alternativa para el análisis de varianzas. Siendo μ , las medias para los diferentes vehículos que se estudian.

One-way ANOVA: Frontier. Sentra. Tiida. Xtrail

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	30,4	10,1	0,33	0,802
Error	21	640,9	30,5		
Total	24	671,3			

S = 5,524 R-Sq = 4,54% R-Sq(adj) = 0,00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Frontier	3	22,950	6,471
Sentra	8	19,270	4,782
Tiida	5	20,302	8,576
Xtrail	9	19,888	3,585

Pooled StDev = 5,524

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 98,89%

Frontier subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Sentra	-14,099	-3,680	6,739
Tiida	-13,888	-2,648	8,592
Xtrail	-13,323	-3,062	7,198

Sentra subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Tiida	-7,742	1,032	9,806
Xtrail	-6,861	0,618	8,096

Tiida subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Xtrail	-8,999	-0,414	8,170

Ilustración 17. OWA Modelo de Vehículos Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres)

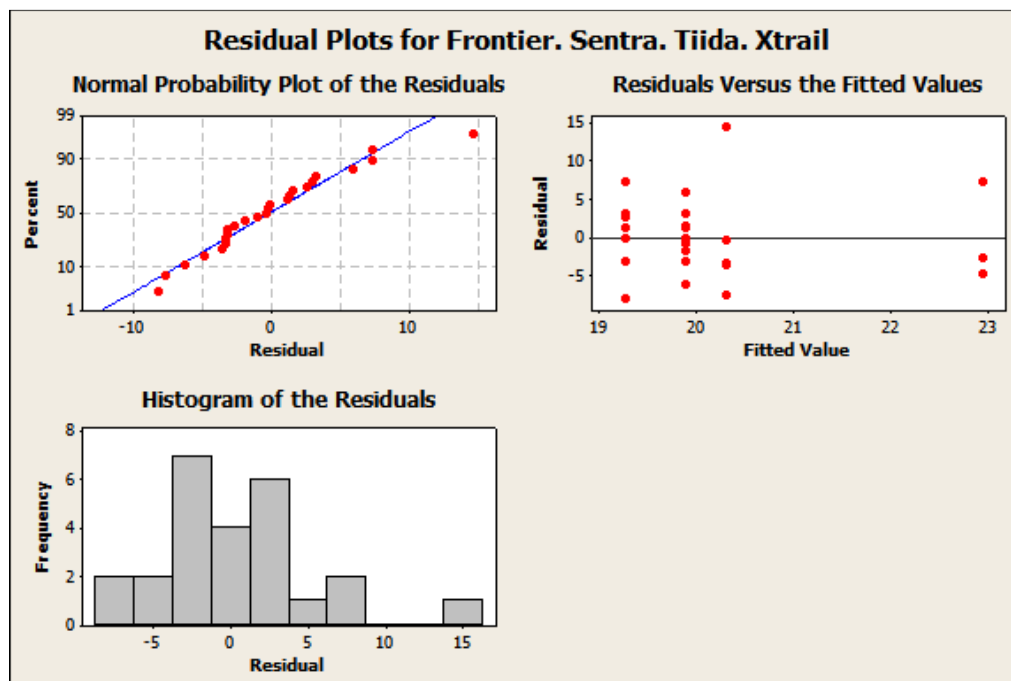


Ilustración 18. Gráfico Residuales Modelo de Vehículos Mantenimiento 5 Km (**Hidalgo y Torres**)

En la Ilustración 17 se realizó la prueba considerando un nivel de significancia de 95% y se observa que el valor P es mayor a 0.05. Por tanto, se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para determinar que hay diferencia entre los tiempos que toma realizar un mantenimiento de 5.000 Km entre los distintos modelos (Refiérase a la sección 2.3.3). Además, se realizó una prueba de contrastes debido a la media de los tiempos del vehículo Frontier. Comparando las medias de este modelo con los otros se observa que los intervalos contienen al valor cero y por tanto, no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias de los tiempos de mantenimiento entre tipos vehículos. Por otro lado, en la Ilustración 18 se comprueba normalidad ya que la mayoría de los residuales centrales se ajustan a la línea de normalidad y se cumple los supuestos de independendia ya que no existe un patrón en los residuales contra los valores ajustados (Refiérase a la sección 2.3.4).

Una vez especificado lo anterior, se calculó la distribución de la muestra: Triangular con un valor mínimo de 11, una moda de 18,2 y un máximo de 35 minutos. Estos datos se obtuvieron con la ayuda de Input Analyzer y una mayor descripción se encuentra en el Anexo 7a. Adicionalmente, se tiene que la muestra estuvo conformada por Xtrail y Sentra, cada uno en un 36%, un 16% de Tiida y en un 12% de vehículos Frontier. Así, se puede observar que la ponderación de esta muestra es similar a los valores obtenidos en el análisis de la población por tipo de vehículo que se obtuvo en la sección 4.1.1.

- ***Mantenimiento 10.000 Km***

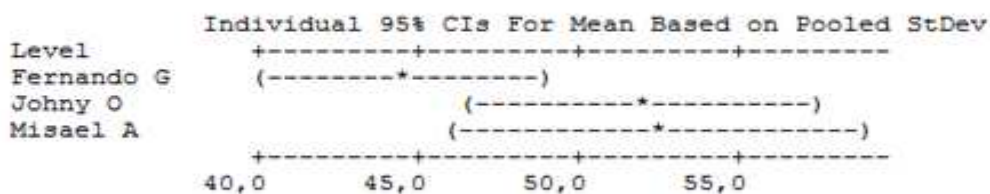
Para obtener la muestra de mantenimientos de 10.000 Km sin problemas adicionales, se escogió a los dos técnicos que más realizan este tipo de servicio mecánico junto con datos del técnico que también realiza mantenimientos de cada 5.000 Km. Es decir, en los mantenimientos de 10.000 Km se recolectaron muestras de tres técnicos en total. Se utilizó una prueba de varianza para determinar si las medias de los datos correspondientes a cada técnico son o no estadísticamente iguales (Refiérase a la sección 2.3.2). Utilizando la prueba One Way ANOVA, en la Ilustración 19 el valor P fue mayor al nivel de significancia del 95%, con lo que se concluye que no existe diferencia estadística en el tiempo que toma realizar el mantenimiento por los tres técnicos (Refiérase a la sección 2.3.3). Además se realizó la prueba Tukey, en la cual se comparan pares de medias y se rechaza la hipótesis nula si el intervalo de confianza no incluye el valor cero. Así, se compararon los tiempos de procesamiento de los tres técnicos y se concluye que las medias de los tiempos entre pares son iguales ya que los intervalos incluyen valor el cero.

One-way ANOVA: Fernando G. Johny O. Misael A

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	362,8	181,4	3,30	0,056
Error	22	1207,6	54,9		
Total	24	1570,4			

S = 7,409 R-Sq = 23,10% R-Sq(adj) = 16,11%

Level	N	Mean	StDev
Fernando G	11	44,574	8,272
Johny O	8	52,058	7,453
Misael A	6	52,487	5,186

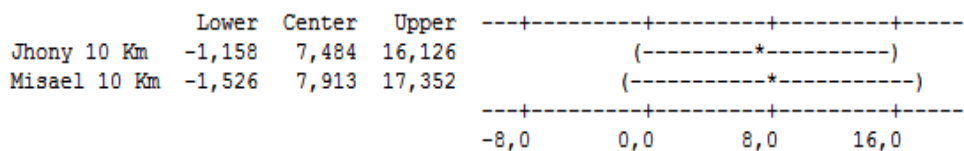


Pooled StDev = 7,409

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 98,01%

Fer 10 Km subtracted from:



Jhony 10 Km subtracted from:

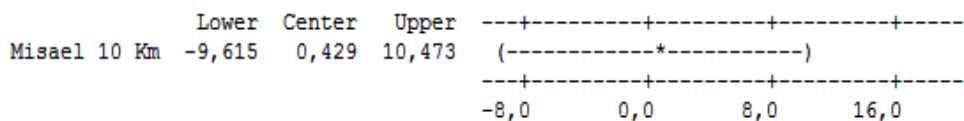


Ilustración 19. OWA Técnicos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

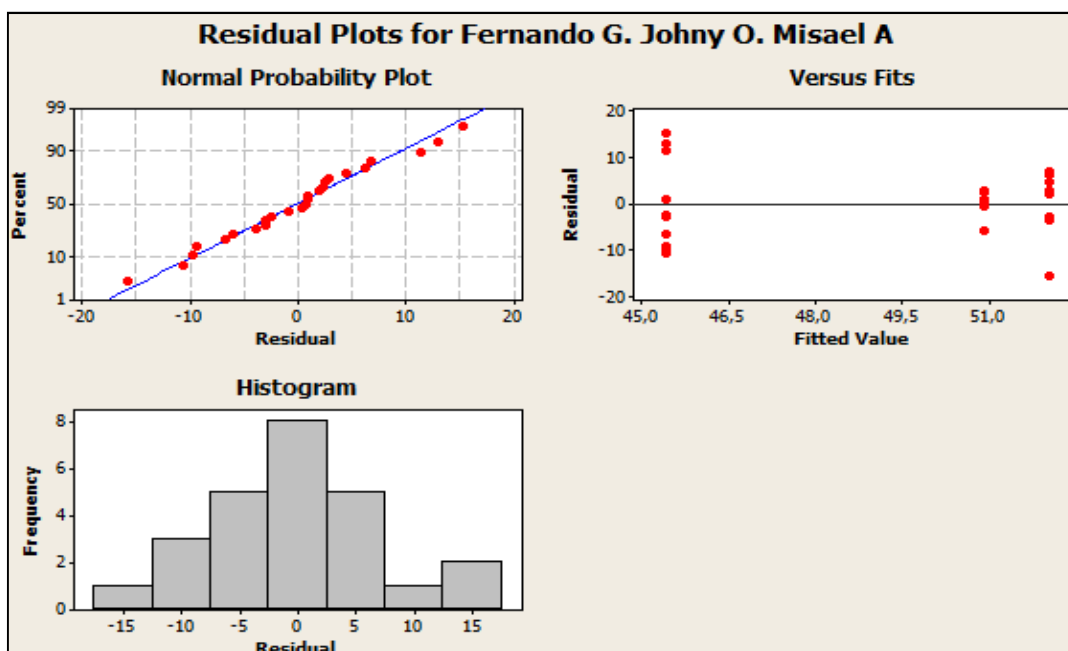


Ilustración 20. Gráfico Residuales Técnicos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 20, se comprueba normalidad e independencia ya que cumple con lo señalado en la sección 2.3.4.

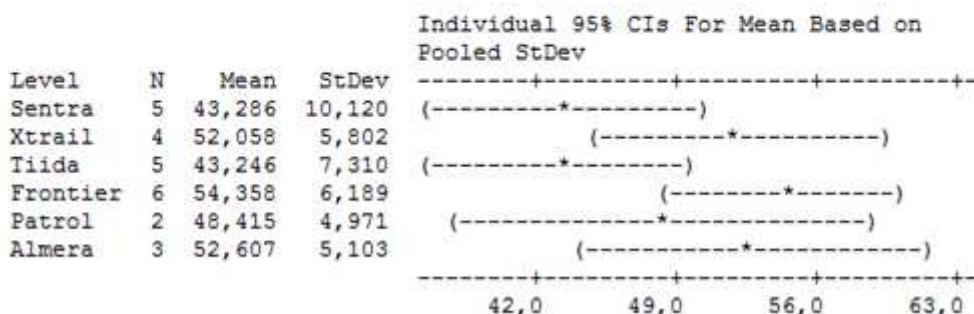
Lo mismo se realizó para analizar las medias de estos mantenimientos con diferentes modelos de vehículos (Refiérase a la sección 2.3.2). Con la Ilustración 21, se concluye que no existe diferencia estadística en las medias ya que el valor P de 0,096 es mayor al nivel de significancia de 0,05 (Refiérase a la sección 2.3.3). Con la prueba Tukey se comprueba la igualdad entre pares de medias.

De igual manera, en la Ilustración 22 se comprueba la adecuación y supuestos de normalidad e independencia de los residuales ya que éstos se ajustan a la línea normal y no presentan un patrón de embudo (Refiérase a la sección 2.3.4).

One-way ANOVA: Sentra. Xtrail. Tiida. Frontier. Patrol. Almera

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	5	577,7	115,5	2,21	0,096
Error	19	992,7	52,2		
Total	24	1570,4			

S = 7,228 R-Sq = 36,79% R-Sq(adj) = 20,15%

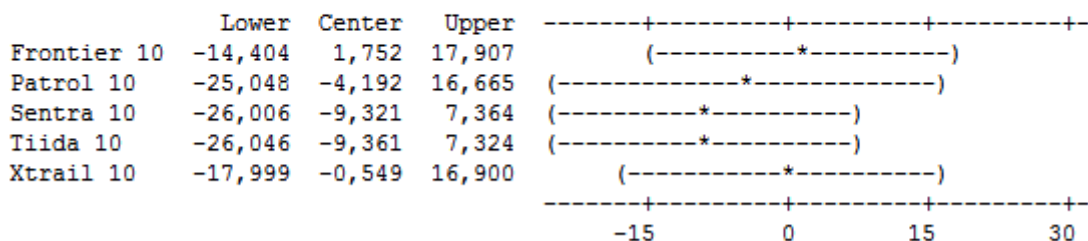


Pooled StDev = 7,228

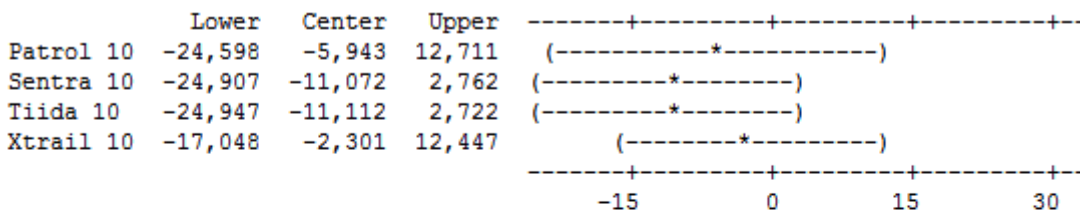
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99,49%

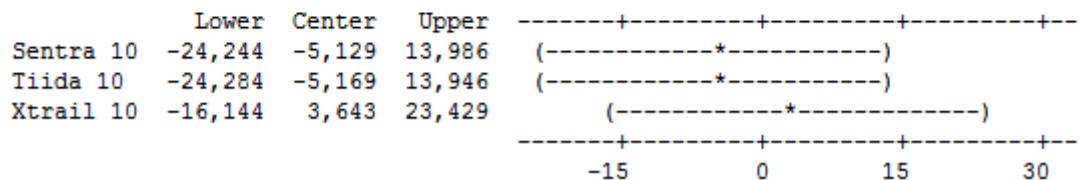
Almera 10 subtracted from:



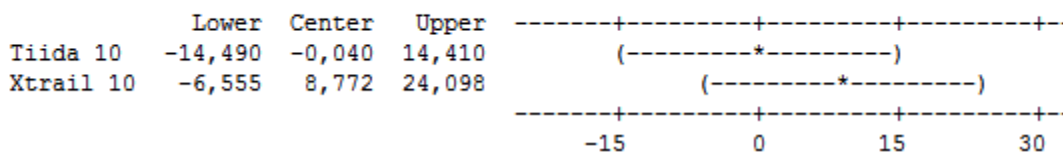
Frontier 10 subtracted from:



Patrol 10 subtracted from:



Sentra 10 subtracted from:



Tiida 10 subtracted from:

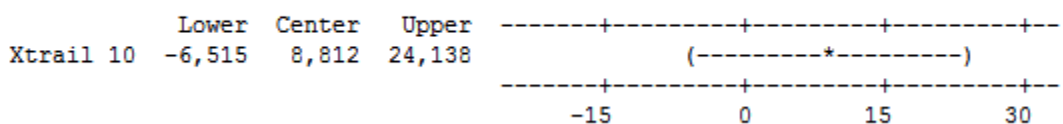


Ilustración 21. OWA Modelo Vehículos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

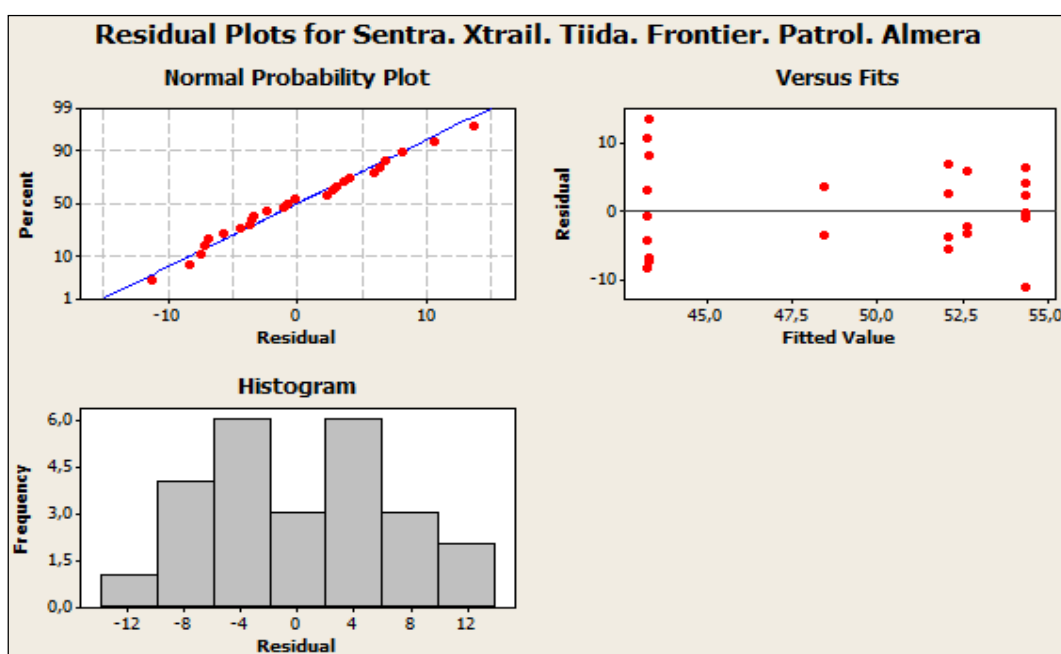


Ilustración 22. Gráfico Residuales Modelo Vehículos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

A partir de esto, se determinó a través de Input Analyzer que el mantenimiento de 10.000 Km sigue la siguiente distribución de probabilidad: $34 + 27 * \text{BETA}(1.05, 0.897)$ minutos. Los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo 7b.

Adicionalmente, se tiene que la muestra estuvo conformada de forma mayoritaria por Tiida y Sentra, cada uno en un 20%, en un 16% de Xtrail, en un 24% de vehículos Frontier y 12% de autos Almera. Se observa que estos modelos de vehículos representan la mayor cantidad de ingresos al Taller de acuerdo a los

valores obtenidos en la sección 4.1.1. Sin embargo, las proporciones no se pueden cumplir en su totalidad debido a la factibilidad en la toma de datos.

4.3.2. PROCESO DE RECEPCIÓN DE VEHÍCULOS

4.3.2.1. TAMAÑO DE MUESTRA PARA RECEPCIÓN

Para el proceso de recepción de vehículos se considera el tamaño obtenido anteriormente de 25/25 vehículos con mantenimientos limpios de 5.000 y 10.000 Km.

Como primer paso, se recopiló del sistema DMS los ingresos de una semana completa y aleatoria: desde el 2 de Mayo hasta el 6 de Mayo. Es aleatoria ya que no presentó feriados u otro contratiempo que pudiera influir en los arribos de los vehículos. Luego, se prosiguió a filtrar los datos por fecha, orden de trabajo, vehículo, asesor, operación realizada y razón de ingreso, obteniendo los vehículos con mantenimientos limpios que ingresaron al Taller en la semana. Con esta información y con las grabaciones de las videocámaras del área de recepción se obtuvieron los datos de llegada y de entrada al Taller de los diferentes vehículos Nissan con las características de interés. Cabe mencionar que para el modelo de simulación se consideró el tiempo entre arribos al Taller, es decir, cada cuánto entran estos automotores al área de servicio luego de haber sido recibidos por el Asesor de Servicio. Esto se definió ya que en la propuesta del Servicio Express no se tendrá en cuenta el tiempo que toma la atención al cliente al momento de arribar al Taller.

En las Tabla 2 y Tabla 3, se encuentran las observaciones en minutos que se obtuvieron por día en el Taller.

Mantenimiento cada 5.000 Km				
Lunes 2 Mayo	Martes 3 Mayo	Miércoles 4 Mayo	Jueves 5 Mayo	Viernes 6 Mayo
49,95	30,17	27,57	33,30	8,87
21,20	40,73	15,75	4,32	43,70
18,40	70,30	14,60	14,92	1,97
8,48		7,68	3,10	23,97
89,03		4,70	41,08	62,75
		8,17		
		36,15		

Tabla 2. Datos Tiempo De Arribos Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres, Recolección de Datos)

Mantenimiento 10.000 Km				
Lunes 2 Mayo	Martes 3 Mayo	Miércoles 4 Mayo	Jueves 5 Mayo	Viernes 6 Mayo
49,07	48,22	58,18	21,17	12,53
31,07	85,12	76,20	51,00	20,35
9,08	95,07	9,73	14,27	21,65
2,73	39,98	4,80	35,22	1,25
10,08			17,05	35,13
18,33				100,52

Tabla 3. Datos Tiempo De Arribos Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres, Recolección de Datos)

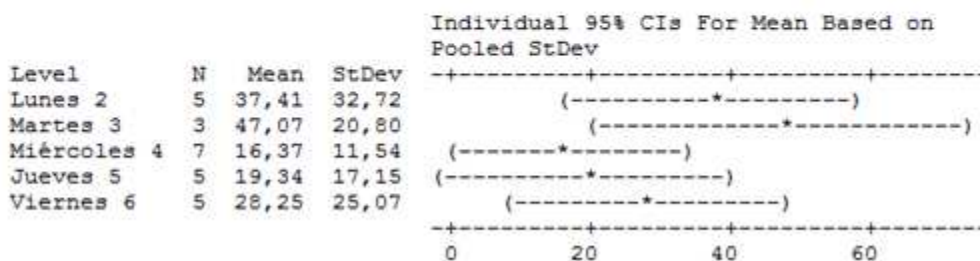
4.3.2.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRA DEL PROCESO DE RECEPCIÓN

Una vez tomada la muestra de recepción para los dos tipos de mantenimiento se realizó un análisis de varianza entre los días que se recolectaron las muestras para determinar si existe diferencia estadística entre las medias (Refiérase a la sección 2.3.2). En la Ilustración 23 se establece que no hay evidencia estadística suficiente para determinar diferencia de medias en el tiempo entre arribos de los vehículos que ingresan al mantenimiento de 5.000 Km entre los distintos días. Esto es debido a que el valor P, igual a 0,248, fue mayor al nivel de significancia del 95% (Refiérase a la sección 2.3.3).

One-way ANOVA: Lunes 2. Martes 3. Miércoles 4. Jueves 5. Viernes 6

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2840	710	1,47	0,248
Error	20	9638	482		
Total	24	12478			

S = 21,95 R-Sq = 22,76% R-Sq(adj) = 7,31%



Pooled StDev = 21,95

Ilustración 23. OWA Día Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 24 se establecen los supuestos de normalidad e independencia de los residuales según la sección 2.3.4. Sin embargo, se puede observar que en gráfico de normalidad los residuales del extremo inferior no se ajustan completamente. Es decir, se puede concluir un pequeño sesgo hacia la derecha debido a que la cola es más larga.

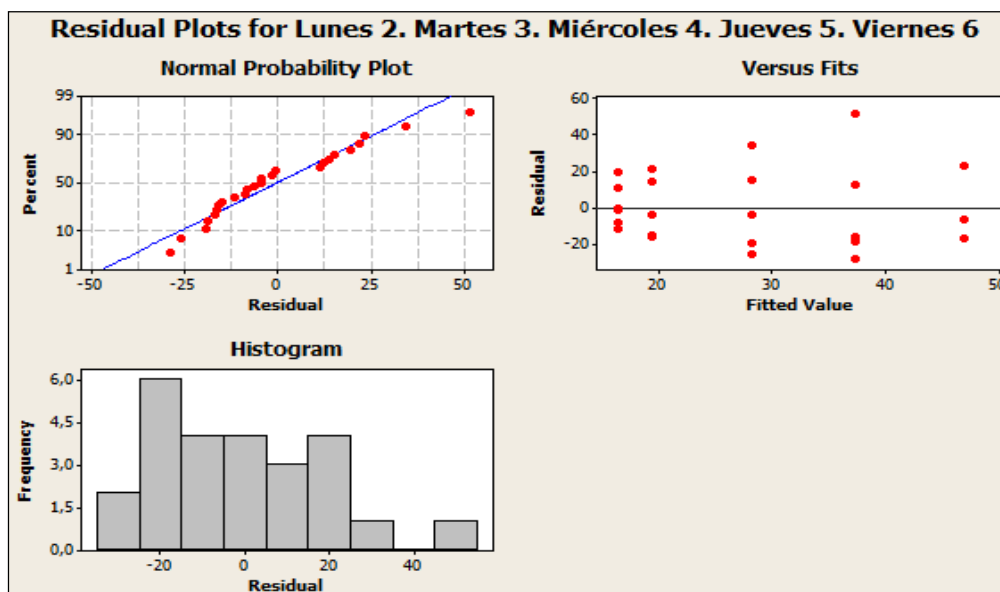


Ilustración 24. Gráfico Residuales Día Mantenimiento 5 Km (Hidalgo y Torres)

Al realizar el mismo procedimiento para los mantenimientos de 10.000 Km, Ilustración 25, se concluye que las medias son estadísticamente iguales entre días ya que el valor P, igual a 0,137, es mayor al nivel de significancia del 95% (Refiérase a las secciones 2.3.2 y 2.3.3).

One-way ANOVA: Lunes 2. Martes 3. Miércoles 4. Jueves 5. Viernes 6

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	5799	1450	1,98	0,137
Error	20	14659	733		
Total	24	20458			

S = 27,07 R-Sq = 28,35% R-Sq(adj) = 14,01%

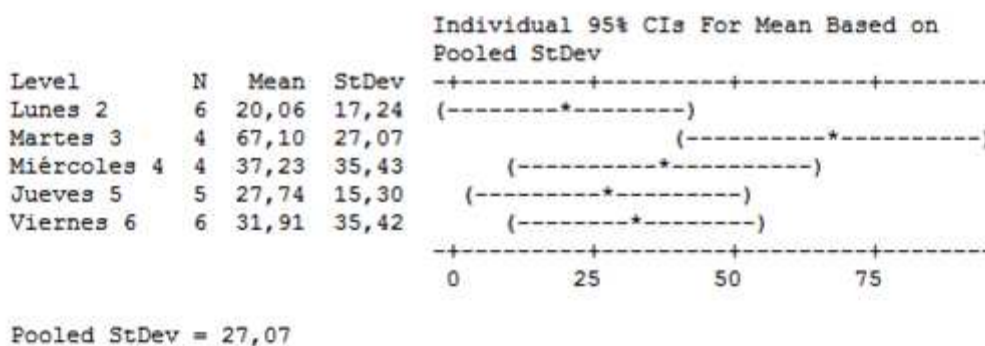


Ilustración 25. OWA Día Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

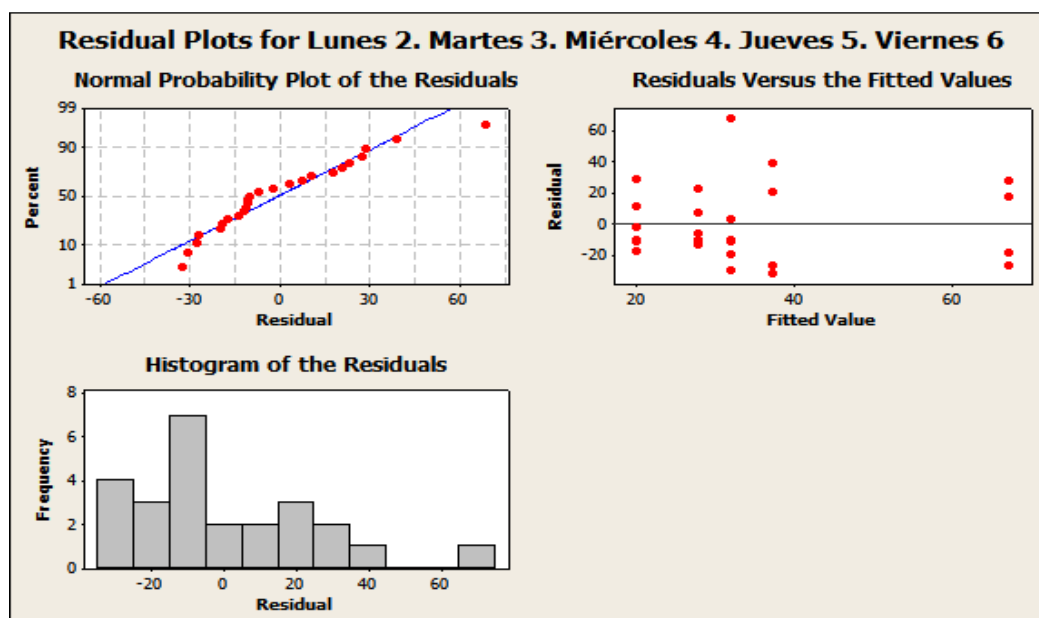


Ilustración 26. Gráfico Residuales Día Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 26 se establecen los supuestos de normalidad e independencia de los residuales según la sección 2.3.4

A continuación, se prosiguió a determinar la distribución de probabilidad de los tiempos entre arribos al Taller de los vehículos. Los vehículos de 5.000 Km arriban con una distribución 1 + Exponencial (26.2) y los de 10.000 Km con una distribución de probabilidad 1 + Exponencial (33.7). En el Anexo 7c y 7d, se encuentran los resultados.

4.3.3. PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD

4.3.3.1. TAMAÑO DE MUESTRA PARA EL CONTROL DE CALIDAD

El proceso de Control de Calidad difiere para los dos mantenimientos analizados. De esta manera, se dividió el modelo en dos procesos para control de calidad de cada 5.000 y 10.000 Km. Para determinar la distribución de los mantenimientos de cada 5.000 Km se consultó con el personal de control de calidad cuál sería un tiempo estimado de la demora del proceso y sugirieron un valor probable de 5 minutos con un mínimo de 3 y un máximo de 6 minutos (Calidad). Con ello, se estableció una distribución Triangular con los valores señalados.

Para determinar el tamaño de muestra para el control de calidad de los mantenimientos de 10.000 Km, se tomó como base los 25 datos que se especificaron para este mantenimiento. Con ello, basándose en un registro que se mantiene sobre los vehículos que deben realizar rutas se recolectaron 25 datos sobre mantenimientos limpios, ver Anexo 6c.

4.3.3.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRA TOMADA DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD

Para obtener los datos de la muestra, se recolectaron los registros de horas de entrada y salida de los vehículos que realizaron ruta para verificar alineación y frenos. Se determinó que para los mantenimientos limpios de 10.000 Km se opta por la ruta 1 con mayor frecuencia.

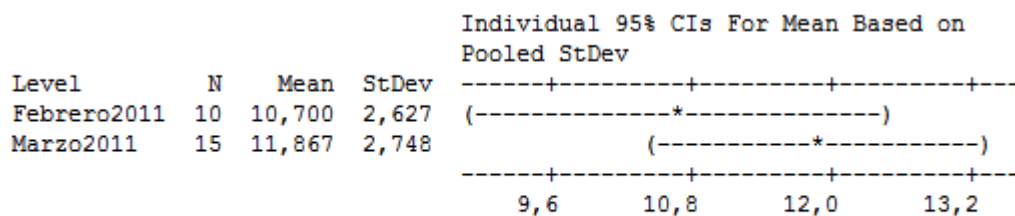
Con ayuda de Minitab, se realizó una prueba One Way ANOVA para determinar si existe diferencia estadística entre las medias de los dos meses que se obtuvieron datos: Febrero y Marzo. Asimismo, entre los diferentes kilometrajes de mantenimiento que se obtuvieron. Así, con un nivel de significancia de 95%, no hay suficiente información para concluir que exista diferencia estadística entre las medias de los meses y kilometrajes. Esto se debe a que el valor P es mayor al nivel de significancia establecido de 0.05 (Refiérase a las secciones 2.3.2 y 2.3.3).

En los gráficos de la Ilustración 27 se muestran los resultados para las dos pruebas.

One-way ANOVA: Febrero2011. Marzo2011

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,17	8,17	1,12	0,301
Error	23	167,83	7,30		
Total	24	176,00			

S = 2,701 R-Sq = 4,64% R-Sq(adj) = 0,49%

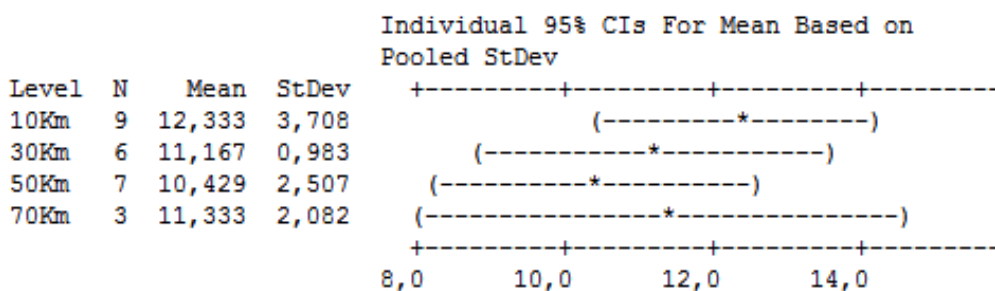


Pooled StDev = 2,701

One-way ANOVA: 10Km. 30Km. 50Km. 70Km

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	14,79	4,93	0,64	0,597
Error	21	161,21	7,68		
Total	24	176,00			

S = 2,771 R-Sq = 8,40% R-Sq(adj) = 0,00%



Pooled StDev = 2,771

Ilustración 27. OWA Meses y Kilometraje Control de Calidad (Hidalgo y Torres)

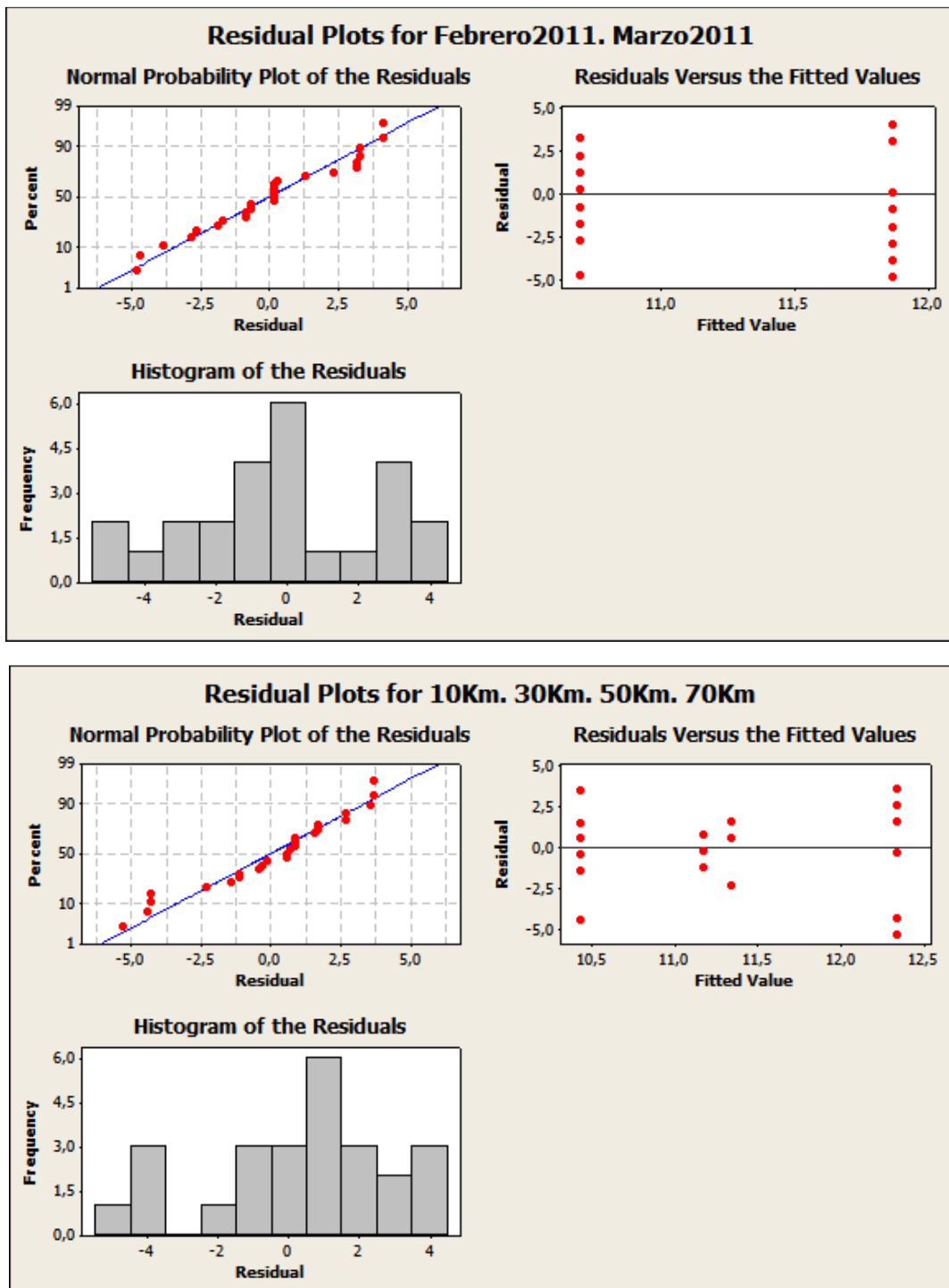


Ilustración 28. Gráfico Residuales Meses y Kilometraje Control de Calidad (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 28 se puede comprobar el supuesto de independencia según lo mencionado en la sección 2.3.4.

Posteriormente, se analizó la distribución estadística que presenta la muestra en Input Analyzer y resultó en Normal con media 11.4 minutos y desviación estándar de 2.65 minutos, ver Anexo 7e. Debido a que las distribuciones normales pueden dar lugar a valores negativos, se ha realizado el truncamiento de esta distribución. Para ello, se sigue el procedimiento a continuación.

La distribución truncada se obtiene al realizar $f(x|x > a) = \frac{f(x)}{1-\phi(\alpha)}$ donde $\alpha = \frac{a-\mu}{\sigma}$ siendo $a=0$, ya que es el valor a partir del cual se quiere truncar (Mora). Así se tiene que $\alpha = -4.30$ y que $\phi(\alpha) = 0.000$. A partir de este valor para la probabilidad acumulada y considerando la fórmula antes mencionada, se obtiene la misma función. Por esto, para la simulación se considerará una Normal (11.4, 2.65) minutos.

4.3.4. PROCESO DE LIMPIEZA DEL VEHÍCULO

A continuación, se determina el tamaño de muestra a tomar para el macroproceso de limpieza de vehículos. Cabe mencionar que éste incluye los procesos de lavado, secado y aspirado del vehículo. Posteriormente, se realiza el análisis de la distribución que toman las muestras de cada uno de estos procesos.

4.3.4.1. TAMAÑO DE MUESTRA PARA LA LIMPIEZA DEL VEHÍCULO

Por el proceso de limpieza atraviesan tanto vehículos cuya razón de ingreso son mantenimientos limpios como reparaciones. Por tanto, para el cálculo del tamaño de muestra se consideraron el número total de vehículos Nissan y Renault ingresados al Taller Granados durante el periodo de enero a diciembre del 2010. El desglose de los ingresos mensuales obtenidos del DMS se encuentra en el Anexo 6d. A partir de estos datos, se estimó la varianza poblacional de acuerdo a lo

establecido en la sección 2.3. Con los parámetros definidos en la Tabla 3 se estableció un tamaño de muestra de 173 vehículos que ingresen al proceso de limpieza.

μ	Σ	α	$Z\alpha/2$	Error	Muestra
517,58	51,27	80%	1,28	5	172,30

Tabla 4. Cálculo del Tamaño de Muestra. (Hidalgo y Torres)

Sin embargo, se tomará una muestra de 123 vehículos que ingresen a limpieza y que no hayan ingresado al taller por mantenimientos limpios de 5.000 y 10.000 Km. Para completar el tamaño de muestra requerido, se adicionará el número de vehículos calculado en la muestra para mantenimientos limpios (50 automotores). De esta manera, se prosiguió a la toma de datos mediante el uso de videocámaras que dispone la empresa en el área de limpieza.

Cabe mencionar que para el proceso de lavado, se cuenta con dos lavadores, los cuales lavan un vehículo completo cada uno, y con tres bahías para lavado. No obstante, sólo dos de éstas son utilizadas ya que disponen de máquinas de agua a presión. Para el proceso de secado, el equipo de limpieza posee dos bahías y con igual número de secadores, cada uno de los cuales trabaja en una mitad lateral del vehículo al mismo tiempo. Adicionalmente, el aspirado completo del vehículo lo realiza un solo encargado de este proceso en las mismas bahías de secado.

4.3.4.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL PROCESO DE LIMPIEZA DEL VEHÍCULO

- **TIEMPOS ENTRE ARRIBOS**

Para empezar, se recolectaron datos del tiempo de arribo de todos los vehículos que ingresan al área de lavado ya que en este proceso no existe diferencia

en la razón de ingreso de los vehículos al Taller. De esta manera, el modelo de simulación requiere de esta información ya que al momento que el vehículo abandona la bahía de mantenimiento o control de calidad e ingresa al área de lavado deja de ser tratado como un vehículo de mantenimiento o reparación. El detalle de los datos que conformaron la muestra se encuentra en el Anexo 6e.

La distribución resultante del tiempo entre arribos de los vehículos al área de limpieza es una Exponencial (13.8) y el proceso tiene una media de 13.8 minutos. Una descripción más detallada de las características de la distribución de la muestra se encuentra en el Anexo 7.f. i.

- ***DATOS LAVADO***

Los datos que se recolectaron de lavado fueron analizados mediante el Input Analyzer, obteniendo una distribución de probabilidad 2 + Lognormal (11.5, 8.98), con una media muestral de 13.3 minutos en el lavado de un vehículo. Los datos recolectados se encuentran en el Anexo 6f y la descripción de su distribución de probabilidad se detalla en el Anexo 7.f.ii.

Como se señaló anteriormente, se prosiguió a realizar un análisis de varianza para determinar si los dos lavadores son estadísticamente iguales o no, es decir si existen diferencias en el proceso de lavado que cada uno realiza o no (Refiérase a la sección 2.3.2).

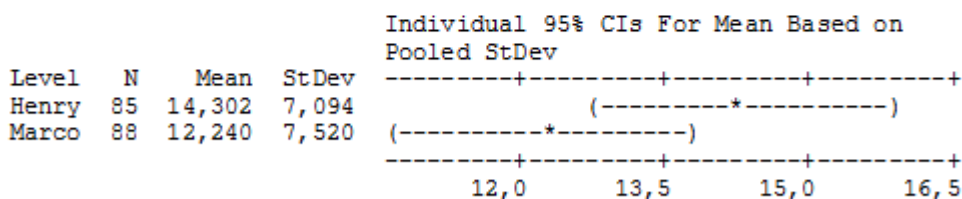
Como se puede observar en la Ilustración 29, se obtuvo que el valor P es mayor al nivel de significancia del 95% y con ello, se concluye que los lavadores son estadísticamente iguales en el proceso de lavado (Refiérase a la sección 2.3.3). Debido a que el valor de P es cercano a 0.05 y las medias de los intervalos de

confianza no son cercanas entre sí, se prosiguió a realizar una prueba de Tukey para analizar los intervalos entre pares de medias. Así, se observa que el intervalo contiene el valor cero y con ello, se comprueba con esta prueba la igualdad de medias en tiempos de lavado de los dos trabajadores.

One-way ANOVA: Henry. Marco

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	183,8	183,8	3,44	0,065
Error	171	9146,6	53,5		
Total	172	9330,5			

S = 7,314 R-Sq = 1,97% R-Sq (adj) = 1,40%



Pooled StDev = 7,314

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 95,00%

Henry subtracted from:

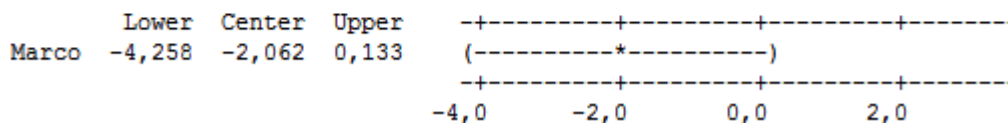


Ilustración 29. OWA Lavadores (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 30 se observa que la distribución de los errores en la gráfica de normalidad puede presentar un sesgo siendo la cola derecha más larga que la izquierda (ver histograma). Por otro lado, la tendencia de la gráfica a curvarse hacia abajo del lado izquierdo implica que la cola izquierda de la distribución de los errores

sea un tanto más gruesa de lo que se anticiparía con una distribución normal. (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77)

A pesar de todo ello, Montgomery menciona que para visualizar la línea recta se debe prestar mayor atención a los valores centrales de la gráfica antes que a los extremos. Por otro lado, también establece que no es de mayor preocupación una distribución sesgada y que la prueba F se afecta ligeramente con la falta de normalidad en los residuales. Cabe resaltar, que el valor P se encuentra cercano al nivel de significancia del 0.05 y esto se puede relacionar con la falta de robustez en el supuesto de normalidad. Sin embargo, no se puede rechazar la hipótesis nula sobre la diferencia entre lavadores.

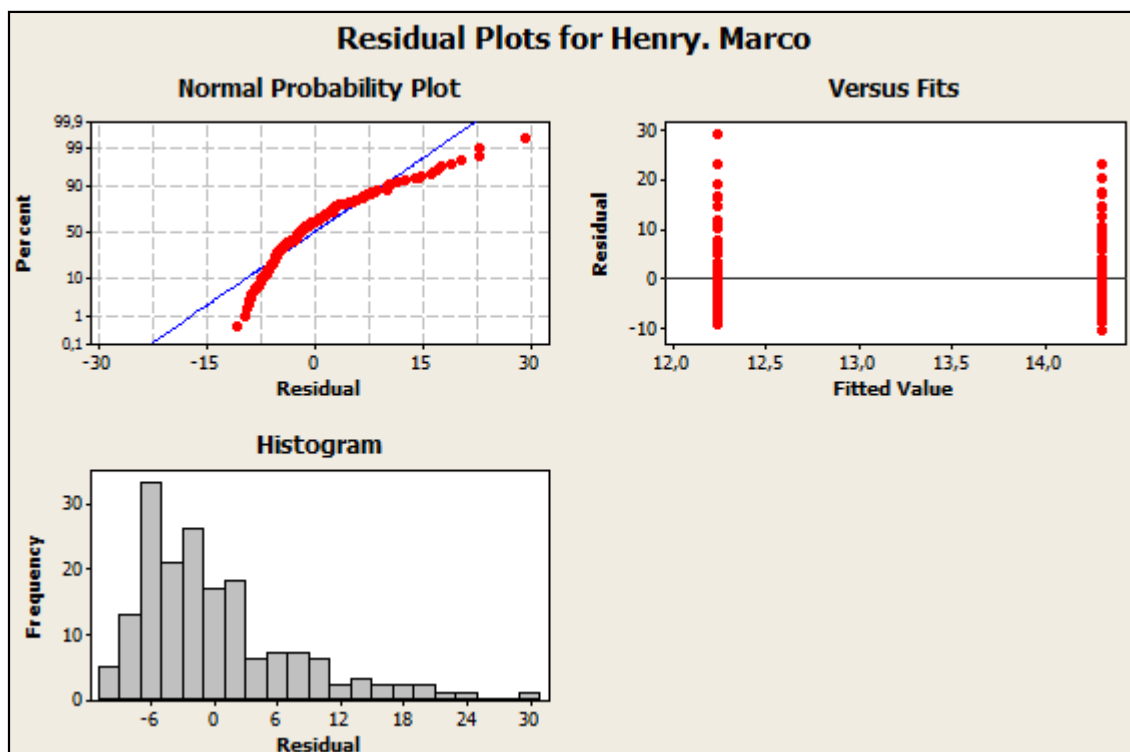


Ilustración 30. Gráfico Residuales Lavadores (Hidalgo y Torres)

Para analizar más a fondo el supuesto de normalidad se utilizó la prueba de normalidad en Minitab y señala que el valor P es menor a 0,05. Sin embargo, al

desconocer el valor exacto de P se utilizó Input Analyzer para ajustar los datos a una distribución normal y con la prueba Kolmogorov-Smirnov se obtuvo el valor exacto de P: 0,0112, ver Ilustración 31. De esta manera, se consultó con un experto en Estadística para definir un rango de valores aceptables para concluir que no existe una desviación tan importante de la distribución normal y éste señaló que entre 0,05 a 0,01 (Araujo). Con ello, se concluye que el valor de 0,01 no denota una desviación considerable con respecto de la distribución normal y sobre todo, el supuesto de aleatoriedad si se cumple al no presentar un patrón obvio.

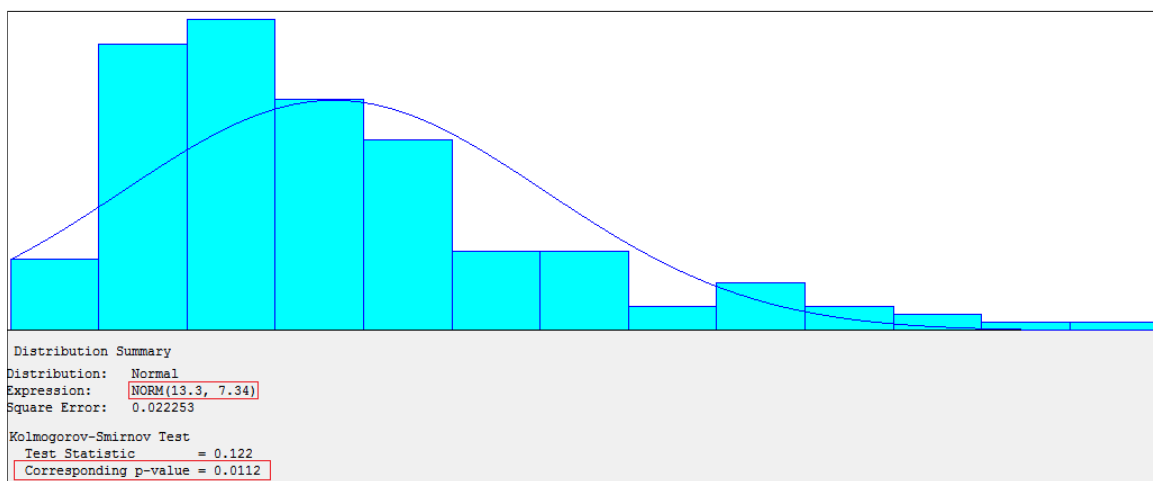


Ilustración 31. Análisis de Normalidad Datos Lavadores (Hidalgo y Torres)

Adicionalmente, se realizó un análisis similar para verificar si existe diferencia estadística entre los días que se tomó la muestra, esto es lunes 18, miércoles 20 y viernes 22 de abril del presente año. Se escogió estos días considerando que se encuentran al inicio, en la mitad y al final de la semana. En la Ilustración 32, se determina que no existe suficiente información que concluya que hay diferencia estadística entre los días en que se tomó la muestra. Con ello, se considerará que el

ingreso de vehículos al proceso de limpieza es independiente del día de la semana (Refiérase a las secciones 2.3.2 y 2.3.3).

Por otro lado, en la Ilustración 33 se observa un similar comportamiento de la Ilustración 30 ya que presenta un sesgo hacia la izquierda. Sin embargo, al concentrarse en los residuales centrales, estos se ajustan a la línea de normalidad e independencia de los residuales debido a que no presentan un patrón de embudo (Refiérase a la sección 2.3.4). Cabe resaltar que el valor P para este caso, es alto y con ello, se concluye que no existe suficientemente información estadística que señale diferencia en los días.

One-way ANOVA: Lunes 18. Miercoles 20. Viernes 22

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	78,5	39,3	0,72	0,488
Error	170	9252,0	54,4		
Total	172	9330,5			

S = 7,377 R-Sq = 0,84% R-Sq(adj) = 0,00%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Lunes 18	55	14,232	7,438	(-----+-----+-----+-----+)
Miercoles 20	58	12,695	6,719	(-----*-----)
Viernes 22	60	12,894	7,909	(-----*-----)

12,0 13,5 15,0 16,5

Pooled StDev = 7,377

Ilustración 32. OWA Día Proceso Lavado (Hidalgo y Torres)

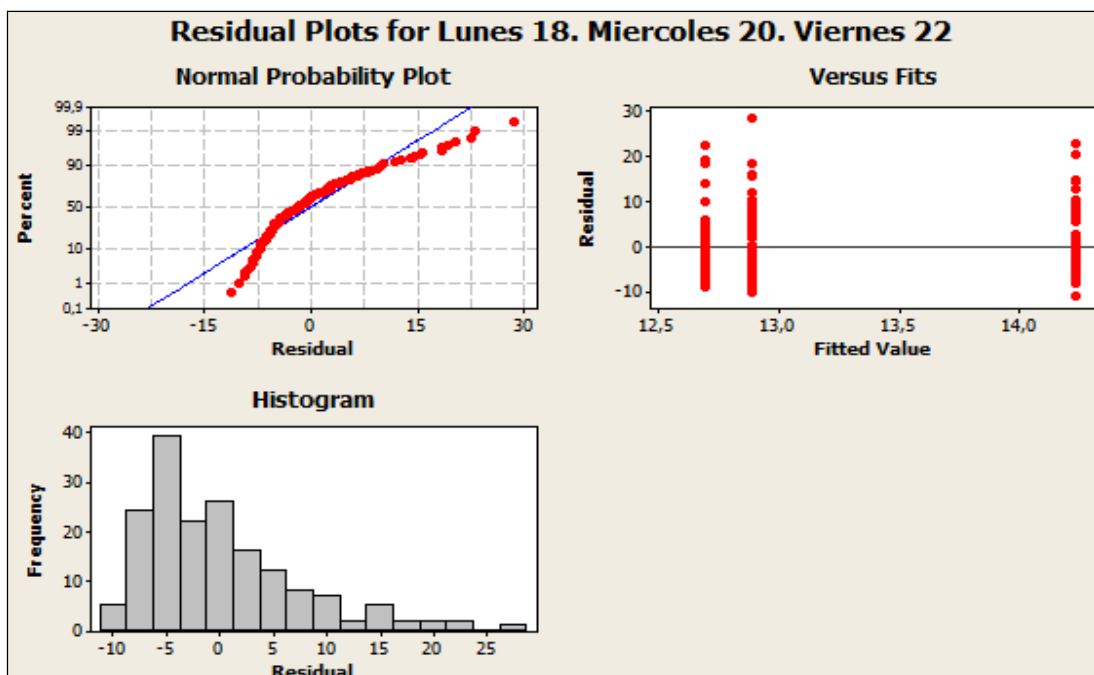


Ilustración 33. Gráfico Residuales Día Proceso Lavado (**Hidalgo y Torres**)

- ***DATOS SECADO DEL VEHÍCULO***

La muestra de este proceso se obtuvo siguiendo la misma estrategia de recolección anterior. Para el proceso de secado del vehículo se analizó la distribución mediante Input Analyzer, resultando ser una distribución de probabilidad $4 + \text{GAMM}(8.86, 1.37)$ y con una media muestral de 16.2 minutos. Como se indicó, este subproceso es realizado por dos personas, pero no se realizará la diferencia entre medias ya que cada uno se ocupa de la mitad de un vehículo y dentro del modelo de simulación se considera a la entidad como un vehículo entero. Los datos de los cuales se obtuvo este resultado se encuentran en el anexo 6h y una descripción de su distribución está en el Anexo 7. f. iii.

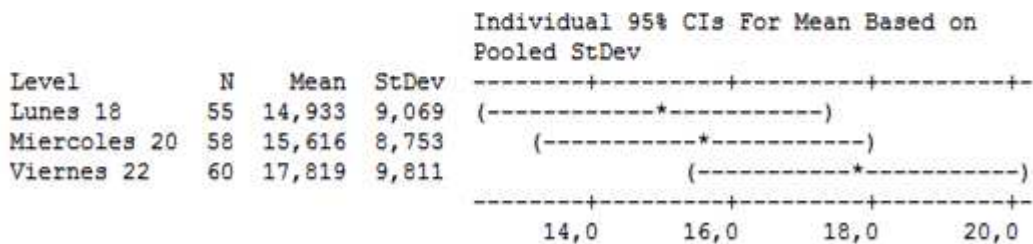
Al igual que en el proceso de lavado se realizó un análisis de medias para verificar si existe diferencia entre los días que se tomó la muestra. En la Ilustración 34 se obtuvo que no existe suficiente información que concluya que hay diferencia

estadística entre los días en que se tomó la muestra (Refiérase a la sección 2.3.2). Con ello, se considerará que el ingreso de vehículos al proceso de secado es independiente del día de la semana.

One-way ANOVA: Lunes 18. Miercoles 20. Viernes 22

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	265,3	132,6	1,56	0,214
Error	170	14487,2	85,2		
Total	172	14752,5			

S = 9,231 R-Sq = 1,80% R-Sq(adj) = 0,64%



Pooled StDev = 9,231

Ilustración 34. OWA Día Proceso Secado (Hidalgo y Torres)

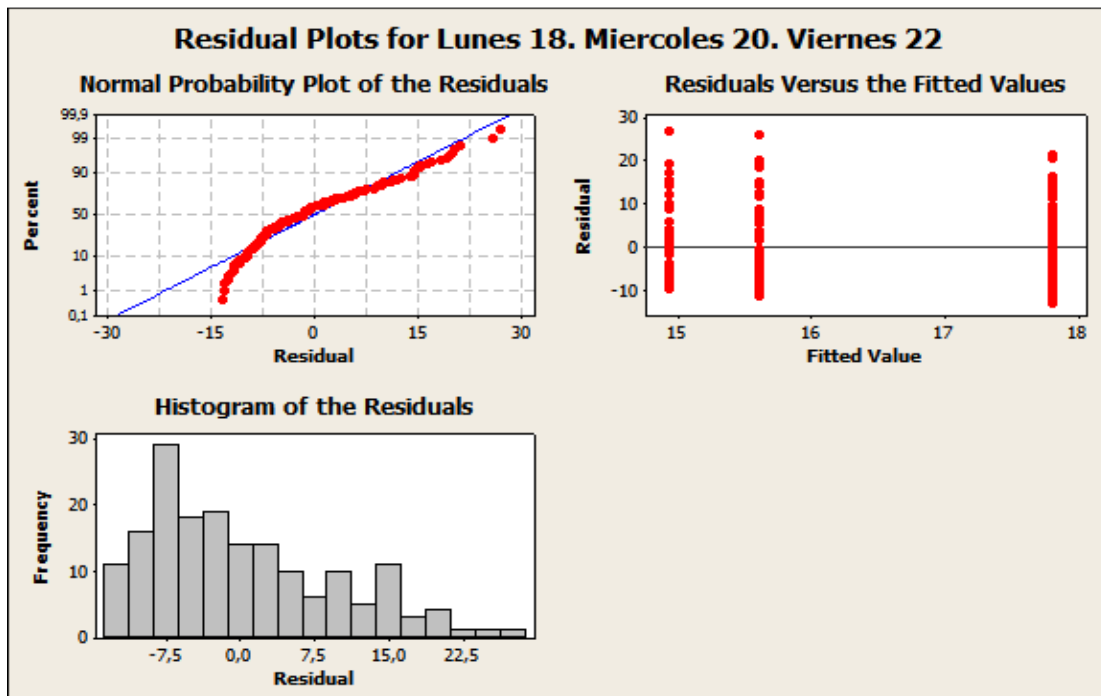


Ilustración 35. Gráfico Residuales Día Proceso Secado (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 35 se comprueba robustamente la normalidad e independencia de los residuales debido a que los residuales se ajustan a la línea de normalidad y no presenta un patrón obvio según lo establecido en la sección 2.3.4.

- **DATOS ASPIRADO DEL VEHÍCULO**

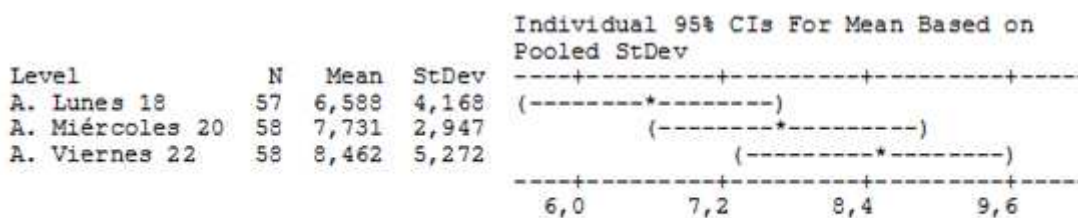
El proceso de aspirado resultó tener una distribución de probabilidad 1 + Erlang (2.2, 3) con una media de 7.6 minutos. La muestra se encuentra en el Anexo 6h y su distribución se detalla en el Anexo 7. f. iv.

Igualmente, en la Ilustración 36 se comprobó que no existe diferencia estadística entre los días que se tomó la muestra de aspirado debido a que el valor P es mayor a 0,05 (Refiérase a la sección 2.3.3). De igual manera, en la Ilustración 37 se comprueba normalidad e independencia de los residuales según lo señalado en la sección 2.3.4.

One-way ANOVA: A. Lunes 18. A. Miércoles 20. A. Viernes 22

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	102,5	51,2	2,85	0,060
Error	170	3052,0	18,0		
Total	172	3154,5			

S = 4,237 R-Sq = 3,25% R-Sq(adj) = 2,11%



Pooled StDev = 4,237

Ilustración 36. OWA Día Proceso Aspirado (Hidalgo y Torres)

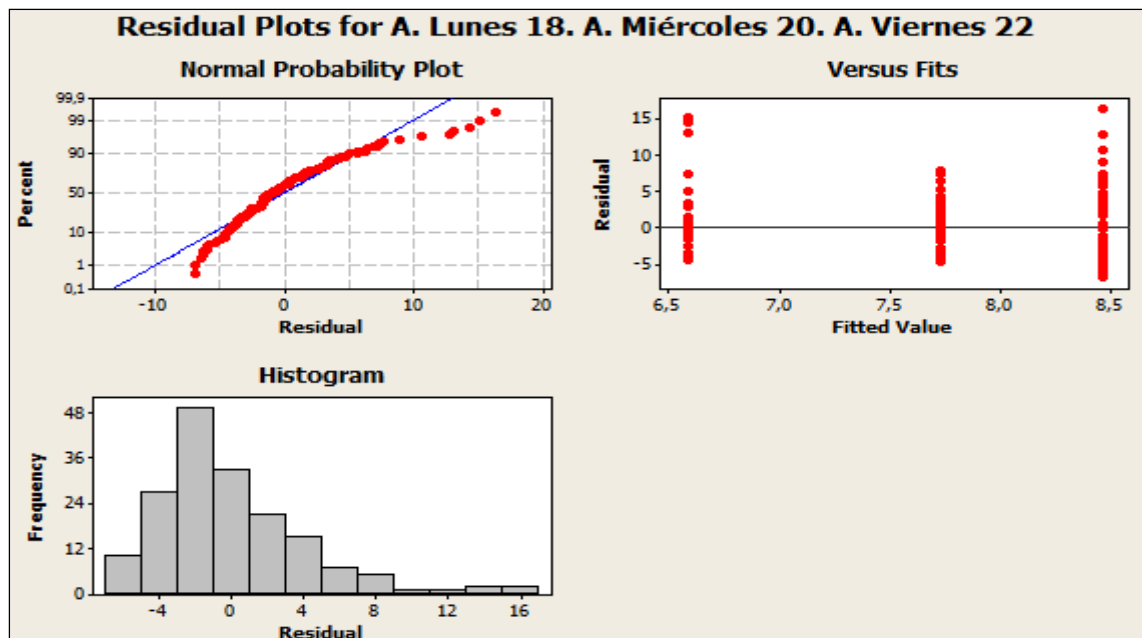


Ilustración 37. Gráfico Residuales Día Proceso Aspirado (**Hidalgo y Torres**)

De los tres subprocesos de limpieza de vehículos, se concluye que el que presenta mayor demora es el secado del vehículo debido a que tiene la media más alta de los tiempos de los tres subprocesos analizados: el tiempo promedio de lavado, secado y aspirado son 13.30, 16.09 y 7.53 minutos, respectivamente.

4.3.5. PROCESO DE ALINEACIÓN

De los vehículos de interés, únicamente los vehículos que ingresan por mantenimiento de 10.000 Km atraviesan el proceso de alineación. De esta forma, para determinar el tamaño de muestra de este proceso, se consideró como un número apropiado los 25 datos que se especificaron para este mantenimiento.

Para la obtención de la muestra, se extrajeron del DMS los datos de los vehículos que ingresaron al Taller durante el 3 al 6 de Mayo del presente año por mantenimientos limpios de 10.000 Km. A partir de esta información y de la observación de las grabaciones de la videocámara que se encuentra en esta sección

del Taller se recolectaron 25 datos de la alineación de automotores. El detalle de la muestra se encuentra en el Anexo 6g y se determina que sigue una distribución Normal con media de 19.3 minutos y desviación estándar de 3.36 minutos.

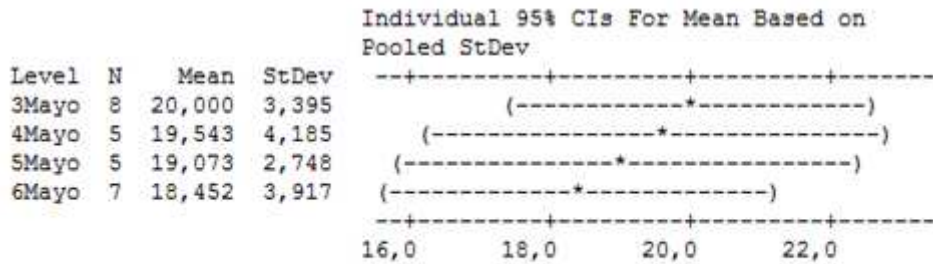
Para descartar la posibilidad de que se genere valores negativos con esta muestra, se realizó el truncamiento de esta distribución. Se considera que una distribución truncada se obtiene al realizar $f(x|x > a) = \frac{f(x)}{1-\phi(a)}$ donde $a = \frac{\alpha-\mu}{\sigma}$ siendo $a=0$, ya que es el valor a partir del cual se quiere truncar (Mora). Así se tiene que $\alpha = -5.74$ y que $\phi(\alpha) = 0.000$. A partir de este valor para la probabilidad acumulada y considerando la fórmula antes mencionada, se obtiene la misma función. Por esto, para la simulación se considerará una Normal (19.3, 3.36) minutos.

La Ilustración 38 presenta el análisis ANOVA que determina que las medias de los distintos días son iguales, con un nivel de significancia de 95%. Es decir, no hay diferencia estadística entre días debido a que el valor P es mayor a 0.05 (Refiérase a las secciones 2.3.2 y 2.3.3).

One-way ANOVA: 3Mayo. 4Mayo. 5Mayo. 6Mayo

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	9,5	3,2	0,24	0,865
Error	21	273,0	13,0		
Total	24	282,5			

S = 3,606 R-Sq = 3,36% R-Sq(adj) = 0,00%



Pooled StDev = 3,606

Ilustración 38. OWA Día Proceso Alineación (Hidalgo y Torres)

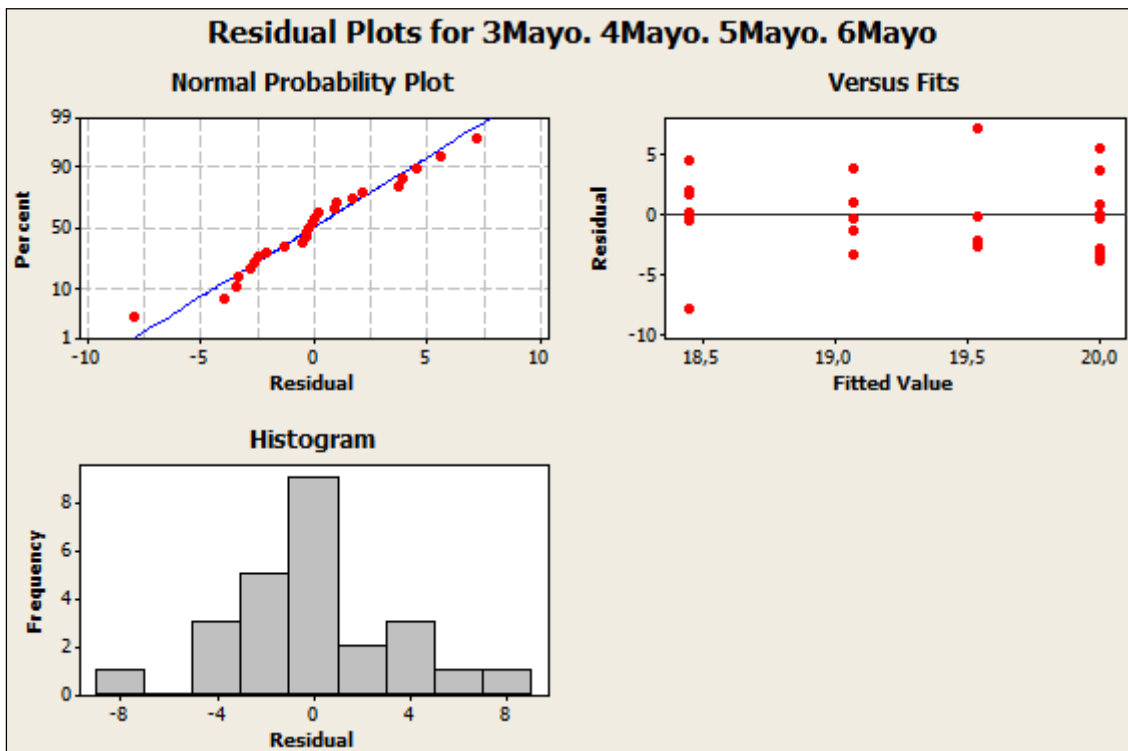


Ilustración 39. Gráfico Residuales Día Proceso Alineación (Hidalgo y Torres)

En la Ilustración 39 se comprueban los supuestos de normalidad e independencia de residuales (Refiérase a la sección 2.3.4). Esto se concluye ya que

los residuales presenta una distribución normal y tampoco presentan un patrón obvio en su gráfica de residuales contra los valores ajustados.

Adicionalmente, en la Ilustración 40 se realizó el mismo análisis para determinar si existe diferencia estadística en el tiempo que toma la alineación de los distintos modelos de vehículos. Los modelos fueron Tiida, Camionetas, Patrol y Xtrail. Con un nivel de significancia de 95%, no hay diferencia estadística entre modelos debido a que el valor P de 0,895 es mayor (Refiérase a las secciones 2.3.2 y 2.3.3).

De igual manera, en la Ilustración 41 se comprueba normalidad aunque los datos del extremo superior no se asienten en la curva de normalidad por completo e independencia ya que los residuales no presentan un patrón (Refiérase a la sección 2.3.4). Esto también se comprueba con el valor P ya que al presentar colas más delgadas o gruesas que la distribución normal, el valor F se afectaría significativamente. Sin embargo, al observar el alto valor P se concluye que los datos cumplen con los supuestos de normalidad e independencia.

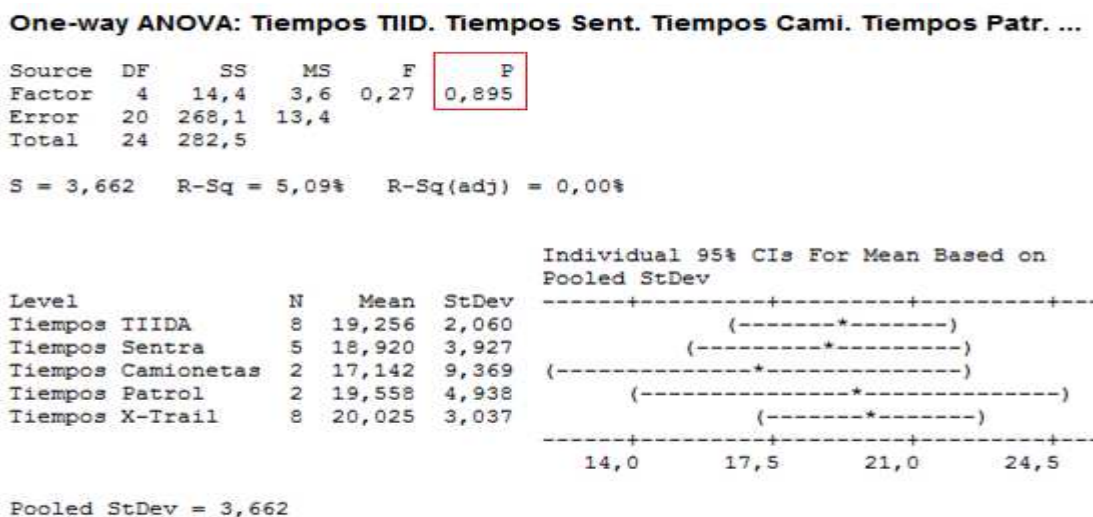


Ilustración 40. OWA Modelo Vehículos Alineación (Hidalgo y Torres)

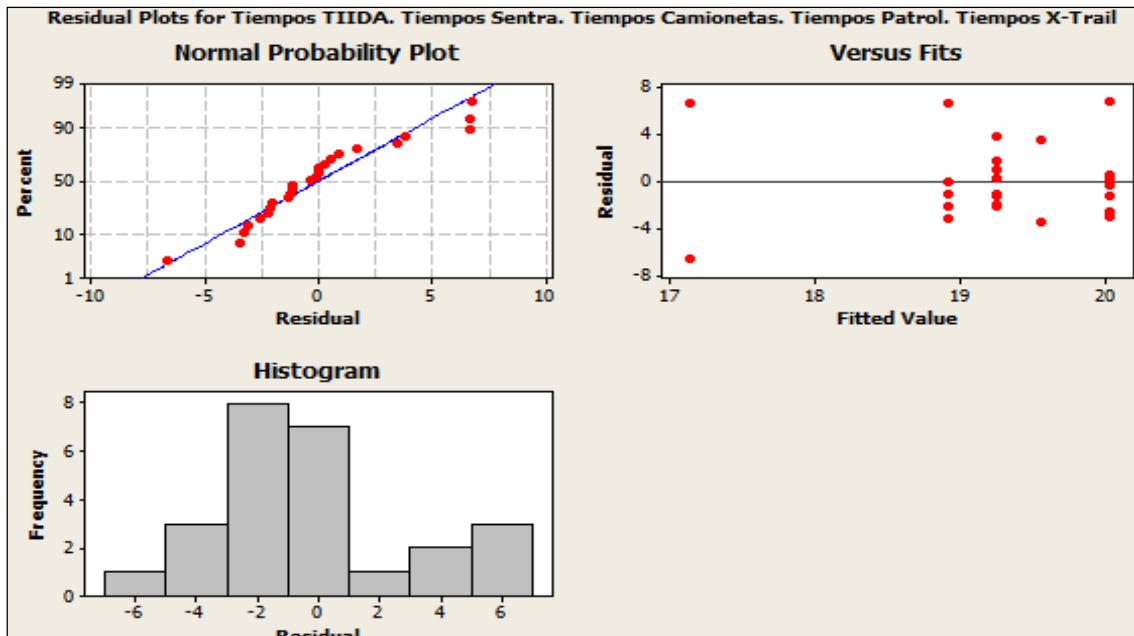


Ilustración 41. Gráfico Residuales Modelo Vehículos Alineación (Hidalgo y Torres)

Finalmente, se hizo análisis de varianza para determinar si existe diferencia estadística en las medias de los mantenimientos de 10.000 Km pero que presentan distinto kilometraje. Este análisis se lo realizó para determinar si factores como el tiempo de vida, golpes o cuidado del vehículo influyen en el tiempo de alineación de los carros de la muestra. En la Ilustración 42 con un nivel de significancia de 95%, no hay diferencia estadística entre vehículos que entren con mayor kilometraje a 10.000 Km debido a que el valor P es mayor a este nivel (Refiérase a las secciones 2.3.2. y 2.3.3). En la Ilustración 43 se comprueban normalidad e independenciam de los residuales (Refiérase a la sección 2.3.4). Esto de concluye ya que los residuales presenta una distribución normal y tampoco presentan un patrón obvio en su gráfica de residuales contra los valores ajustados.

One-way ANOVA: 10000KM. 30000KM. 50000KM. 70000KM

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	56,2	18,7	1,74	0,190
Error	21	226,3	10,8		
Total	24	282,5			

S = 3,283 R-Sq = 19,90% R-Sq(adj) = 8,46%

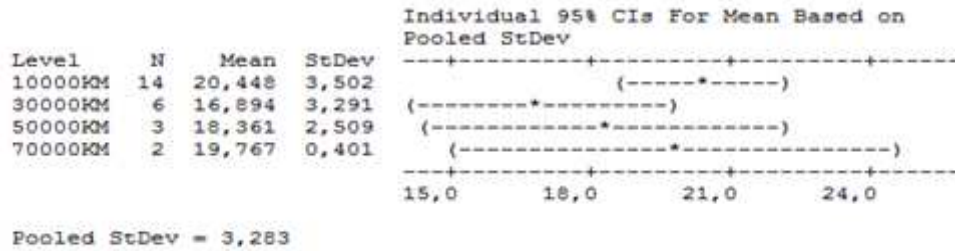


Ilustración 42. OWA Kilometraje Alineación (Hidalgo y Torres)

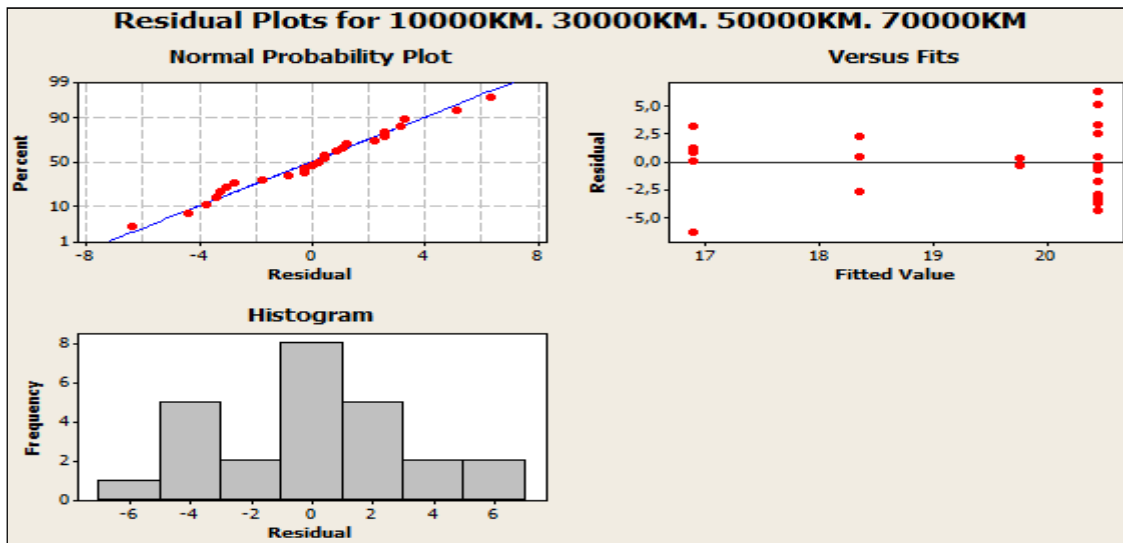


Ilustración 43. Gráfico Residuales Kilometraje Alineación (Hidalgo y Torres)

4.4. VALIDACIÓN DE DATOS

Para la validación de los datos tomados, se realizó un análisis de aleatoriedad e independencia.

Con las gráficas de dispersión de Minitab que se generaron se puede probar la independencia de los datos al observar algún tipo de correlación entre ellos.

Las correlaciones que se pueden presentar en las gráficas son (Coeficiente de correlación):

- Correlación Positiva: Los datos caerán en una recta positiva en el primer cuadrante.
- Correlación Negativa: Los datos tendrán una pendiente negativa.
- Correlación Curvilínea: Los datos tendrán forman de curva.
- Sin Correlación: Los datos no presentan ninguna relación entre las variables analizadas, es decir son independientes.

En la Ilustración 44 se presentan los cuatro tipos de correlaciones que se pueden generar. Con ello, se puede establecer si los datos analizados son independientes.

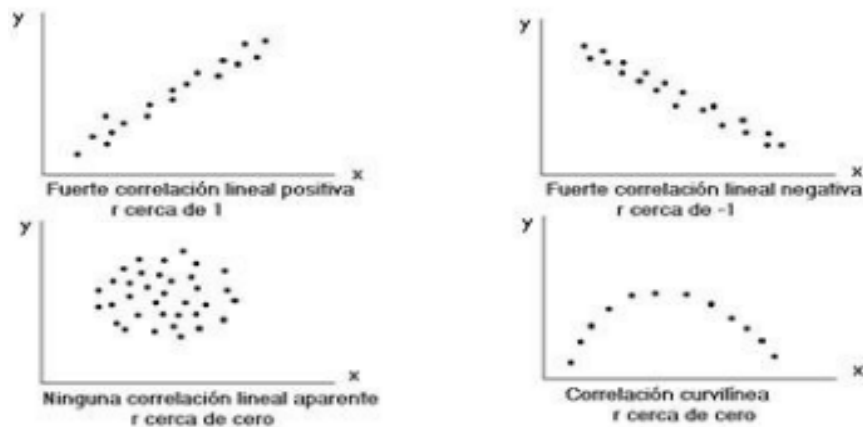


Ilustración 44. Tipos de Correlación (**Coeficiente de correlación**)

Con lo analizado en esta sección, se obtuvo que los datos no presentan una correlación positiva, negativa o curvilínea. Es decir, los datos cumplen con el supuesto de independencia al no presentar ningún tipo de correlación (Ver Anexo 8).

Para probar el supuesto de aleatoriedad se utilizaron pruebas de corridas, las cuales basándose en Pruebas de Hipótesis definidas generan valores P para determinar el rechazo o no de la hipótesis nula.

En el supuesto de aleatoriedad de los datos se planteó la siguiente hipótesis:

$$H_0 = \text{Los datos son aleatorios}$$

$$H_1 = \text{Los datos no son aleatorios}$$

Con ello, se analizó el valor P de cada corrida y si resultó mayor al nivel de significancia de 0.05, se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y por tanto, los datos de las muestras analizadas son aleatorios. Los valores P para cada proceso se detallan en la Tabla 5:

Proceso	Valor P	Conclusión
Tiempo entre arribos de Recepción 5 Km	0,336	Aleatorios
Tiempo entre arribos de Recepción 10 Km	0,073	Aleatorios
Tiempo de Mantenimiento de 5 Km	0,168	Aleatorios
Tiempo de Mantenimiento de 10 Km	0,778	Aleatorios
Control de Calidad de 10 Km	0,302	Aleatorios
Rotación	0,831	Aleatorios
Alineación	0,844	Aleatorios
Tiempo entre arribo Limpieza de Vehículos	0,990	Aleatorios
Tiempo de Lavado	0,052	Aleatorios
Tiempo de Aspirado	0,608	Aleatorios
Tiempo de Secado	0,608	Aleatorios

Tabla 5. Aleatoriedad de Datos - Valor P (Hidalgo y Torres)

4.5. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En base al flujograma de proceso desarrollado en el numeral 4.1, se puede elaborar el esquema inicial de lo que será el modelo de construcción en Arena. De esta manera, el sistema bajo estudio inicia con tres módulos CREATE. Los primeros dos corresponden a los vehículos que ingresan al Taller por mantenimientos de cada 5.000 Km y por mantenimientos de 10.000 Km. El tercero está relacionado con las entradas de los vehículos de reparación y demás mantenimientos preventivos que ingresan a los procesos de limpieza. De esta manera, se tienen tres entidades en el modelo: Vehículo 5.000 Km, Vehículo 10.000 Km y Vehículo Reparación.

Dado que cada tipo de entidad sigue un flujo distinto, se describirá la secuencia de actividades para cada uno de éstos. Así, para el Vehículo 5.000 Km y Vehículo 10.000 Km, se colocó a continuación un módulo HOLD que detenga las entidades creadas para simular que el ingreso de vehículos ocurra únicamente hasta las 12:00 pm. Posteriormente, se añadió otro módulo HOLD en cada uno de los flujos tal que la entidad espere hasta la hora en la cual el Técnico inicia su día laboral (8:00 am). En cuanto a las entidades Vehículo Reparación, luego de ser creadas, atraviesan un DECIDE, que al analizar una condición del Reloj de la simulación permite el ingreso de éstas. Esto ocurre cuando han transcurrido dos horas en el tiempo de la simulación debido a que la reparación de un vehículo se efectúa en ese tiempo. Las entidades que no cumplen con esta condición son enviadas a un módulo DISPOSE del cual no se llevan registro en las estadísticas.

Estos módulos que simulan esta etapa de recepción del vehículo se encuentran a continuación.

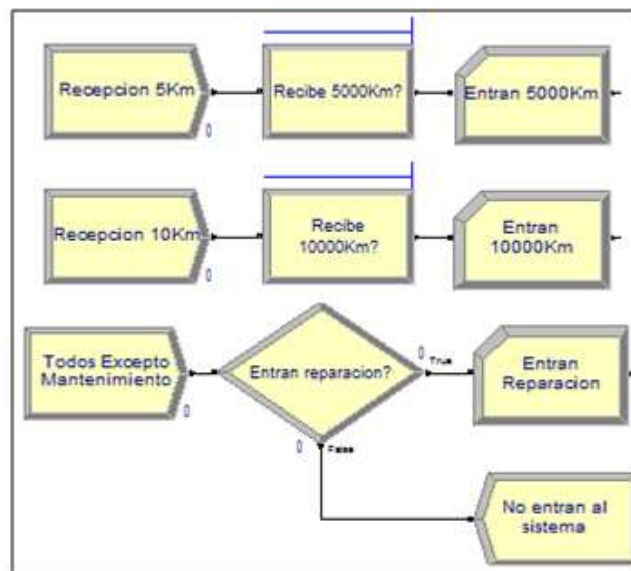


Ilustración 45. Módulos para Recepción del Vehículo (Hidalgo y Torres)

Posteriormente, para el Vehículo de 5.000 Km se colocó dos módulos PROCESS que representan el servicio de mantenimiento y el proceso de control de calidad. Al mismo tiempo, para el Vehículo 10.000 Km se agregó un módulo DECIDE que permite enviar entidades en una proporción diaria del 20% para el técnico que realiza los mantenimientos de 5.000 Km, que es utilizado en ambos procesos, y el porcentaje restante para dos técnicos adicionales. Este porcentaje se obtuvo del DMS del reporte de los vehículos ingresados durante el 2010 en el cual se filtró por razón de ingreso al Taller, marca y por Asesor de Servicio que recibió el vehículo. Además, se colocaron cuatro módulos PROCESS distribuidos en: dos módulos para simular los mantenimientos realizados por el Técnico compartido y el set de dos Técnicos adicionales, un módulo para el proceso de alineación y otro para el proceso de control de calidad de este mantenimiento. Esto se puede observar en la ilustración que se encuentra enseguida.

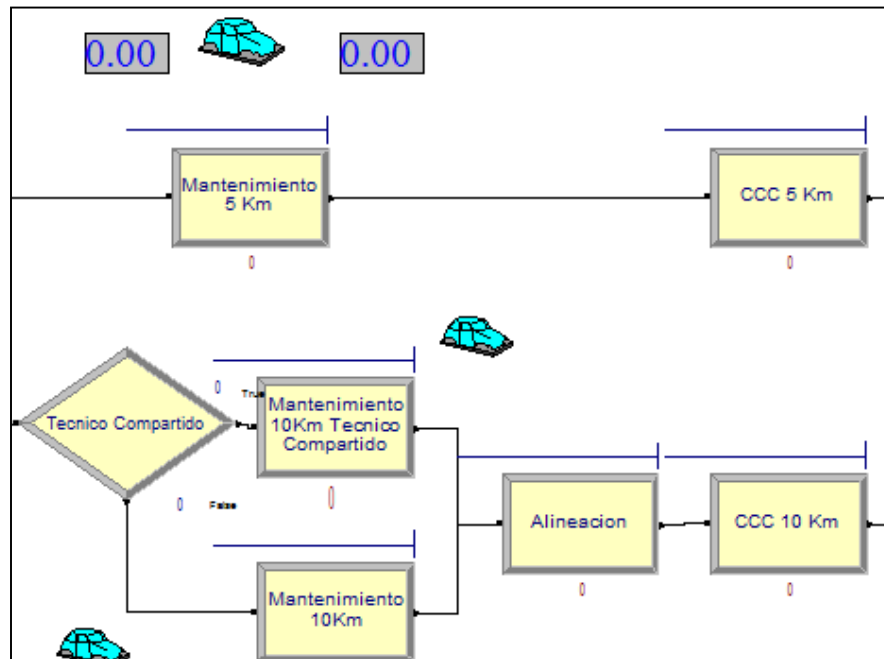


Ilustración 46. Módulos de Mantenimiento, Alineación y Control de Calidad (Hidalgo y Torres)

Finalmente, los tres tipos de entidades deben pasar por la limpieza, para lo cual se ingresó un PROCESS con un set de dos lavadores ya que cada uno de éstos se ocupa de un carro a la vez. Para los procesos de secado y aspirado que ocurren de forma paralela se ubicó un SEPARATE que mantiene la unidad original que se dirige a un módulo PROCESS destinado a aspirado y crea un duplicado que, de igual manera, está ligado a un PROCESS que simula el secado. Finalmente, se colocó un MATCH para crear dos filas correspondientes a cada uno de los procesos que se acaban de describir con la finalidad de que la unidad que termine antes un proceso tenga que esperar a que su doble termine el otro. Posteriormente, las entidades: real y duplicado entran en un BATCH que los une en una sola entidad nuevamente y pueda pasar por un DISPOSE que represente los vehículos terminados y listos para ser entregados.

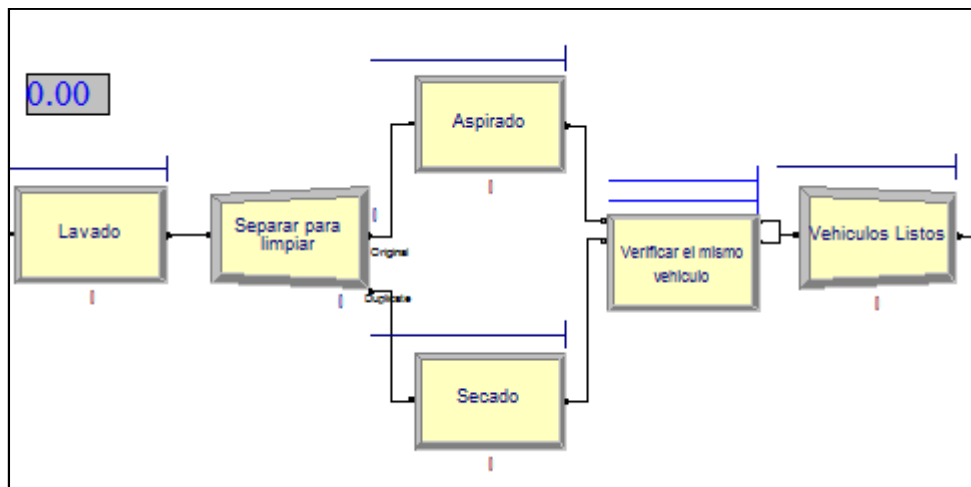


Ilustración 47. Módulos para Procesos de Limpieza del Vehículo (Hidalgo y Torres)

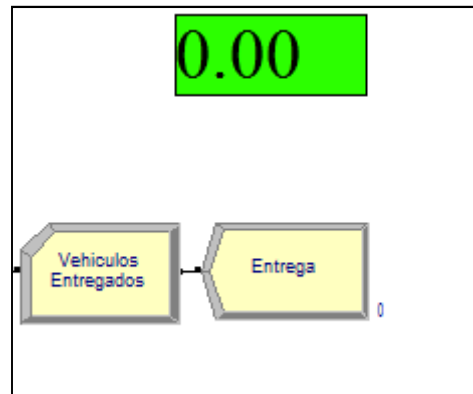


Ilustración 48. Módulos para Terminación del Vehículo (Hidalgo y Torres)

Adicionalmente, se colocaron en ciertos puntos módulos RECORD que permiten obtener estadísticas de interés para este estudio. Entre estos se encuentran un conteo de vehículos que cumplieron con la condición de recepción para cada uno de los mantenimientos en estudio y otro conteo de similares características para aquellos que salen del sistema

El modelo de simulación que se realizó en Arena se encuentra en el Anexo 9 Modelo de Simulación de la Situación Actual.

4.5.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORRIDA

El número de réplicas inciden en que los datos que se obtienen son independientes o idénticamente distribuidos como se mencionó en la Sección 2.4.1. Pasos de un Estudio de Simulación. Así, resulta importante determinar el número adecuado de réplicas que se va a correr el modelo tal que se asegure que se estima el parámetro mediante el estimador para el cual se considera un criterio de error con una alta probabilidad de 99% (Banks, 397-398). Para este caso, se corren inicialmente 10 réplicas como se determinó en la sección indicada anteriormente y se van a considerar la cantidad de vehículos que deben salir del sistema por lo que el

criterio de error ϵ definido por la administración de la empresa es de ± 2 vehículos entregados. Este valor se ha estimado debido a la variabilidad propia del sistema real que se ha observado.

Se corre el modelo de Arena con esta cantidad de replicaciones y se obtiene un valor para el Half Width=2.96 para el número de vehículos que salen del sistema. Con esta información, se puede estimar la desviación estándar despejándole de la Ecuación 12. Half Width de la Sección 2.4.1.

Así, se obtiene una desviación estándar de

$$S = \frac{H\sqrt{R}}{t_{0.01/2,10-1}} = \frac{2.33(\sqrt{10})}{3.2498} = 2.2672 \text{ autos}$$

Dado que $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$, una estimación inicial de R está dada por la Ecuación

13. Estimación del número de réplicas. De esta manera, se tiene que el R_o es de

$$R \geq \left(\frac{2.58 * (2.2672)}{2} \right)^2$$

$$R_o = 8.5538 \approx 9 \text{ réplicas}$$

De esta manera, el número final de replicaciones se define considerando la Ecuación 11. Número de Réplicas probando candidatos igual o mayores a 9 replicaciones. Este análisis se resume en la siguiente Tabla.

R	9	10	11	12	13
$t_{0.01/2, R-1}$	3.3594	3.2498	3.1693	3.1058	3.0545
$\frac{t_{0.01/2, R-1} * (2.2672)}{2}$	14.5025	13.5717	12.9076	12.3956	11.9895

Tabla 6. Réplicas Modelo Situación Actual (Hidalgo y Torres)

De la tabla anterior, se puede concluir que el número de réplicas adecuado es 13 ya que es el menor entero que satisface la Ecuación 11. Número de Réplicas.

4.5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.5.2.1. ANÁLISIS DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO E INTERVALOS DE CONFIANZA

De esta manera, se corrieron seis réplicas del modelo de simulación ya descrito. Se definió en 9 horas la duración de cada corrida y se estableció el minuto como unidad de tiempo para la obtención de resultados. A continuación, se analizan las medidas de desempeño de acuerdo al tipo de entidad. Los resultados obtenidos de Arena se muestran en la siguiente ilustración.

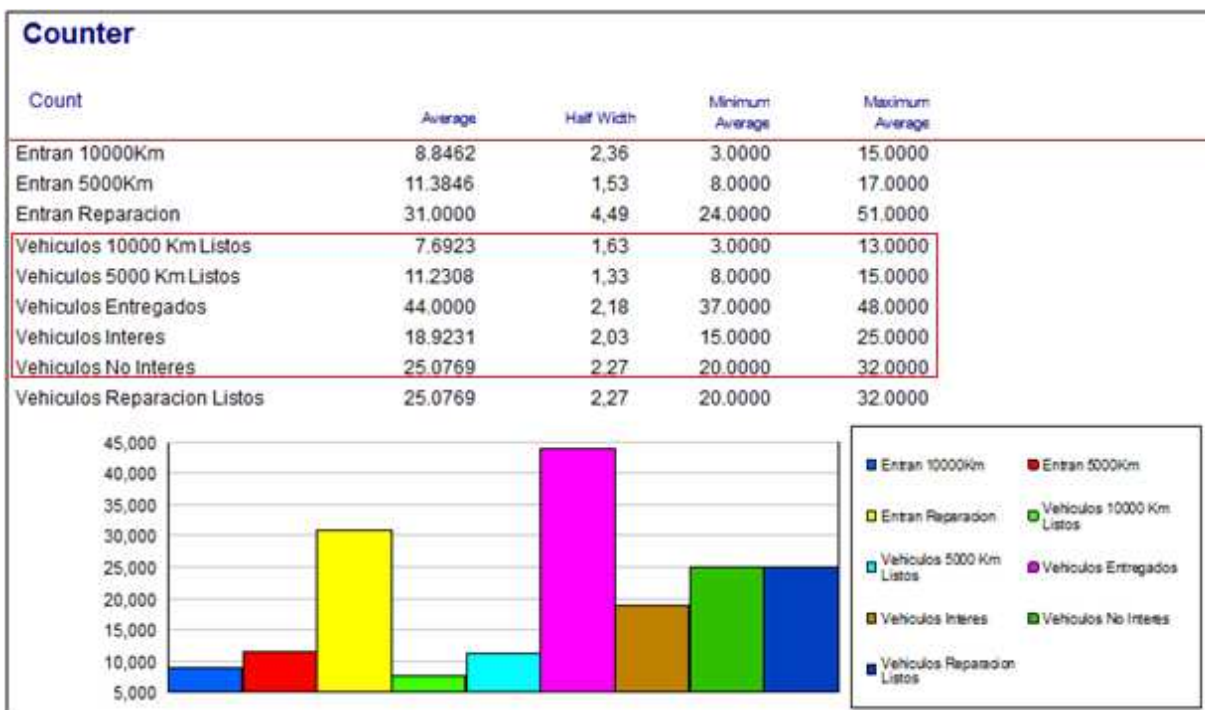


Ilustración 49. Resultados de la Simulación de la Situación Actual – 9 Horas (Hidalgo y Torres)

- **NÚMERO DE VEHÍCULOS DE 5.000 KM QUE SE ATIENDEN AL DÍA**

Como se puede observar en la ilustración anterior, con la simulación el número promedio de entidades de 5.000 Km que se atienden diariamente es de 11.23 con un Half Width de ± 1.33 vehículos. En la realidad, el Taller atiende un promedio de 12.88 vehículos que solicitan este tipo de servicio mecánico. Esto se estimó con datos extraídos del DMS de las dos primeras semanas de Mayo. Por tanto, se puede concluir que el modelo de simulación arroja resultados muy cercanos a la situación actual.

- **NÚMERO DE VEHÍCULOS DE 10.000 KM QUE SE ATIENDEN AL DÍA**

Los resultados indican que el promedio diario de entidades de 10.000 Km atendidas es de 7.69 con un Half Width de ± 1.63 vehículos. Al analizar la situación actual del Taller, los ingresos de vehículos por 10.000 Km de Julio, Octubre, Diciembre (Meses del 2010 con mayor ingreso de vehículos) y durante el 3 al 13 de Mayo 2011, fueron en promedio de 7 con un máximo de 12 vehículos y un valor mínimo de 3. Aún cuando estos valores varían de los obtenidos, se consideran que están cercanos a la realidad debido a que se encuentran dentro del intervalo de confianza.

- **NÚMERO DE VEHÍCULOS ENTREGADOS AL DÍA**

Este modelo de la situación real, da un promedio de 44 vehículos atendidos con un Half Width de ± 2.18 con un máximo de 48 y un mínimo de 37. Sin embargo, con los datos que se extrajeron del DMS de los vehículos que se entregaron diariamente durante el periodo ya mencionado (Mayo 2011), se obtuvo un promedio de 47.5 vehículos con un mínimo de 36 y un valor máximo de 62. Esta diferencia de

entidades atendidas surge debido a que en la simulación se ha considerado únicamente las 8 horas que trabajan los operarios del Taller lo que ocasiona que se queden vehículos en el sistema. Esto se puede verificar con la diferencia de valores entre entidades que entraron y entidades que fueron entregadas. En la situación actual del Taller, esto ocurre ya que pasadas las 17:00, en ocasiones, el Asesor de Servicio o el Control de Calidad deben ser quienes terminen de lavar el carro para que éste sea entregado al cliente. De esta manera, se logran entregar una mayor cantidad de unidades.

Con el fin de validar el modelo con lo que ocurre realmente, se estableció un nuevo tiempo de simulación de 9.5 horas, con el mismo número de réplicas. Esto únicamente para evaluar el número de entidades que salen del sistema a las 17:30. Los resultados que se obtuvieron muestran un promedio de 46.89 vehículos entregados con un Half Width de ± 2.41 vehículos, esto incluye entidades de 5.000 Km, 10.000 Km y los denominados de reparación que involucran a los demás vehículos que han ingresado al Taller. Se observa un valor máximo de 58 vehículos entregados y de 39 como mínimo valor. Adicionalmente, se consideró un posible error del modelo de ± 2 vehículos entregados. Por lo que se puede considerar que los resultados de la simulación son válidos.

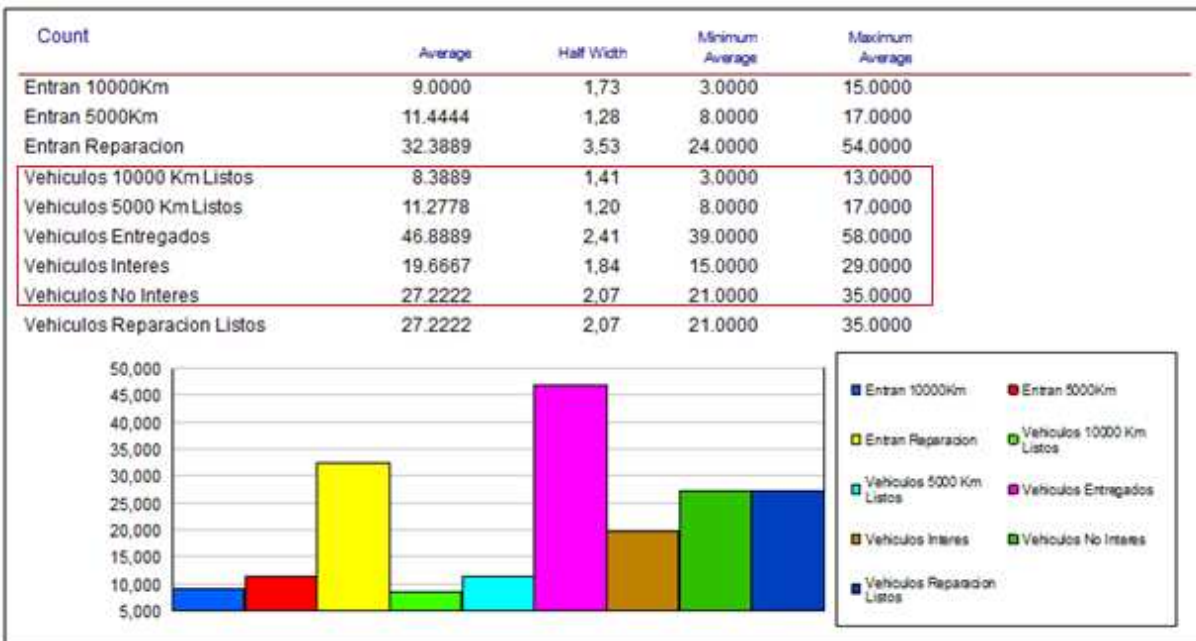


Ilustración 50. Resultados de la Simulación de la Situación Actual – 9.5 Horas (Hidalgo y Torres)

- **NÚMERO DE VEHÍCULOS EN COLA DIARIAMENTE PARA LOS DISTINTOS PROCESOS**

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alineacion.Queue	0.06521290	0,04	0.00	0.2515	0.00	2.0000
Aspirado.Queue	1.5299	1,16	0.1953	7.4682	0.00	16.0000
CCC 10 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCC 5 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lavado.Queue	0.6834	0,36	0.1621	1.9853	0.00	8.0000
Llegada Tecnicos 1.Queue	0.2499	0,05	0.1416	0.4393	0.00	5.0000
Llegada Tecnicos 2.Queue	0.2004	0,05	0.1113	0.3848	0.00	4.0000
Mantenimiento 10Km Tecnico Compartido.Queue	0.7416	0,67	0.00	3.9540	0.00	7.0000
Mantenimiento 10Km.Queue	0.1409	0,17	0.00	1.0345	0.00	5.0000
Mantenimiento 5 Km.Queue	1.0743	0,46	0.2295	2.6015	0.00	8.0000
Recibe 10000Km?.Queue	1.6786	0,52	0.4878	3.5875	0.00	14.0000
Recibe 5000Km?.Queue	2.1822	0,58	0.7981	3.7980	0.00	15.0000
Secado.Queue	1.8501	1,00	0.3717	5.6217	0.00	13.0000

Ilustración 51. Resultado de número de vehículos en cola de la Simulación Situación Actual. (Hidalgo y Torres)

Se analizó el número de vehículos en cola para cada proceso, con la finalidad de detectar las estaciones de trabajo que constituyen cuellos de botella para el flujo de las entidades. Como se puede analizar en la ilustración anterior, los procesos de

aspirado y secado poseen un promedio más alto de vehículos en espera, de 1.53 y 1.85 respectivamente. Es importante considerar que el valor máximo es de 16 vehículos esperando a ser aspirados y hasta 13 entidades en espera del proceso de secado. Por lo observado en el Taller, estos resultados se aproximan a la realidad debido a que con frecuencia en las horas críticas entre 15:00 a 17:00 horas, estos procesos colapsan. A continuación, se muestra una foto tomada de una de las videocámaras del Taller en la cual se observan alrededor de 11 automotores que han salido de lavado y que están en cola para secado.



Ilustración 52. Proceso de Limpieza (Granados)

De igual manera, para el proceso de lavado, aún cuando el promedio en cola no es considerable, ésta puede alcanzar un valor máximo de 10 carros. Como se observa en la ilustración anterior, las características del layout dificultan la realización de estas actividades y el flujo de los vehículos.

- **TIEMPO DE LOS VEHÍCULOS EN COLA DIARIAMENTE PARA LOS DISTINTOS PROCESOS**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alineacion.Queue	3.6598	1,82	0.00	9.7023	0.00	31.8745
Aspirado.Queue	15.5223	10,36	2.1521	69.0399	0.00	105.76
CCC 10 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCC 5 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lavado.Queue	7.0209	3,46	2.0359	21.4596	0.00	46.4413
Llegada Tecnicos 1.Queue	12.2289	2,54	4.5394	21.5671	0.00	72.5670
Llegada Tecnicos 2.Queue	14.1146	4,34	5.4642	32.0961	0.00	72.5670
Mantenimiento 10Km Tecnico Compartido.Queue	102.39	55,95	0.00	254.62	0.00	355.36
Mantenimiento 10Km.Queue	8.1382	7,47	0.00	46.5526	0.00	83.2784
Mantenimiento 5 Km.Queue	47.1467	15,45	13.7702	82.8218	0.00	162.35
Recibe 10000Km?.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recibe 5000Km?.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Secado.Queue	18.3405	8,52	4.5614	51.3579	0.00	85.9237

Ilustración 53. Resultado de tiempos en cola de la Simulación de la Situación Actual. **(Hidalgo y Torres)**

En los resultados de Arena, el mantenimiento de 10.000 Km realizado por el Técnico compartido es el más alto, con un valor promedio de 102.39 minutos y un Half Width de ± 55.95 . Este valor es justificable debido a que en la simulación, para darle mayor similitud a la situación actual, se consideró que este Técnico primero realiza los mantenimientos de 5.000 Km. y deja para después aquellos de 10.000 Km. De esta manera, para el presente estudio este tiempo en cola no es de mayor importancia.

El siguiente valor más alto en promedio, 47.15 y un Half Width de ± 15.45 minutos, es en los mantenimientos de 5.000 Km. Esto ocurre actualmente y se debe a que por el volumen de vehículos con esta característica, el tiempo de espera de los vehículos aumenta. Sin embargo, estos vehículos no se quedan en el sistema por sus cortos tiempos de realización.

Por otro lado, los siguientes valores promedio más altos son los procesos relacionados con la limpieza del vehículo: lavado, aspirado y secado. El lavado posee un tiempo de espera promedio en minutos de 7.02 y un Half Width de ± 3.46 . Su tiempo máximo en cola puede llegar a ser de 46.44 minutos. El secado posee un tiempo promedio de 18.34 minutos en cola con un Half Width de ± 8.52 minutos. Su valor máximo de espera es de 85.92 minutos. El aspirado posee un tiempo promedio en cola de 15.52 minutos y un Half Width de ± 10.36 minutos. Su valor máximo en cola puede ser de 105.76 minutos. En la realidad, estos procesos tienen comportamientos similares a lo descrito y, como ya se ha mencionado, se deben al diseño del layout y el flujo dentro del Taller. El desempeño inadecuado de estos procesos dificulta los cumplimientos con la hora estimada de entrega del automotor al cliente lo cual afecta directamente a la calidad del servicio percibida. Y para propósitos de este estudio, se concluye que estos procedimientos llevados como hasta el momento impedirían que un vehículo sea entregado al cliente en el menor tiempo posible. Es necesario, rediseñar las áreas donde se ejecutan estos procesos para que sus tiempos sean menores.

- **TIEMPO DE LOS VEHÍCULOS EN EL SISTEMA**

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculo 10000 Km	184.20	20,44	137.81	263.16	104.64	402.87
Vehiculo 5000 Km	136.14	21,11	83.3553	202.79	58.7540	334.00
VehiculoReparacion	59.1232	12,06	40.1514	111.36	16.0866	148.41

Ilustración 54. Resultado del tiempo total en el sistema de la Simulación de la Situación Actual. (Hidalgo y Torres)

De la ilustración anterior, se tiene que un vehículo de 10.000 Km pasa en promedio 184.20 minutos, alrededor de 3 horas, con un Half Width de 20,44 minutos

y un máximo de hasta 402,87 minutos. De igual manera, un vehículo de 5.000 Km tiene un valor promedio de 2,27 horas o 136.14 minutos en el sistema con un Half Width de 21.11 y un máximo de 334. Esto actualmente ocurre debido a que las entregas se programan para medio día y para a partir de las 15:00 a 17:30, por lo que un vehículo que ingresa en la mañana puede llegar incluso a estar todo el día en el Taller. Cabe recalcar que con estos tiempos ninguno de estos dos tipos de mantenimiento puede ofrecerse al cliente para una hora u hora y media.

4.5.3. CONCLUSIONES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

De lo anterior, se tiene que actualmente se atienden alrededor de 8 vehículos de 10.000 Km y un promedio de 11 autos que ingresan por mantenimientos de cada 5.000 Km. Se tiene que el mantenimiento de 5.000 Km se realiza en un promedio de 18.2 minutos pero que este vehículo puede llegar a estar en el sistema alrededor de 2.27 horas debido a las características de operación de otros procesos como el de limpieza. Asimismo, se determina que el mantenimiento de 10.000 Km tiene una duración promedio de 48.9 minutos y por los procesos subsecuentes puede estar en el Taller alrededor de 3 horas. Esto impide que se pueda ofrecer al cliente su vehículo que ingresa por estas razones en un tiempo de una o una hora y media.

Es importante mencionar que sin la modificación del proceso de limpieza el vehículo de 5.000 Km que tiene un tiempo corto de realización no podrá ofrecerse en una hora. Este rediseño del área y del proceso beneficiaría también para que el auto que ingresa por 10.000 Km salga en un menor tiempo al actual. Sin embargo, es recomendable analizar la manera de reducir el tiempo en sí del mantenimiento de 10.000 Km tal que se pueda mejorar el tiempo total en el sistema.

4.6. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO

El análisis del valor agregado se lo realizó considerando cada actividad que se ejecuta en los servicios mecánicos. Así, se fueron clasificando cada una como valor agregado para el cliente o para el negocio y luego, especificando el tipo de actividad: operación, inspección, movimiento o demora. Para calcular el tiempo total de cada actividad se utilizaron las filmaciones realizadas a los 25/25 mantenimientos de cada 5.000 Km y 10.000 Km. Así, se obtuvo un promedio de los tiempos para especificar sus duraciones.

4.6.1. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM

El mantenimiento de cada 5.000 Km empieza desde la revisión de luces hasta que chequea el freno de mano y/o llena el Checklist. Para este mantenimiento se obtuvieron datos de un solo técnico con lo cual el tiempo del proceso fue de 19.88 minutos y con un total de 25 actividades. En la Tabla 7 se presenta un resumen de las actividades que representan un valor agregado para el cliente (VAC) y las que representan un valor agregado para el negocio (VAN).

Asimismo, se puede observar que se obtuvieron 12 actividades que son operación, dos que son movimiento e inspección y 9 que representaron demoras. Cabe señalar que las actividades de inspección son tareas combinadas con operación ya que agregan valor al proceso pero al mismo tiempo implican revisión u observación, por ejemplo revisión del nivel del aceite. De igual manera, de las actividades de demora, únicamente dos representan tiempos improductivos dentro

del proceso: ir a retirar repuestos y buscar o pedir herramientas. Las restantes son actividades combinadas con operación y las cuales son necesarias dentro del proceso pero representan tiempos de espera como elevar el vehículo a cierta altura.

En la Tabla 7 se obtiene un total de 23 actividades ya que las dos actividades de demora no agregan valor ni para el cliente ni para el negocio (Las unidades de la tabla son actividades).

En el Anexo 10 se encuentra el análisis del proceso de mantenimiento de cada 5.000 Km.

Resumen del Análisis del Valor Agregado del Mantenimiento de cada 5.000 Km						
VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (Min)
13	10	12	2	2	9	19.88

Tabla 7. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento de cada 5 Km (Hidalgo y Torres)

A continuación, se calcula los índices de tiempos y actividades que agregan valor al proceso. Para ello, se tiene que el tiempo total de las 12 actividades del tipo *operaciones* es de aproximadamente 11 minutos.

- **Índice de Valor Agregado en Tiempos:**

$$IVA_{(t)} = \frac{\sum \text{Actividades VA tiempo}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{11}{19.88} = 0.55 = 55\%$$

- **Índice de Valor Agregado en actividades:**

$$IVA_{(actv)} = \frac{\sum \text{Número Actividades VA}}{\text{Número Actividades}} = \frac{12}{25} = 0.48 = 48\%$$

Se observa que el valor agregado en tiempos representa el 55% del tiempo total y esto se debe a que la mayoría de las actividades son operaciones. Por otro

lado, el valor agregado en actividades es del 48%, es decir, las actividades clasificadas como operación y por las cuales el cliente está pagando. Estos valores se pueden considerar aceptables ya que dentro de un mantenimiento, la mayoría de actividades que se realizan son operaciones y que agregan valor para el cliente o negocio. Sin embargo, podría ser mucho más alto si los Técnicos no ocuparán su tiempo de trabajo en buscar herramientas, acercar el equipo e ir a traer los repuestos por sí mismos.

Por otro lado, el porcentaje de actividades que representan una demora es del 36%, con un porcentaje de tiempo de 10.21% para las actividades combinadas (demora/operación) y de un 11.57% para las demoras totalmente improductivas. Es por ello, que se debe dar énfasis en este tipo de actividades para eliminarlas o modificar la manera de realizarlas.

Analizando el tiempo total del mantenimiento, 19.88 minutos, es muy alto para la propuesta de realizarlo en una hora y con ello, se debe considerar la posibilidad de simplificar y en especial, eliminar las actividades que representan un tiempo alto o que son demoras para el proceso, por ejemplo las tareas de retirar repuestos por el propio Técnico o la búsqueda de herramientas.

4.6.2. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM

El mantenimiento de 10.000 Km empieza desde la revisión de luces hasta que chequea el freno de mano y/o llena el Checklist. Examinando cada tarea ejecutada por los tres técnicos, se obtuvieron las actividades que realizan y los tiempos promedios de las mismas. La Tabla 8 es un resumen de los resultados del análisis del proceso especificando: el valor agregado al cliente (VAC), el valor agregado al

negocio (VAN), las actividades de operación, movimiento, inspección y demora y el tiempo total de las actividades. En el Anexo 11 se encuentra el análisis completo del proceso de 10.000 Km.

Resumen del Análisis del Valor Agregado del Mantenimiento de 10.000 Km						
VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (Min)
24	13	23	2	2	12	55.05

Tabla 8. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

El total de actividades ejecutadas son 39, de las cuales 25 agregan valor al cliente (VAC) y 12 agregan valor al negocio (VAN). Por otro lado, se tienen 23 actividades que son operación (43.13 min), dos que son movimiento e inspección y 12 que representan demora. Cabe resaltar, que las dos tareas de inspección son combinadas con operación e igualmente, en demora se tienen 10 tareas combinadas con operación ya que no se pueden dejar de realizar pero si representan una demora en el proceso. Asimismo, se tienen dos actividades que son totalmente una demora y que no agregan valor ni al cliente ni al negocio, éstas son retirar repuestos y buscar herramientas. El tiempo total de las 39 actividades es de 55.05 minutos.

- **Índice de Valor Agregado en Tiempos:**

$$IVA_{(t)} = \frac{\sum \text{Actividades VA tiempo}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{43.13}{55.05} = 0.78 = 78\%$$

- **Índice de Valor Agregado en actividades:**

$$IVA_{(actv)} = \frac{\sum \text{Número Actividades VA}}{\text{Número Actividades}} = \frac{23}{39} = 0.59 = 59\%$$

Se observa que el valor agregado en tiempos representa el 78% del tiempo total y esto se debe a que la mayoría de las actividades son operaciones. Por otro lado, el valor agregado en actividades es del 59%, es decir, las actividades clasificadas como operación y por las cuales el cliente está pagando. Estos valores se pueden considerar aceptables ya que dentro de un mantenimiento, la mayoría de actividades que se realizan son operaciones y que agregan valor para el cliente o negocio. Sin embargo, podría ser mucho más alto si los Técnicos no ocuparán su tiempo de trabajo en buscar herramientas, acercar el equipo e ir a traer los repuestos por sí mismos.

Analizando el tiempo total del mantenimiento, 55.05 minutos, es muy alto para la propuesta de realizarlo en una hora y con ello, se debe considerar la posibilidad de simplificar, combinar o eliminar las actividades que representan un tiempo alto o que son demoras para el proceso.

A continuación, se presenta un análisis de las actividades improductivas dentro de los mantenimientos analizados. Con el cual, se podrán obtener los puntos críticos de demoras que incrementan los tiempos de mantenimiento.

4.7. ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN CADA UNO DE LOS MANTENIMIENTOS

4.7.1. MANTENIMIENTO DE 5.000 KM

Para determinar el tiempo improductivo, se realizó un desglose de las actividades que cada técnico, que fue parte de este estudio, realizaba en un mantenimiento de 5.000 Km. De esta lista de actividades se identificó cuáles son aquellas que implicaban tiempos improductivos o de inactividad. Así se concluye que

de 6,92 horas de trabajo de un técnico, el 14% constituye tiempos improductivos lo que implica alrededor de 1,22 horas.

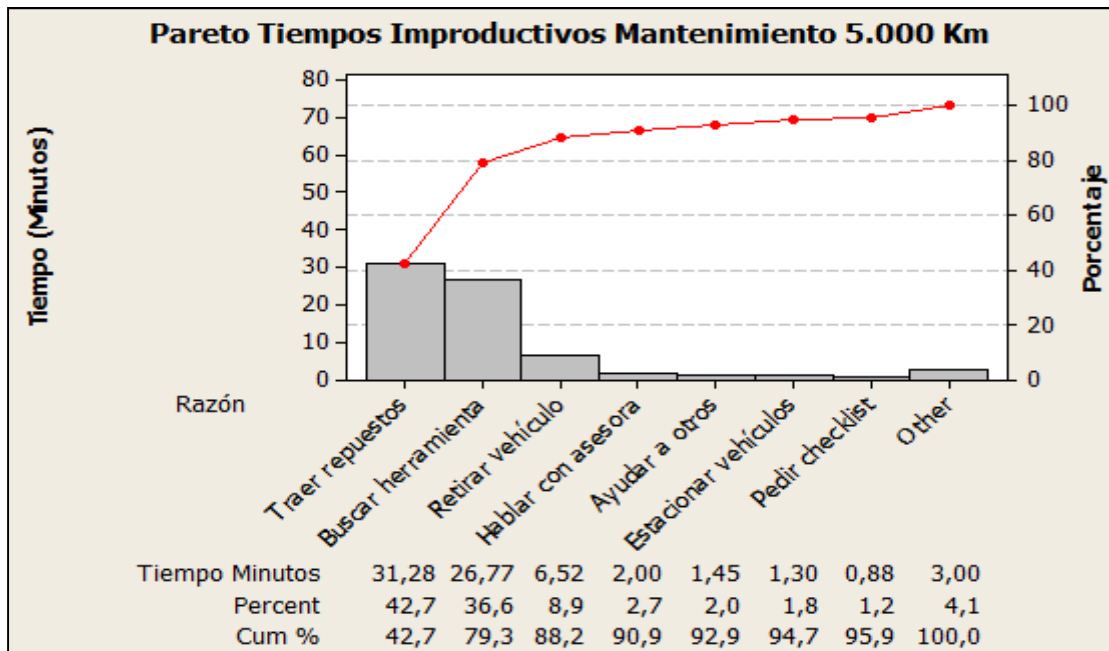


Ilustración 55. Pareto de causas para tiempos improductivos – Mantenimiento 5.000 Km (Hidalgo y Torres)

Al realizar una gráfica de Pareto, se puede determinar como causas más importantes, causantes del 80% de tiempos improductivos, el ir a traer repuestos y el buscar la herramienta para realizar su trabajo. Actualmente, se trata de evitar los tiempos por traer repuestos, para lo cual se contrató a una persona encargada de proveer repuestos a los técnicos en su estación de trabajo. De esta manera, aún cuando en momentos estos tiempos vuelven a ocurrir, se ha logrado evitar que el técnico se mueva de su bahía de trabajo para obtener los repuestos.

4.7.2. MANTENIMIENTO DE 10.000 KM

Para identificar los tiempos improductivos que se realizan en la actualidad en un mantenimiento de 10.000 Km, se lo desglosó en las actividades que realizaron los

técnicos que formaron parte de este estudio. Así, se definió cuáles son las actividades que implicaban tiempos de inactividad. De esta forma, se establece que de 20,36 horas de trabajo de un técnico, el 10% son tiempos improductivos que equivale aproximadamente a 118 minutos.

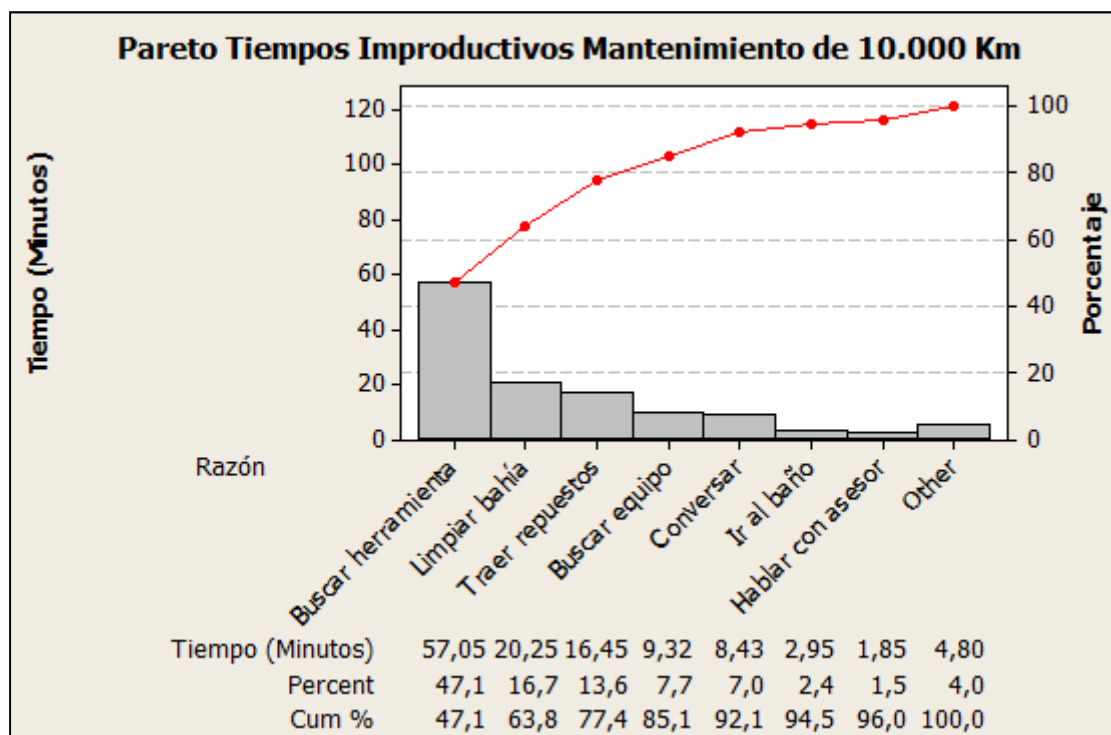


Ilustración 56. Pareto de causas para tiempos improductivos – Mantenimiento 10.000 Km (Hidalgo y Torres)

Mediante una gráfica de Pareto, se observa que el buscar herramienta, limpiar la bahía de trabajo, el traer repuestos y el buscar equipo constituyen el 80% de los tiempos improductivos.

Una vez definida la situación actual de los mantenimientos bajo estudio, de sus tiempos totales y de los factores improductivos se prosigue a realizar la propuesta de creación del Servicio Express.

CAPITULO V

PROPUESTA DE CREACIÓN DEL SERVICIO EXPRESS

5.1. CARACTERISITICAS DEL SISTEMA PARA LA PROPUESTA DEL SERVICIO EXPRESS

El Servicio Express Nissan tiene como objetivo la entrega de los vehículos al cliente en una hora para los mantenimientos de cada 5.000 Km y, hasta una hora y media para los vehículos de 10.000 Km.

Esta diferencia en la entrega de tiempos se debe a que los mantenimientos de cada 5.000 Km se realizan en corto tiempo y no presenta procesos adicionales que aumenten la duración del mismo. Por otro lado, los de 10.000 Km presenta más actividades que deben realizarse y procesos como alineación y control de calidad que incrementan el tiempo total del vehículo en el sistema.

El Servicio Express que se propone presenta las siguientes características:

- Los tiempos de los procesos de Recepción y Entrega del vehículo no se consideran dentro de la hora u hora y media de entrega del servicio mecánico.
- El horario de atención del Servicio Express será desde las 7:00 hasta las 16:00, debido a que el Taller abre 6:45 y los clientes que arriben por el Servicio propuesto no deban esperar hasta las 8:00, hora en la cual el personal técnico ingresa al Taller. Por otro lado, este cambio de horario implica que los Técnicos destinados a este Servicio deberán arribar a las 7:00 y saldrán a las 16:00, cumpliendo la jornada laboral de 8 horas diarias. De

igual manera, con el personal de alineación, control de calidad y limpieza del vehículo; sin embargo, ellos trabajarían hasta las 17:00 ya que son recursos destinados tanto para el Servicio Express como para los demás servicios del Taller. Con ello, se deberá considerar el costo de la hora extra (7:00 a 8:00) del personal mencionado.

- El Servicio Express funcionará bajo cita ya que de esta manera se pueden programar los vehículos para evitar colas en los diferentes procesos analizados.
- Los procesos de mantenimiento varían para la propuesta. En el de 5.000 Km se consideraron los tiempos de la situación actual, pero eliminando los tiempos improductivos de retirar repuestos y buscar herramientas. Estos tiempos se excluyen ya que actualmente existe un encargado de retirar los repuestos para cada técnico y a los Técnicos Express se les facilitará las herramientas necesarias y adecuadas para cada mantenimiento.
- En los mantenimientos de 10.000 Km, se adicionará un Técnico para el servicio ya que de esta manera se disminuye el tiempo considerablemente. Esto se estudia en el análisis de valor agregado de este proceso presentado posteriormente en la sección 5.3.

Lo anterior se analizó ya que el tiempo que toman estos vehículos actualmente es considerablemente alto y con ello, el vehículo no podría salir en el tiempo ofertado de una hora y media si se lo realiza con un solo Técnico. Asimismo, el proceso de Alineación no puede reducir sus tiempos ya que dependen de la maquinaria que se utiliza actualmente, y el proceso de

Control de Calidad debe efectuarse obligatoriamente para verificar la limpieza de frenos y alineación.

- Las bahías de trabajo que se dispondrán para el Servicio Express son dos, una para el mantenimiento de cada 5.000 y la otra para el de 10.000 Km, ya que se los considerará como entradas separadas y con Técnicos destinados para cada mantenimiento. Además, se proponen dos bahías debido a que se desconoce la demanda futura y para el comienzo de esta oferta, las analistas recomiendan empezar con dos bahías únicamente. Posteriormente, con los resultados de la simulación se comprueba que las dos bahías son suficientes para el número de vehículos que salen del sistema por mantenimiento, siendo estos el doble que la situación actual. Así, las dos bahías satisfacen tanto la demanda actual como el incremento a futuro que se puede generar.
- En el proceso de Limpieza de Vehículos se modificó el flujo del mismo ya que en la situación actual éste presenta la mayor cantidad de cola y tiempos de espera. Es por ello, que este proceso requiere la modificación de su ubicación y la forma de realizarlo. Esto influye considerablemente en el tiempo de entrega del vehículo tanto hoy en día como para la propuesta del Servicio Express.

Así, se proponen los siguientes cambios tanto en ubicación, personal y forma de realizarlo.

- En primer lugar, este proceso se ubicará a la salida del Taller, y en segundo lugar, los vehículos fluirán en línea, es decir, primero pasarán

por el proceso de lavado, luego por el de secado y finalmente, por aspirado.

- En la situación actual se obtuvo que el área de limpieza es un cuello de botella considerable ya que su ubicación y tamaño influye significativamente en los tiempos y cantidad de vehículos en cola. Esto se puede observar en la Ilustración 52. Para ello, se utilizó la sección 2.5 de Diseño de Plantas para analizar el flujo de este proceso y escoger una mejor ubicación para el mismo.
 - o El problema principal del área de lavado es su ubicación debido a que la cantidad de volumen que maneja es de 40 a 70 vehículos diarios, alcanzando en horas pico un flujo de hasta 15 vehículos. Con ello, el nivel de actividad es sumamente alto en esta área y su ubicación no permite un desempeño adecuado de los subprocesos que se realizan.
 - o El problema que se presenta es tanto a nivel interno del proceso como externo. Internamente, se genera congestión entre subprocesos debido a que la cantidad de vehículos impide que el vehículo salga del área de lavado, luego la falta de espacio impide visualizar los vehículos que requieren ser secados y/o aspirados. Asimismo, se dificulta el proceso de aspirado debido a que los vehículos se parquean uno al lado de otro y así, el trabajador no puede abrir las puertas lo suficiente para aspirar o para llevar la aspiradora. Externamente, debido a que la limpieza

es el cuello de botella del Taller y por tanto, se retrasa el proceso siguiente el cual es entrega del vehículo, afectando la satisfacción del cliente.

- Para la propuesta de mejora del área de limpieza se considerará el flujo del vehículo por el Taller. Como se señala en la ilustración siguiente, lavado se ubica al fondo del Taller y en un espacio reducido cuya entrada y salida es la misma. Con ello, el congestionamiento de vehículos imposibilita un buen flujo y manejo de esta área.

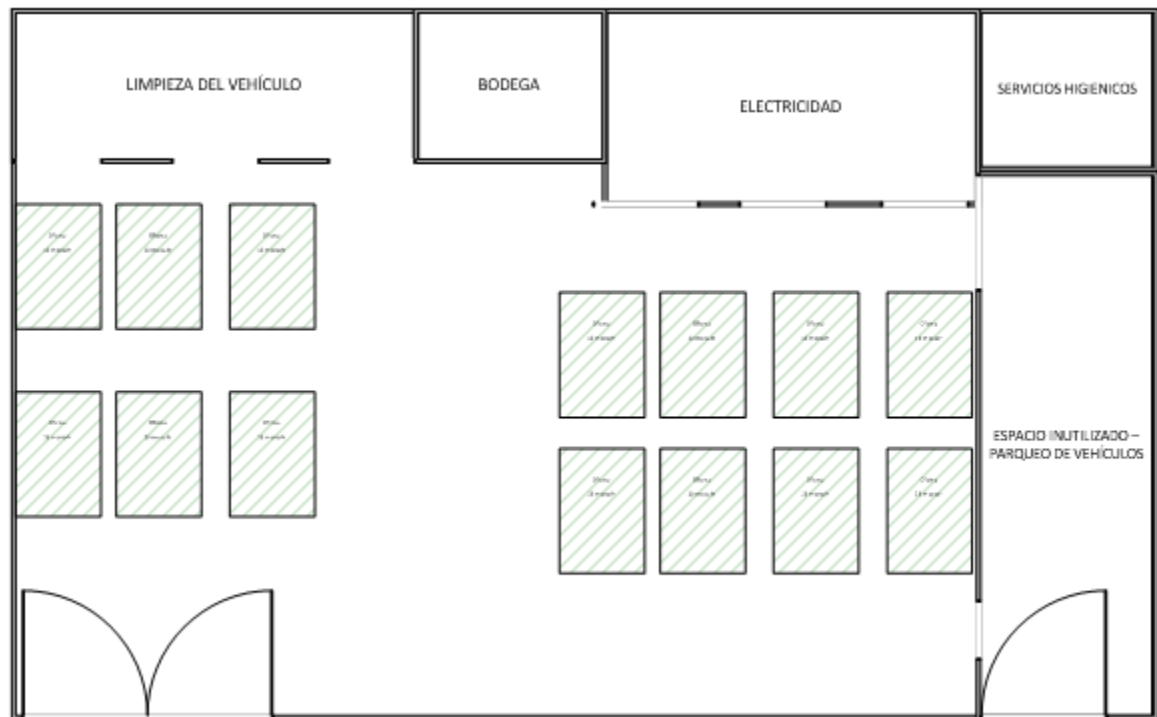


Ilustración 57. Plano del Taller (Hidalgo y Torres)

- La propuesta generada es ubicar el área de limpieza de acuerdo a un flujo entre departamentos. Como se señala en la sección 2.5, el flujo entre departamentos es un criterio empleado para

evaluar el flujo general dentro de un planta. La consideración más importante es la ubicación de entrada y salida.

- Como se observa en la ilustración anterior, en el Taller la entrada y salida general de los vehículos se ubica en el mismo lado, pero extremos opuestos. Mientras que la entrada y salida del área de limpieza es en la misma ubicación y no se considera el flujo del vehículo entre Departamentos, ya que a pesar de que la limpieza es el último proceso a realizarse antes de la entrega, éste se encuentra a un extremo de la salida del Taller.
 - La propuesta considera el flujo del vehículo y se cree conveniente que éste se base en la disposición de la entrada y salida del Taller. Con ello, el área de limpieza de vehículos debe ubicarse cerca de la salida de vehículos y su entrada y salida se encuentre en lados opuestos.
 - Con todos los aspectos señalados anteriormente, se propone el uso del espacio inutilizado del Taller para la ubicación de la limpieza del vehículo, ya que se cumple con las entradas y salidas del Taller. Asimismo, el flujo interno de los subprocesos se considerará en línea.
- En cuanto al personal, se dispondrá en lavado de dos personas por vehículo, en secado se mantienen los dos trabajadores y uno en aspirado.

- Para el análisis del lavado con dos personas se realizó un estudio de los movimientos del lavador actual el cual se encuentra en el Anexo 12. En este Anexo se puede observar los recorridos del mismo y el tiempo total de 11.5 minutos. Se puede observar que el lavador realiza 10 pasos para enjabonar y 6 para enjuagar. Para la propuesta se analizó el lavado de tres vehículos con dos personas a la vez y en el Anexo 13 se encuentra el recorrido de cada lavador con el tiempo resultante de 4 minutos y los dos lavadores realizan cinco movimientos cada uno. Además, se consultó con un lavador de que dependía el tiempo de lavado y señaló que de la suciedad más que de las dimensiones del vehículo (Oñate).

Por tanto, al disponer de un flujo en línea de la limpieza del auto y de dos personas por vehículo, se puede reducir el tiempo de cada subproceso y con ello, analizar si se generan colas considerables mediante el modelo de simulación.

Se ha considerado la posibilidad de emplear un método más ecológico para la limpieza de los vehículos. Este producto, cuyo nombre se debe mantener confidencial, viene embotellado con un dispersor para el lavado en seco del vehículo. De esta manera, se ahorraría agua y este proceso sería más amigable con el ambiente. Sin embargo, al realizar pruebas con este producto en vehículos oscuros y que se encuentran sucios se determinó que el producto raya la pintura del vehículo por lo que se ha descartado la posibilidad de uso de éste. Por tanto, para este proyecto se considerará el

procedimiento realizado con agua como se explicó anteriormente y se determinó en el Anexo 13.

5.2. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN SERVICIO EXPRESS

El modelo de simulación que se propone para el Servicio Express es más sencillo que el modelo de la situación actual y se encuentra en el Anexo 14. En la Ilustración 58 se observan los dos módulos CREATE definidos como las entradas de los vehículos al Taller tanto del mantenimiento de cada 5.000 Km como el de 10.000 Km.

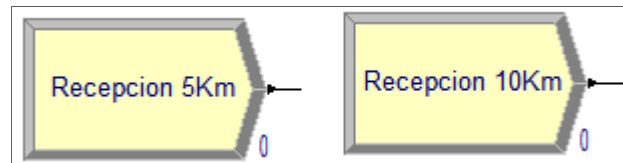


Ilustración 58. Módulos CREATE Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

Los tiempos entre arribos de los vehículos que ingresarán se los definió como *constantes* ya que el Servicio Express funcionará bajo cita, como se mencionó en la sección 5.1. Con ello, las llegadas de los vehículos al Taller se programarán de tal manera que no se generen colas considerables en los diferentes procesos del Servicio Express, con especial énfasis en los de mantenimiento. Por lo tanto, los tiempos de arribo de los vehículos para los mantenimientos de cada 5.000 y 10.000 Km son de 20 y 30 minutos, respectivamente. La obtención de estos valores se basa en el número de vehículos que salen del sistema por entidad. Debido a que el Taller actualmente presenta el 60% de ingresos de mantenimientos de cada 5.000 Km y el restante para los de 10.000 Km, se fueron analizando los valores que cumplían con los porcentajes señalados (DMS). Así, al programar el arribo de los mantenimientos

de cada 5.000 y 10.000 Km en 20 y 30 minutos, respectivamente, se cumple con los porcentajes del 60% y 40% de ingresos.

Luego, se prosigue con dos módulos HOLD los cuales permiten restringir la entrada de vehículos una hora antes de la finalización del día laboral para ambos mantenimientos, ver Ilustración 59.

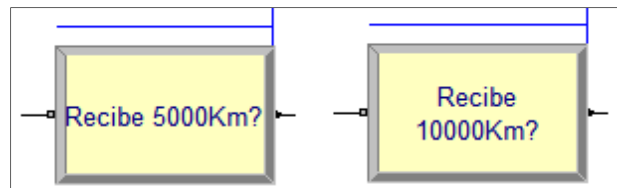


Ilustración 59. Módulos HOLD Modelo Propuesto (**Hidalgo y Torres**)

En la propuesta, el tiempo de trabajo para todo el personal Técnico Express se considerará desde las 7:00 hasta 16:00; sin embargo, el tiempo de Reloj en la simulación se correrá desde las 7:00 hasta las 16:00 (tiempo real 17:00), ya que se considera la hora de almuerzo y que la jornada laboral para el resto del personal que interviene tanto en el Servicio Express como en los otros servicios trabajan hasta las 17:00. Con ello, el HOLD se activa a las 14:00 (tiempo real 15:00) y desde ese momento, se restringe la entrada de vehículos.

A continuación, en la Ilustración 60, se disponen de 5 módulos PROCESS que representan los dos mantenimientos, los dos procesos de Control de Calidad y la Alineación.

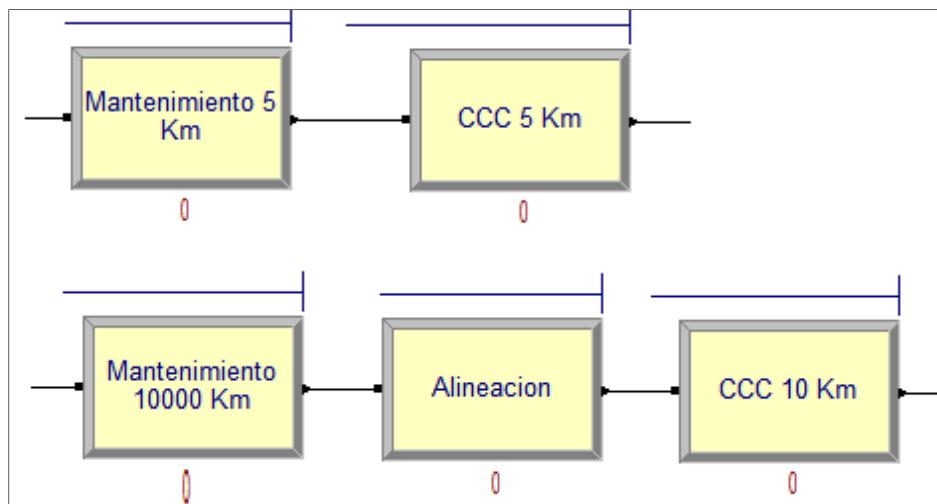


Ilustración 60. Módulos PROCESS Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

En la Tabla 9 se resumen las distribuciones que se utilizan para cada uno.

#	Proceso	Distribución
1	Mantenimiento de cada 5.000 Km	Triangular (11, 18.5, 23)
2	Control de Calidad 5.000 Km	Triangular (3, 5, 6)
3	Mantenimiento de 10.000 Km	Triangular (15, 20, 25)
4	Alineación	Normal (12, 3.36)
5	Control de Calidad 10.000 Km	Normal (11.4, 2.65)

Tabla 9. Distribuciones PROCESS Simulación Propuesta (Hidalgo y Torres)

Las distribuciones de los mantenimientos de cada 5.000 Km se obtuvieron de los datos originales, eliminando los tiempos improductivos de los mismos. Con ello, mediante el Input Analyzer se obtuvo la distribución mencionada en la Tabla 9. Asimismo, se analizó los supuestos de aleatoriedad e independencia de los datos como se menciona en la Sección 4.4, y ambos supuestos se cumplen ya que no presentan correlación alguna y el valor P en la prueba de corridas es mayor al 95%.

En el Anexo 15 se encuentran los datos analizados, la distribución obtenida y la comprobación de los supuestos.

Para los mantenimientos de 10.000 Km, se utilizó una distribución Triangular con los valores que se obtuvieron del análisis de valor agregado y en especial, de los instructivos, lo cual se detalla en la sección 5.3. La explicación breve de la distribución definida para el mantenimiento de 10.000 Km se basa en los tiempos de los instructivos ya que estos brindan una referencia del tiempo mínimo a demorarse, ver Anexo 18.

Para los procesos de Control de Calidad y Alineación se mantuvieron las distribuciones fijadas en la situación actual ya que se van a mantener con el mismo comportamiento y recursos.

Finalmente, se prosigue con el proceso de limpieza en los cuales el flujo y las distribuciones del mismo cambian significativamente.

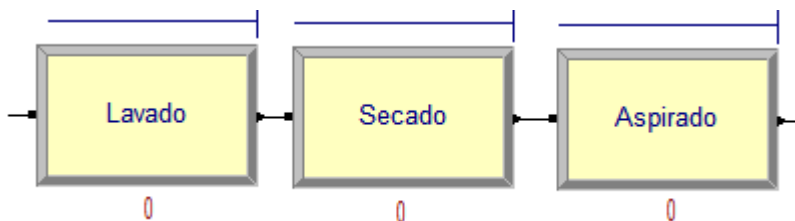


Ilustración 61. Módulos PROCESS Limpieza Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

En la Tabla 10 se pueden observar las distribuciones definidas para los procesos.

#	Proceso	Distribución
1	Lavado	Triangular (4.5, 5, 7)
2	Secado	Triangular (5, 6, 8)
3	Aspirado	Triangular (4, 5, 6)

Tabla 10. Distribuciones Proceso Limpieza Propuesto (Hidalgo y Torres)

En primer lugar, el proceso de limpieza será realizado con un flujo en línea, con ello, se escogieron distribuciones triangulares ya que no se disponía de datos suficientes. Para la comprobación y debido al flujo en línea se realizaron dos pruebas para analizar el lavado con dos trabajadores. Los resultados fueron que el tiempo fue considerablemente menor al que se realiza con una persona. De igual manera, se realizó la filmación del secado de un vehículo con dos personas, considerando que los dos empiecen y terminen el vehículo sin realizarlo por separado como actualmente ocurre en horas pico. Al final del flujo se ubica el aspirado, el cual representa el tiempo más corto de los 3 subprocessos.

Cabe señalar, que los valores de las distribuciones fueron seleccionadas en base al conocimiento de las analistas sobre este proceso y a la comprobación de los mismos con las filmaciones.

Luego, de este proceso los vehículos terminan el servicio y se encuentran listos para la entrega al cliente, el módulo utilizado es un DISPOSE como se muestra en la Ilustración 62.



Ilustración 62. Módulos DISPOSE Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

Por otro lado, se colocaron 4 módulos RECORD para que reporte la cantidad de vehículos de 5.000 Km y 10.000 Km que ingresan y abandonan el sistema al final de la simulación, ver Ilustración 63.

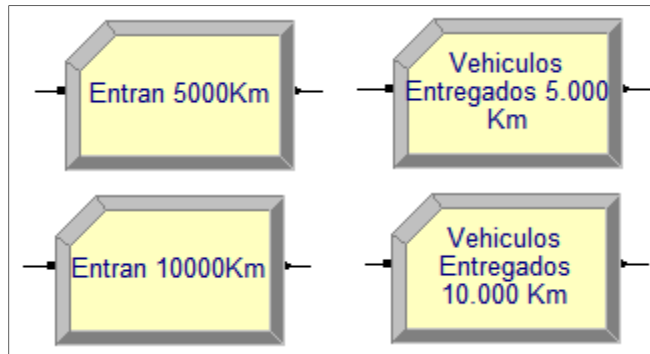


Ilustración 63. Módulos RECORD Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

5.2.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORRIDA

Para determinar el número de réplicas adecuado para el modelo de simulación de tal manera que se asegure que se estiman los parámetros correctos se considera un criterio de error con una alta probabilidad de 99% (Banks, 397-398). Para este caso, se corren nuevamente 10 réplicas como se determinó en la sección 2.4.1 y se va a considerar el tiempo total promedio que pasa un vehículo en el sistema. Por ello, el criterio de error ϵ definido por las analistas en la propuesta es de $\pm 2,5$ minutos que se puede demorar en salir del sistema una entidad.

Se corre el modelo de Arena Propuesto con la cantidad de replicaciones mencionada y se obtiene un Half Widht de 0.82 minutos para el tiempo total en el sistema. Este valor es el dato de la entidad del vehículo de 10.000 Km ya que es el intervalo más alto de los dos tipos de entidades.

Utilizando la Ecuación 12 se obtiene la desviación estándar:

$$S = \frac{H\sqrt{R}}{t_{0.01/2,10-1}} = \frac{0.82(\sqrt{10})}{3.25} = 0.798 \text{ minutos}$$

Dado que $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \geq \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}}{2}$, una estimación inicial de R está dada por la Ecuación

13. De esta manera, se tiene que el R_o es de

$$R \geq \left(\frac{2.58 (0.798)}{2.5} \right)^2 = 0.678 \text{ réplicas}$$

$$R_o = 0.678 \cong 1 \text{ réplica}$$

De esta manera, el número final de replicaciones se define considerando la Ecuación 11 probando candidatos mayores a 1 replicación. Este análisis se resume en la siguiente Tabla.

R	2	3	4
$t_{0.05/2, R-1}$	63,657	9.925	5.841
$\left(\frac{t_{0.05/2, R-1} * (0.496)}{2.5} \right)^2$	412.74	10.03	3.48

Tabla 11. Cálculo de Réplicas Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

De la tabla anterior se obtiene un total de 4 réplicas, y con ello, se puede concluir que el número de réplicas calculado no es el adecuado ya que es un valor demasiado pequeño y con ello, no se puede llegar a estabilizar el sistema y reducir el error. Asimismo, a mayor número de réplicas más independientes e idénticamente distribuidos serán los datos que arroje la simulación, según se estableció en la sección 2.4.1. Es por ello, que se consultó con un experto en Simulación y recomendó el uso de un número mayor de réplicas ya que el valor de 4 es demasiado pequeño (Merchán). Así, el número mínimo de réplicas que se definió por las analistas para el modelo propuesto es de 20 réplicas.

5.2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.2.2.1. ANÁLISIS DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO E INTERVALOS DE CONFIANZA

De esta manera, se corrieron 20 réplicas del modelo de simulación ya descrito. Se definió en 9 horas la duración de cada corrida y se estableció el minuto como unidad de tiempo para la obtención de resultados.

Las medidas de desempeño de interés en este modelo son los tiempos en el sistema de la entidad de cada mantenimiento para analizar si el vehículo abandona el sistema en una hora u hora y media, dependiendo del tipo de mantenimiento.

En la Ilustración 64 se obtuvieron los resultados de los tiempos totales para cada entidad en el sistema.

Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculo 10000 Km	60.1693	0,43	58.6979	61.8613	43.2916	76.8762
Vehiculo 5000 Km	38.8238	0,29	37.3381	39.7041	32.1070	45.9347
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculo 10000 Km	1.0759	0,24	0.1788	2.0038	0.00	8.1844
Vehiculo 5000 Km	0.9274	0,18	0.3361	1.7516	0.00	9.7584
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculo 10000 Km	61.2452	0,54	59.2480	63.3174	47.0956	76.8762
Vehiculo 5000 Km	39.7512	0,30	38.2356	41.0691	32.3897	51.5997

Ilustración 64. Medida de Desempeño Tiempo Total Propuesto (Hidalgo y Torres)

- **TIEMPO TOTAL DEL VEHICULO DE CADA 5.000 KM EN EL SISTEMA**

En la Ilustración 64 se observa que para los vehículos de 5.000 Km el tiempo total promedio en el sistema es de aproximadamente 40 minutos y con un máximo de 52 minutos. El Half Width es de ± 0.30 minutos, es decir, ± 18 segundos. Lo cual no

afecta al tiempo promedio obtenido. Se concluye que es viable que el vehículo de este tipo de mantenimiento pueda ser entregado al cliente en una hora.

- **TIEMPO TOTAL DEL VEHICULO DE 10.000 KM EN EL SISTEMA**

Los vehículos de 10.000 Km presentan un tiempo promedio total de 61 minutos y un máximo de 77 minutos. El Half Width es de ± 0.54 minutos, es decir, ± 32.4 segundos. Con lo cual, se puede ofrecer el vehículo en una hora y media dado que presenta procesos posteriores al de mantenimiento que incrementan su tiempo final.

- **NÚMERO DE VEHÍCULOS INGRESADOS Y ENTREGADOS**

En la Ilustración 65 se observan los vehículos de cada entidad que entraron y salieron del sistema, obteniendo un total de 40 vehículos. Estos datos fueron obtenidos de un contador, de igual manera, coinciden con los datos que genera la simulación sin el contador. Se tiene que el total de vehículos de cada 5.000 Km que son entregados son 24 y en los de 10.000 Km son de 16 vehículos. Con ello, se verifica que se obtiene una razón de ingreso de 60% para cada 5.000 y de 40% para los de 10.000 Km, como se señaló anteriormente en la sección 5.2.

Estos datos comparados con la situación actual de 12 vehículos de 5.000 Km y 8 de 10.0000 Km, aumentan en un 50%. De esta manera, al disponer del Servicio Express se reducirá el tiempo de mantenimiento y permanencia del vehículo en el Taller y con ello, aumenta la capacidad del Taller para recibir mayor cantidad de vehículos al día.

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entran 10000Km	16.0000	0,00	16.0000	16.0000
Entran 5000Km	24.0000	0,00	24.0000	24.0000
Vehiculos Entregados 10.000 Km	16.0000	0,00	16.0000	16.0000
Vehiculos Entregados 5.000 Km	24.0000	0,00	24.0000	24.0000

Ilustración 65. Ingreso y Entrega de Vehículos Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

- **TIEMPOS EN COLA DE LOS PROCESOS**

En la Ilustración 66 se pueden observar los tiempos y la cantidad de entidades en cola en los procesos descritos en el modelo. Se observa que los promedios de tiempos y número en cola son bajos, mientras que en los procesos de alineación, mantenimiento de 10.000 Km y control de calidad de 5.000 y 10.000 Km no se generan colas. Sin embargo, el proceso de mantenimiento de cada 5.000 Km presenta un tamaño máximo de cola de un vehículo y cuyo tiempo máximo de espera es de 5 minutos. A pesar de ello, ese tiempo no influye significativamente en el tiempo de entrega del vehículo ya que el máximo tiempo total mencionado anteriormente es de 52 minutos.

Los procesos de limpieza también presentan colas y los tres con un tamaño máximo de un vehículo. De los tres subprocessos, el mayor es lavado ya que genera un tiempo de espera máximo de 6 minutos, secado de 3 minutos y aspirado 0.4 minutos.

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alineacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aspirado.Queue	0.00207139	0,00	0.00	0.01077173	0.00	0.4309
CCC 10 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCC 5 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lavado.Queue	0.6118	0,08	0.2624	1.0232	0.00	6.6363
Mantenimiento 10000 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento 5 Km.Queue	0.2631	0,12	0.02356006	0.9205	0.00	5.4689
Recibe 10000Km?.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recibe 5000Km?.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Secado.Queue	0.2151	0,05	0.07864201	0.3905	0.00	2.9371
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alineacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aspirado.Queue	0.00015344	0,00	0.00	0.00079791	0.00	1.0000
CCC 10 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCC 5 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lavado.Queue	0.04531544	0,01	0.01943814	0.07579081	0.00	1.0000
Mantenimiento 10000 Km.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento 5 Km.Queue	0.01169535	0,01	0.00104711	0.04091265	0.00	1.0000
Recibe 10000Km?.Queue	0.1667	0,00	0.1667	0.1667	0.00	3.0000
Recibe 5000Km?.Queue	0.2222	0,00	0.2222	0.2222	0.00	4.0000
Secado.Queue	0.01593041	0,00	0.00582533	0.02892255	0.00	1.0000

Ilustración 66. Tiempos en Cola de Proceso - Modelo Propuesto (Hidalgo y Torres)

A pesar de que se tienen vehículos en espera, los mismos no afectan al tiempo de simulación de cada entidad. Esto se comprueba en el tiempo total de cada entidad y con ello, en la posibilidad de entregar del vehículo en una hora u hora y media.

Una vez obtenidos los resultados de la simulación y la viabilidad de entregar un vehículo en una hora u hora y media dependiendo del mantenimiento, se prosigue a generar una propuesta de mejora del valor agregado de los mantenimientos que se realizó en la sección 4.6. Además, se crean instructivos para los mantenimientos de

10.000 Km, con las actividades a realizar por cada Técnico y el tiempo mínimo permisible.

5.3. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO DE LOS MANTENIMIENTOS E INSTRUCTIVOS PARA MANTENIMIENTOS DE 10.000 KM

5.3.1. MEJORA DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 5.000 KM

El análisis del valor agregado para el mantenimiento de cada 5.000 Km se encuentra en el Anexo 16.

La propuesta de mejora de este mantenimiento se basó en eliminar las dos actividades que representaban demoras considerables dentro del proceso, éstas eran: Búsqueda de herramientas e Ir a retirar repuestos. Para la primera se propone que los Técnicos dispongan de todas las herramientas básicas necesarias para el mantenimiento (En el capítulo VI se plantean los costos de herramientas) y para la segunda, la empresa ha contratado un encargado de retirar los repuestos para cada uno de los Técnicos. Así, se eliminan las demoras señaladas y con ello, el mantenimiento de cada 5.000 Km mejora en tiempos y en actividades que agregan valor al cliente y al negocio.

En la Tabla 12 se presenta un resumen de los datos obtenidos de la propuesta de mejora del mantenimiento, donde los resultados son la cantidad de actividades para cada columna, excepto la última que es el tiempo total del proceso.

Resumen del Análisis del Valor Agregado Mant. cada 5 Km PROPUESTO						
VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (Min)
12	10	12	1	2	7	15.17

Tabla 12. Resumen Análisis Valor Agregado Mant. 5 Km Propuesto (Hidalgo y Torres)

El total de actividades realizadas son 22 y con un tiempo total de 15.17 minutos. El cual comparado con los 19 minutos de la situación actual, es un tiempo menor y apropiado para un mantenimiento de este tipo.

Dentro de las actividades se presenta un cambio significativo ya que dentro de las bahías del Servicio Express se dispondrán de espejos que permitan la revisión de luces y con ello, evitar el traslado del vehículo hasta un espejo al final de un pasillo. Es así, que el tiempo total de las actividades “operación” es de 10.5 minutos. Con estos resultados se calculan los índices de valor agregado en tiempos y actividades de este proceso.

- **Índice de Valor Agregado en Tiempos:**

$$IVA_{(t)} = \frac{\sum \text{Actividades VA tiempo}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{10.5}{15.17} = 0.69 = 69\%$$

- **Índice de Valor Agregado en actividades:**

$$IVA_{(actv)} = \frac{\sum \text{Número Actividades VA}}{\text{Número Actividades}} = \frac{12}{22} = 0.55 = 55\%$$

Los índices obtenidos comparados con la situación actual incrementan considerablemente. El valor agregado en tiempos aumenta de 58% a 69%, mientras que en las actividades incrementa de 48% a 55%. Es así, que el hecho de eliminar

las dos actividades que representan demora y la actividad que representa inspección, se aumenta en los tiempos y en las actividades que generan valor para el cliente y el negocio.

Analizando el tiempo total del mantenimiento, los 15 minutos son ideales para realizar un mantenimiento de 5.000 Km y con un Técnico. Sin embargo, es necesario disponer del encargado de repuestos y un personal para movilización de vehículos que se encuentre destinado al Servicio Express únicamente. Esto último se considera dentro del análisis financiero que se realiza en el capítulo VI.

5.3.2. MEJORA DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM

El análisis del valor agregado para el mantenimiento de 10.000 Km se encuentra en el Anexo 17. El formato de la tabla incorpora el número de técnicos que realizan cada actividad. Por ejemplo, parquear vehículo realiza un Técnico y preparación del vehículo la realizan dos Técnicos.

En primer lugar, se clasificaron las actividades que se iban a realizar en conjunto y las que se iban a realizar individualmente. Así, para las actividades individuales se utilizó el tiempo obtenido anteriormente en el análisis de la Sección 4.6.2 ó Anexo 11.

ACTIVIDADES INDIVIDUALES		ACTIVIDADES COMPARTIDAS
Parquear Vehículo	Revisar mangueras, tubo de escape y dirección	Revisar Luces
Tomar OT	Revisar Ralentí	Revisar Chisperos
Realizar pedido de repuestos	Bujías	Preparación del Vehículo
Elevar/bajar vehículo	Filtro de combustible y de aire	Revisión y Limpieza de frenos
Retirar tapacubos	Aceite de Motor, Agua y Batería	Retirar y rotar llantas
Revisión visual del sistema de frenos	Lubricar puertas	Colocar llantas
Cambiar y colocar filtro de aceite		Ajustar tuercas

Tabla 13. Clasificación Propuesta de Actividades Mantenimiento 10 Km (Hidalgo y Torres)

En la Tabla 13 se presentan las actividades individuales y compartidas que se proponen para este mantenimiento. La clasificación se basó en dos razones: la primera en las actividades que ocupan más tiempo al operario y la segunda en las que son posibles realizarlas con la ayuda del otro Técnico. Es así, que en el Anexo 11 de la sección 4.6.2 se observan los tiempos y las actividades que son posibles realizarlas con la ayuda del otro Técnico (dos en total) como revisión de luces, chisperos, preparación del vehículo y, retirar y rotar llantas. Mientras que las que

presentan mayor tiempo de operación pueden repartirse entre los dos trabajadores, como la limpieza de frenos y colocar llantas.

Sin embargo, para las actividades compartidas se desconocía el tiempo total por operador y es por ello, que se decidió realizar una filmación de prueba para analizar los tiempos de las mismas.

- **Filmación Vehículo Sentra 10.000 Km con el método propuesto.**

La filmación del vehículo se la realizó basándose en los instructivos del mantenimiento de 10.000 Km que dispone la empresa actualmente. Con ello, se realizó una división de actividades considerando los tiempos obtenidos en el Anexo 11 y de esta manera, se equilibraron las actividades a realizarse por los dos Técnicos.

Luego, con la aprobación del Jefe de Taller para realizar la filmación con dos Técnicos, se escogió el vehículo a filmar, un vehículo SENTRA, ya que éste presenta el cambio de todas las partes dentro de un mantenimiento de 10.000 Km, por ejemplo, se realiza cambio de combustible y bujías. Finalmente, se pidió a los Técnicos seleccionados que realicen las actividades en un orden de prueba.

Como resultado, se pudo obtener una apreciación general del comportamiento del trabajo en equipo, un tiempo estimado de las actividades compartidas y sobre todo, del tiempo total de demora del mantenimiento.

Sin embargo, se presentaron algunas deficiencias en la filmación:

1. Los Técnicos que se escogieron no tenía la misma estatura.
2. La falta de herramientas en el lugar de trabajo produjo tiempos improductivos.
3. El equipo compartido entre otros Técnicos aumentó el tiempo total.

Es así, que estos tres aspectos afectaron al tiempo total de filmación del vehículo y deben considerarse en la propuesta de diseño del Servicio Express.

Con los datos obtenidos de la filmación, se completó el análisis de valor agregado propuesto con los tiempos de las actividades compartidas. Comparándolo con el Anexo 11, se obtienen tiempos totales reducidos ya que los tiempos actuales además de los tiempos de operación, presentan tiempos de caminata y toma de herramientas de la caja.

De esta manera, en el Anexo 17 se presenta la propuesta de mejora del valor agregado con el número de operarios y los tiempos totales de cada actividad. En la Tabla 14 se presenta un resumen de los tipos de actividades y tiempos del mantenimiento propuesto. Los valores de las columnas se presentan en cantidad de actividades, únicamente la última columna representa el tiempo total del proceso.

Resumen del Análisis del Valor Agregado del Mantenimiento de 10.000 Km						
VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (Min)
25	12	25	1	2	9	31.47

Tabla 14. Resumen Análisis Valor Agregado Mantenimiento 10 Km Propuesto (**Hidalgo y Torres**)

El total de actividades dentro de este mantenimiento es de 37. De las cuales, 25 agregan valor al cliente y 12 agregan valor al negocio. Por otro lado, el total de actividades de operación son de 25 y con un tiempo de 27.19 minutos. Asimismo, se eliminaron las dos actividades de demora y la de inspección que incrementaban el tiempo de proceso total.

El cambio más significativo de este análisis es el tiempo total que toma el proceso: 31.47 minutos, el cual comparado con el tiempo actual de 52.1 minutos

representa una disminución significativa y con ello, se podría entregar el vehículo en hora y media dado los procesos subsecuentes que tiene este tipo de mantenimiento.

A continuación, se calculan los índices de tiempos y actividades que agregan valor al proceso propuesto. Para ello, se tiene que el tiempo total de las 25 actividades del tipo *operaciones* es de aproximadamente 27.19 minutos.

- **Índice de Valor Agregado en Tiempos:**

$$IVA_{(t)} = \frac{\sum \text{Actividades VA tiempo}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{27.19}{31.47} = 0.86 = 86\%$$

- **Índice de Valor Agregado en actividades:**

$$IVA_{(actv)} = \frac{\sum \text{Número Actividades VA}}{\text{Número Actividades}} = \frac{25}{37} = 0.67 = 67\%$$

Con los resultados obtenidos, se observa un gran incremento en los tiempos que agregan valor al mantenimiento de 10.000 Km ya que comparado con la situación actual se tiene un incremento del 77% al 86% y esto se debe a que se eliminaron los tiempos improductivos. Asimismo, en las actividades del mantenimiento se genera un aumento del 61% al 67% ya que se eliminaron las actividades improductivas.

Cabe mencionar, que en la mejora del valor agregado se obtiene un tiempo alto de proceso, 31 min, y esto se debe a que los tiempos de las actividades que se realizan con la ayuda del otro Técnico están basados en la situación actual y estos presentan demoras por ir a recoger herramientas y recorridos cortos dentro de la bahía. Así, se estimo que el máximo tiempo para este mantenimiento es de 25

minutos, sección 5.2, lo cual también se corrobora con los instructivos que se presentan a continuación.

5.3.3. PROPUESTA DE INSTRUCTIVOS PARA MANTENIMIENTOS DE 10.000 KM

Con el análisis del valor agregado de la sección anterior, se crearon instructivos para los mantenimientos limpios de los vehículos con el mayor porcentaje de ingreso al Taller. Esta propuesta de instructivos se la realizó basándose en el análisis de la sección 5.3.3 y del Anexo 17.

Se utilizaron los tiempos de las actividades señaladas en el Anexo 17 para generar la creación de los instructivos, los cuales tienen las actividades a realizarse por Técnico y los tiempos de demora utilizando una escala de tiempo de 5 segundos.

Estos instructivos consideran una división de tareas equitativa y se las realizó para los vehículos XTrail, Sentra, Tiida y Almera ya que la ubicación de las partes y/o las actividades a realizarse varían en cada vehículo.

Esta diferencia se produce ya que los vehículos: XTrail, Tiida Y Almera presenta una tecnología más moderna y con ello, el filtro de combustible no debe cambiarse a los 10.000 Km; mientras que en los Sentra se debe cambiar a los 10.000 Km. Asimismo, únicamente los vehículos Tiida no deben realizar cambio de bujías ya que son de platino y su tiempo de vida útil es hasta los 90.000 Km (Coello). En el CD-ROM adjunto se encuentran los instructivos para los vehículos mencionados.

A continuación, se encuentra una tabla con el resumen de los tiempos obtenidos para el mantenimiento de cada modelo de vehículo ya mencionado.

Tiempo de Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto (minutos)			
Modelo	Técnico 1	Técnico 2	Tiempo Total Mantenimiento
Xtrail	0:19:42	0:19:52	0:19:52
Sentra	0:19:46	0:19:50	0:19:50
Tiida	0:17:55	0:17:57	0:17:57
Almera	0:19:14	0:19:04	0:19:14

Tabla 15. Tiempo de Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto (Hidalgo y Torres)

En la Tabla 15 se mencionan los tiempos que tardan los operarios 1 y 2 en la realización del mantenimiento de 10.000 Km para cada modelo. Cabe mencionar que estos tiempos no consideran los paros realizados por las personas ni otras tolerancias. Así como se menciona en la Sección 2.2.4., es necesario considerar el factor de ritmo de estos Técnicos. Para ello, se ha asumido que estos trabajadores, los cuales han intervenido en el estudio de tiempos que se determina en el instructivo, están capacitados con respecto a la tarea que realizan y tienen un ritmo normal de trabajo.

Esto se debe a que el tiempo de los Técnicos 1 y 2, que consta en la Tabla anterior, consiste en el Tiempo de Reloj que se explica en la sección mencionada con anterioridad. De esta manera, es necesario considerar el factor de ritmo de los operarios. Dado que se ha asumido que son trabajadores capacitados normales el factor de ritmo FR se considera como 1, es decir, el 100%. Por lo que los tiempos normales TN del mantenimiento de 10.000 Km para cada modelo, por la Ecuación 1, quedan de la misma manera que se encuentran en la tabla anterior.

En cuanto a las tolerancias del trabajo, se recomienda apropiado el proporcionar un mínimo entre 9 y 10% de suplemento para necesidades personales y fatiga básica (Niebel y Freivalds , 431). Sin embargo, se ha decidido tomar un porcentaje del 13% que se obtiene de acuerdo a los valores sugeridos siguientes.

Suplemento recomendado por International Labour Office (ILO)	
Suplemento	Valor en (%)
Suplemento personal	5
Suplemento por fatiga básica	4
Suplemento por estar de pie	2
Peso de 15 lb levantado (llantas)	2
	13

Tabla 16. Suplemento recomendado por el ILO (Niebel y Freivalds , 437)

Con ello y utilizando las Ecuaciones 2 y 3, se estima los tiempos estándar que le tomaría a cada uno de los operarios y el tiempo estándar final del Mantenimiento de 10.000 Km que se encuentran en la siguiente tabla. El tiempo total estándar es el tiempo máximo que toma a cualquiera de los dos Técnicos terminar el mantenimiento.

Tiempo de Mantenimiento de 10.000 Km (minutos)							
Modelo	Técnico 1			Técnico 2			Tiempo Total Estándar
	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar	
Xtrail	0:19:42	0:02:34	0:22:16	0:19:52	0:02:35	0:22:27	0:22:27
Sentra	0:19:46	0:02:34	0:22:20	0:19:50	0:02:35	0:22:25	0:22:25
Tiida	0:17:55	0:02:20	0:20:15	0:17:57	0:02:20	0:20:17	0:20:17
Almera	0:19:14	0:02:30	0:21:44	0:19:04	0:19:04	0:02:29	0:21:33

Tabla 17. Tiempo Tipo de Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto (Hidalgo y Torres)

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE MERCADO Y ECONÓMICO DEL SERVICIO EXPRESS

A continuación, se presenta un análisis de mercado y de viabilidad económica para la propuesta presentada.

6.1. ANÁLISIS DE MERCADO PARA EL SERVICIO EXPRESS

Para evaluar la factibilidad de este proyecto se procedió a realizar una encuesta sobre el Servicio Express a los clientes del Taller “Granados” que iban a ingresar o a retirar su vehículo de mantenimiento. Se realizó esta encuesta con la finalidad de tener una perspectiva sobre la opinión frente a esta propuesta de quienes serían los potenciales clientes del Servicio Express. Por restricciones de la empresa, se nos permitió realizar únicamente encuestas a 30 personas debido a que el departamento de Mercadeo afirma que los clientes NISSAN han estado sujetos a una serie de encuestas en busca de feedback para la empresa. Esta encuesta se realizó durante la semana del 20 al 23 de junio en la mañana y la tarde.

Para la elaboración de la encuesta se incluyó un screening inicial con el objetivo de obtener la opinión únicamente de aquellos clientes que son parte de nuestro estudio. Así, para este filtro se tomó en cuenta ciertas características que debía poseer el cliente de interés como: la razón de ingreso, la marca y el Taller donde es atendido el vehículo. Es decir, el cliente debe poseer un vehículo NISSAN al cual lo ingrese al Taller “Granados” por mantenimiento preventivo y no únicamente cuando requiera alguna reparación. A continuación, se realizaron nueve preguntas que se analizarán a continuación. De esta manera, el formato de encuesta y sus resultados se encuentran en el Anexo 18 y Anexo 19, respectivamente.

En la primera pregunta se interrogó sobre el género de la persona con el fin de comprender en qué porcentaje de mujeres y hombres estuvo conformada la muestra. Al analizar la gráfica siguiente, se tiene que un 87% de hombres y un 13% de mujeres formaron parte del estudio.

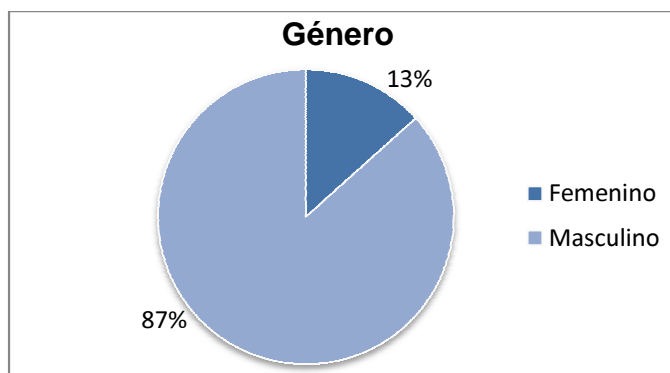


Ilustración 67. Porcentaje de Hombres y Mujeres del Estudio. (Hidalgo y Torres)

A continuación, se preguntó acerca del modelo de vehículo NISSAN que posee. Entre los resultados más importantes se obtuvo que de los encuestados el 27% posee Tiida, 33% Xtrail y un 17% Sentra. Con esto, se determina que aproximadamente el 80% de los encuestados poseen los vehículos de mayor ingreso en el Taller como se analizó en la sección 4.1.1.

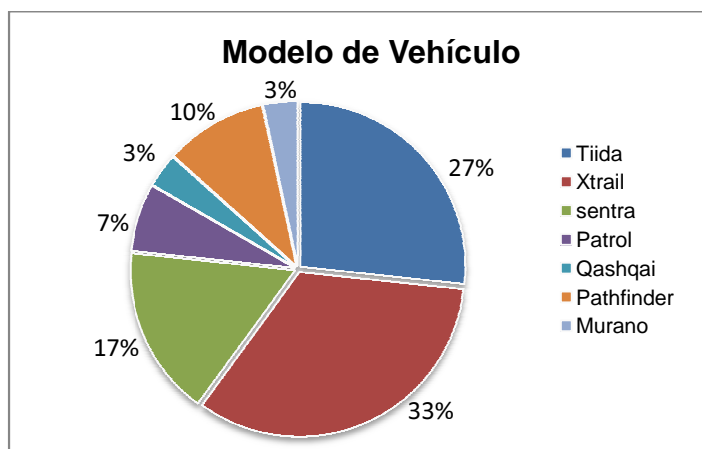


Ilustración 68. Porcentaje de Modelos de vehículos. (Hidalgo y Torres)

Con respecto al año del vehículo, el 80% de la muestra estuvo conformada por clientes que poseían vehículos del año 2007 en adelante. Cabe mencionar que el 50% del total de encuestados tienen vehículo del año 2010 ó 2011.

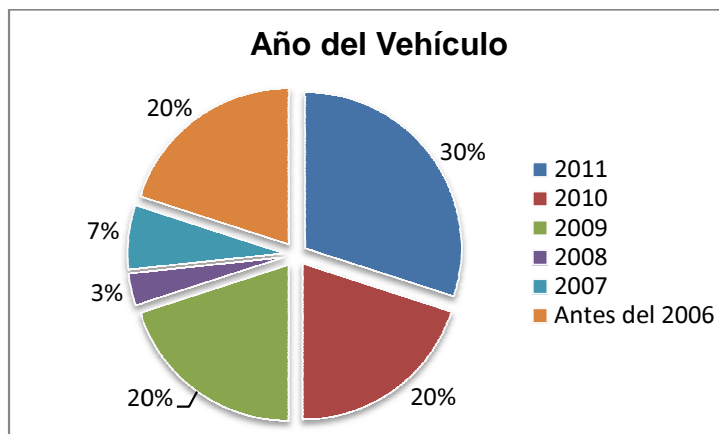


Ilustración 69. Porcentaje de los años de los vehículos. (Hidalgo y Torres)

La cuarta pregunta hace referencia a la frecuencia de ingreso del vehículo a mantenimiento de rutina. Los resultados obtenidos indican que el 90% de los encuestados llevan su auto al Taller cada 5.000 Km. Además, se analizó que el 10% restante que respondió cada 10.000 Km u otro, corresponde a clientes con vehículos del 2007 y 2002. Es decir, esto indicaría que los autos nuevos son llevados con mayor frecuencia al mantenimiento preventivo que aquellos que ya tienen más años.

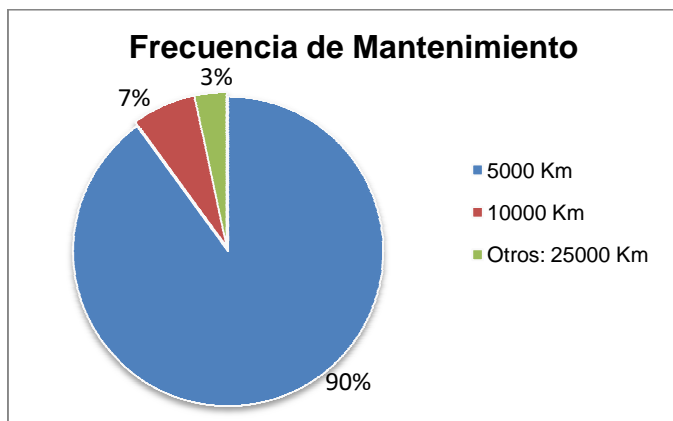


Ilustración 70. Frecuencia de ingreso del vehículo a Mantenimiento. (Hidalgo y Torres)

En la quinta pregunta se interrogó sobre la razón de preferencia por un taller autorizado. Entre los resultados que se muestran en la gráfica a continuación se tiene que lo prefieren en un 40% por garantía, 29% por calidad y un 11% por el precio. Se debe mencionar que el tiempo de entrega apenas alcanzó un 4%.

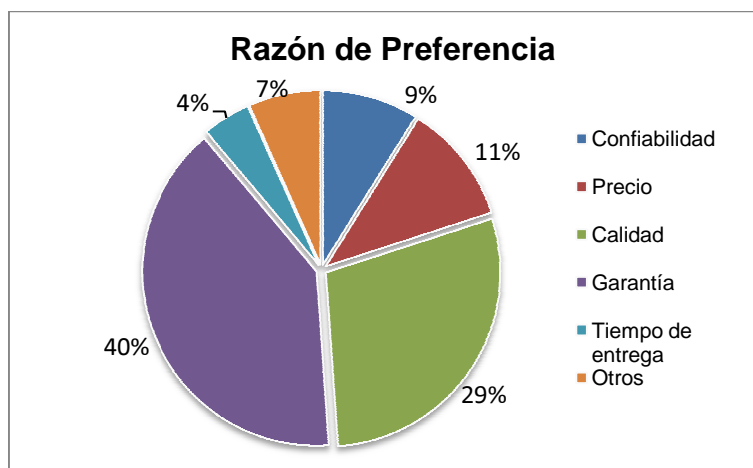


Ilustración 71. Razón de preferencia de un Centro Autorizado. (Hidalgo y Torres)

Al preguntar sobre la disposición de ingresar su vehículo al Servicio Express, descrito como un servicio para mantenimientos de 5.000 Km y 10.000 Km a través del cual el automotor sería entregado luego de una hora u hora y media mientras el cliente espera por éste, se tiene una aceptación mayoritaria del 93% a la propuesta. Esto se presenta en la siguiente ilustración.

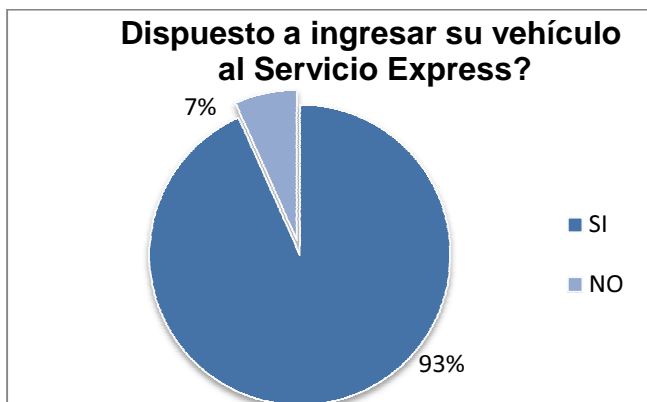


Ilustración 72. Disposición a ingresar el vehículo al Servicio Express. (Hidalgo y Torres)

Con lo anterior, se concluye que la mayoría de los clientes que asisten al Taller estarían dispuestos a ingresar su vehículo al Servicio Express para mantenimientos limpios de cada 5.000 Km y 10.000 Km. Las personas que contestaron negativamente a esta pregunta mencionaron que no ingresarían su vehículo debido a que este es empresarial y debido a que su empresa posee varios autos, para ellos no es vital el tiempo de entrega.

Asimismo, se preguntó sobre el horario en el que se quisiera que esté disponible el Servicio Express. Como se puede apreciar en la gráfica a continuación, se tiene que el 83% de los encuestados prefieren que esté disponible en la mañana, es decir, de 6:45 am a 13:00 pm.

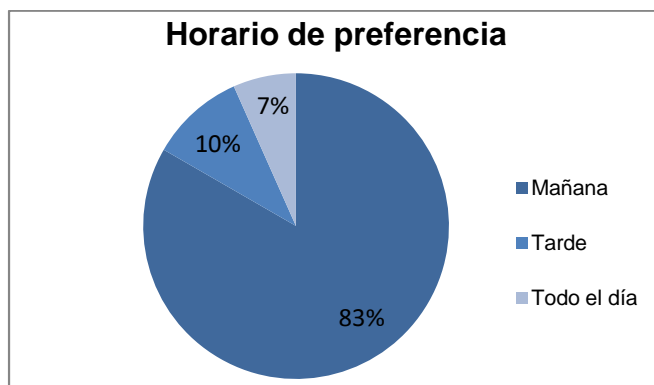


Ilustración 73. Horario de preferencia para el Servicio Express. (Hidalgo y Torres)

Con respecto a los días que se preferiría que el Servicio Express atienda se tiene que al 50% le interesa que esté disponible únicamente de Lunes a Viernes mientras que a otro 47% le gustaría que lo esté los días Sábados. Dado que estos dos porcentajes son muy cercanos se debe realizar un estudio más profundo de la demanda que se pueda tener esos días. Sin embargo, de forma preliminar, sería beneficioso que el Servicio Express opere de Lunes a Sábado.



Ilustración 74. Días de preferencia para el Servicio Express. (Hidalgo y Torres)

Finalmente, se interrogó acerca del medio de entretenimiento que preferiría tener durante la espera del vehículo. Se observa porcentajes variados pero los más predominantes son en un 33% TV/Cable, en un 31% revistas y en un 24% WI-FI. Esto da una idea de las opciones que se pueden ofrecer al cliente mientras se realiza el mantenimiento del vehículo.

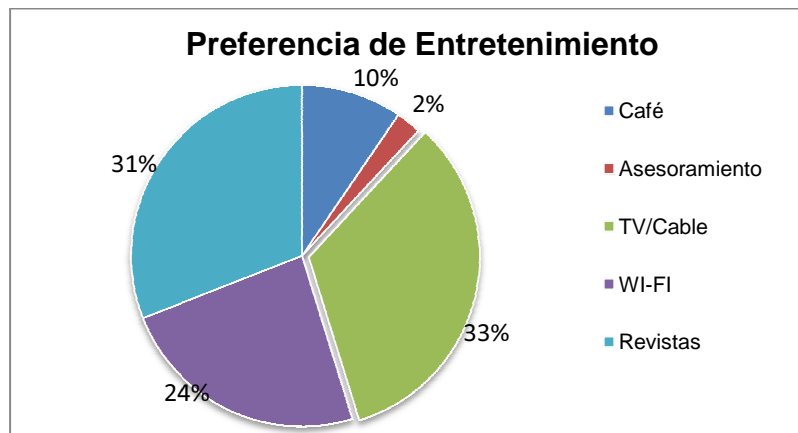


Ilustración 75. Preferencia de Entretenimiento. (Hidalgo y Torres)

En general, con esta pequeña encuesta se puede apreciar que el Servicio Express puede ser factible debido a que existe aceptación por parte de los clientes. Es importante considerar cada una de las observaciones que se han realizado en las preguntas anteriores.

6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SERVICIO EXPRESS

A continuación, se ha desarrollado un análisis financiero para la evaluación de la viabilidad económica de este proyecto. Por términos de confidencialidad de TallerAuto S.A., se presentan los cálculos y sus resultados de manera resumida. Sin embargo, para la veracidad de estos datos se ha realizado una validación previa de los mismos por el Ing. Juan Manuel Méndez, Gerente de Servicio, TallerAuto S.A.

6.2.1. COSTOS INICIALES DEL PROYECTO

Los costos iniciales del proyecto son aquellos en los que se va incurrir únicamente en el mes 0 del proyecto. Estos costos incluyen rubros de adecuación de las dos bahías de trabajo dentro del Taller, de provisión de herramientas de trabajo a los Técnicos de Servicio y para la campaña publicitaria del proyecto en medios como periódicos y radios locales. Se ha descartado la propaganda en televisión ya que en una consulta al Jefe Nacional de Servicio, éste mencionó que la televisión no es un medio idóneo para publicitar servicios de Talleres de Mantenimiento. Es importante mencionar que este Servicio será ofrecido por el personal de Call Center a aquellos clientes que llaman a acordar una cita lo cual constituye otra manera de ofertarlo. A continuación, se encuentran los costos considerados.

Herramientas	Campaña Publicitaria	Adecuación Bahía*
\$ 1.200,00	\$ 35.000,00	\$ 10.500,00

Tabla 18. Costos Iniciales (Hidalgo y Torres)

Adicionalmente, a estos costos se ha tomado en cuenta un 15 % adicional para cubrir cualquier imprevisto. Así, este proyecto implica una inversión inicial de \$ 53.705,00.

6.2.2. COSTOS RECURRENTE DEL PROYECTO

Para la estimación de los costos mensuales se han considerado aspectos como salarios del personal adicional que se requeriría, el arriendo del espacio que ocupan las bahías productivas y, el mantenimiento y limpieza de las mismas. Este valor mensual asciende a \$ 5.856,50.

6.2.3. INGRESOS MENSUALES DEL PROYECTO

Para estimar estos valores, se ha considerado el volumen de ingreso de vehículos de 5.000 Km y de 10.000 Km que serían atendidos diariamente en el Servicio Express de acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación. Adicionalmente, se ha considerado los ingresos por mano de obra y repuestos que implica cada uno de estos mantenimientos, considerando el modelo de vehículo de acuerdo a su proporción de ingreso al Taller durante el año 2010. Considerando todas las variables antes mencionadas, se obtuvo que los ingresos mensuales a Taller por repuestos serían de alrededor de \$ 7.775,62 y por mano de obra de \$ 38.112,34. Esto da un total de ingreso mensual de \$ 45.887,96.

6.2.4. ANALISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Por lo anterior, se determina que la ganancia mensual sería de \$ 40.031,45. Para la evaluación de la viabilidad financiera del Servicio Express, se ha considerado la inversión inicial, la ganancia mensual en un flujo de caja a 60 meses y una TMAR del 12%. Esta tasa mínima de rendimiento es fijada por TallerAuto S.A. para la evaluación de proyectos. Bajo estas consideraciones, se obtuvo el valor presente neto (VAN) que se encuentra en la tabla a continuación.

VIABILIDAD ECONÓMICA	
VAN	TMAR
\$279.518,80	12%

Tabla 19. Viabilidad Económica de la Propuesta (**Hidalgo y Torres**)

A partir de estos resultados, se determina que el presente proyecto sobre el desarrollo del Servicio Express NISSAN para el Taller “Granados” es viable debido a que el VAN obtenido es mayor a 0.

Adicionalmente, se comparará el VAN resultante de esta propuesta con la ganancia generada por mantenimientos de cada 5.000 Km y de 10.000 Km que ingresan al Taller en la actualidad. De esta manera, para el mantenimiento de cada 5.000 Km, con los datos de las dos primeras semanas de mayo, se determinó que el promedio de ingresos es 12 y para el mantenimiento de 10.000 Km, con datos de Julio, Octubre, Diciembre (Meses del 2010 con mayor ingreso de vehículos) y durante el 3 al 13 de Mayo 2011, el promedio es 7 unidades.

Para este análisis financiero de la situación actual, no se considera inversión inicial y se ha tomado en cuenta los costos mensuales debidos a salarios del personal que se encuentra contratado, el arriendo del espacio que ocupan las bahías productivas y, el mantenimiento y limpieza de las mismas. Este valor mensual asciende a \$ 5.318,35. De igual manera, se consideran los ingresos mensuales por repuestos, que asciende a \$3.631,01 y por mano de obra que corresponde a \$ 17.008,89. Considerando estos valores en un flujo de caja a 60 meses se tiene un VAN de \$127.537,29 con una TMAR de 12%, fijada por la empresa.

ANÁLISIS FINANCIERO ACTUAL	
VAN	TMAR
\$127.537,29	12%

Tabla 20. Análisis Financiero Actual (Hidalgo y Torres)

Al comparar el VAN del proyecto con el VAN obtenido de la situación actual, se concluye que esta propuesta casi duplica este valor. Y por tanto, se establece que el Servicio Express para NISSAN en el Taller Granados es viable económicamente.

Sin embargo, se realizará un análisis adicional considerando la TIR como se menciona en la Sección 2.6.2. Para ello se realiza un flujo incremental entre ambas alternativas, es decir, se resta el flujo de efectivo correspondiente a la situación actual del flujo de efectivo de la alternativa del Servicio Express, por ser aquella que tiene mayor monto de inversión. A partir de este flujo se calcula una TIR y se compara frente a la TMAR fijada por la empresa, 12%. En la tabla a continuación, se resumen los resultados obtenidos. Dado que la TIR es superior que la TMAR se puede concluir que el proyecto del Servicio Express es viable.

TIR	TMAR
46%	12%

Tabla 21. Análisis Incremental entre ambos escenarios (Hidalgo y Torres)

Por tanto, realizando ambos métodos: Valor Presente Neto y Análisis Incremental, se determina que el Servicio Express en el Taller “Granados” es viable económicamente. Adicionalmente, es mejor propuesta frente a la opción de mantenerse como en la situación actual.

6.2.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

Asimismo, para evaluar la viabilidad de este proyecto se ha analizado su sensibilidad frente a un aumento de la inversión inicial.

Al estudiar los costos en el mes 0 de este proyecto, se determinó que la variable más crítica es el valor destinado a la campaña publicitaria. Así, se realizó el mismo análisis anterior tomando en cuenta un costo de \$60.000 para propaganda del Servicio Express. Este monto es recomendado por el Coordinador de Mercadeo como un valor máximo que se tendría como egreso para una campaña a nivel local de este servicio (Obregón). De esta manera, se tiene que la inversión inicial asciende a \$82.455,00.

Con este costo inicial y las ganancias (diferencia entre ingresos y egresos) determinados anteriormente para la propuesta, se obtuvo un VAN de \$250.768,80 con una TIR de 49%. Posteriormente, al realizar un análisis con flujo incremental entre la propuesta y la situación actual para calcular la TIR se alcanzó un valor del 30% frente a una TMAR del 12%. Por lo tanto, se puede concluir que este proyecto continúa siendo rentable aún si aumenta la inversión inicial.

CAPITULO VII

7.1. CONCLUSIONES

- Del análisis realizado de la situación actual del Taller, se concluye que los vehículos de mantenimientos limpios de 5.000 Km y 10.000 Km permanecen en el sistema 2.3 horas y 3.1 horas, respectivamente. Por lo tanto, estos vehículos no pueden ofrecerse en el tiempo de una hora u hora y media por las características de operación existentes.
- El mantenimiento de 5.000 Km, aún cuando tiene tiempos de mantenimiento alrededor de los 15 minutos, no sale del sistema en una hora debido a que los procesos relacionados con la limpieza del vehículo constituyen un cuello de botella en el flujo del Taller.
- Para los vehículos de 10.000 Km, únicamente el mantenimiento toma alrededor de 48 minutos en promedio. Además de esto, es necesario considerar que este vehículo debe pasar por los procesos de alineación y control de calidad, que toman alrededor de 11 y 19 minutos, y finalmente, por el proceso de limpieza. Con todo esto, el vehículo que ingresa a mantenimiento de 10.000 Km no podrá ofrecerse en una hora y media por lo que es necesario la mejora de éste para proponer el Servicio Express.
- Los procesos de Alineación y Control de Calidad para el mantenimiento de 10.000 Km presentan un compartimiento aceptable actualmente. La cantidad y tiempo de espera para estos procesos son razonables y no interferirían con el Servicio Express. Alineación presenta un máximo de vehículos en cola de 0.06

con un tiempo en promedio de 3 minutos. Mientras que Control de Calidad no mantiene ni un vehículo en cola.

- El Taller “Granados” presenta una ubicación de su área de limpieza que dificulta el flujo y tiempo de entrega de los vehículos. El proceso de limpieza al ubicarse en un extremo posterior del taller y de espacio reducido restringe el desarrollo normal del lavado, secado y aspirado.
- Entre los factores críticos para que el tiempo de los mantenimientos sea excesivo se encuentran la falta de herramientas adecuadas y el tiempo perdido por retirar repuestos. Actualmente, estos representan el 14% del tiempo en el servicio de 5.000 Km y el 10% en el de 10.000 Km.
- Con el modelo propuesto, se obtiene que un vehículo de 5.000 Km se puede entregar en un promedio de 40 minutos y uno de 10.000 Km en 61 minutos. Por lo que en el Servicio Express se puede ofrecer en una hora, los mantenimientos de 5.000 Km, y en una hora y media, los mantenimientos de 10.000 Km. Cabe recalcar que en este Servicio se realizan los mismos procesos y actividades que en los mantenimientos actuales.
- Según el modelo propuesto y la simulación realizada se espera obtener un número total de ingresos diarios al Taller de 24 vehículos de 5.000 Km y de 16 vehículos para los de 10.000 Km. Con ello, se puede estimar la carga de trabajo para cada personal involucrado en el Servicio Express.
- Para que el mantenimiento de 10.000 Km forme parte del Servicio Express, es necesario que sea realizado por dos técnicos al mismo tiempo con lo que se

obtiene un menor tiempo de procesamiento del vehículo y un mayor volumen de vehículos atendidos.

- Para que el Servicio Express se asemeje al modelo propuesto, se debe modificar el proceso de limpieza. Esto consiste en asignar dos personas para que laven el vehículo al mismo tiempo. De igual manera, se requieren dos personas para el secado y una que realice el aspirado.
- El Servicio Express propuesto permitirá al Taller generar mayor capacidad para poder atender un número mayor de vehículos por día. Esto se debe a que estas entidades analizadas permanecerán en el sistema desde una hora hasta hora y media.
- A través de un análisis financiero, se ha determinado que el Servicio Express propuesto es viable económicamente al obtener un VAN de \$249.570,36 superior al VAN actual de \$127.537,29. Asimismo, la TIR obtenida es de 75% que comparada con una TMAR de 12%, confirma la viabilidad del proyecto.

7.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario proveer de la herramienta y el equipo necesario a los Técnicos de Servicio tal que puedan desempeñar sus funciones sin perder tiempo por ir a buscarla o pedir prestada.
- En un Servicio Express, los Técnicos no pueden tener tiempo improductivos por lo que se recomienda que los repuestos que van a utilizar en el mantenimiento de un vehículo se encuentren listos en su bahía de trabajo. Para ello, es necesario que se disponga de una persona únicamente encargada de trasladar los repuestos a cada estación Express.

- Para el mantenimiento de 10.000 Km, se han propuesto instructivos a seguir de acuerdo a cada modelo. Esto se debe a que, a pesar de que, se realizan las mismas actividades hay variaciones de ubicación y en diseño de las piezas en cada uno de estos.
- El Servicio Express requiere de un cambio en la cultura del Taller ya que deben realizar los mantenimientos estudiados en el tiempo determinado y respetando las actividades a realizar.
- El proceso de limpieza debe ubicarse a la salida del Taller con lo cual facilitaría el flujo interno de los vehículos y se reduciría los tiempos de proceso, tiempos en espera y número de vehículos en cola. Adicionalmente, se recomienda que el proceso de limpieza sea en línea tal que el vehículo solamente avance por las distintas etapas de este proceso.
- El estudio realizado para la propuesta de Servicio Express no considera el tiempo de recepción y diagnóstico del vehículo, sino desde el momento que el vehículo ingresa al Taller. Mientras que la Entrega del vehículo se considera como un proceso paralelo a la finalización del Servicio Express.
- Es necesario recalcar que las bahías de trabajo de Servicio Express son dedicadas exclusivamente para este servicio. Por tanto, no podrán ser utilizadas para realizar mantenimiento a otros vehículos durante el horario de funcionamiento de este servicio.
- Se requiere establecer un sistema de prioridades en el cual el vehículo que ingresa en el Servicio Express debe tener preferencia frente a otros vehículos en los procesos siguientes como alineación, control de calidad y limpieza.

- El Servicio Express debe operarse únicamente a través de citas previas. De esta manera, se puede manejar la demanda y no crear colas para este servicio. En el modelo de simulación, se consideró que para los mantenimientos de 5.000 Km se puede llegar a hacer citas cada 20 minutos y para los de 10.000 Km cada 30 minutos.
- Es importante tomar en cuenta que el tamaño de las bahías de trabajo y el procedimiento que se lleve a cabo en el Servicio Express siga las normas determinadas en el AS-DOS que determina NISSAN.
- Posterior a este estudio, es necesario que TallerAuto S.A. realice un estudio de mercado para determinar la demanda que el Servicio Express tendría tal que se asignen más bahías dedicadas a esto.

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. EL SECTOR EN CIFRAS 2008. 2008. 2 de Febrero de 2011
<http://www.aeade.net/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=44>.
- Araujo, Diego. B.S.Ingeniería Mecánica Beatriz Hidalgo y Verónica Torres. Julio de 2011.
- AYASA- TALLERAUTO S.A. Manual del Trabajador. Ecuador, 2010.
- AYASA, Automotores y Anexos. Informe de Resultados de Mercado Ecuador. Quito, 2010.
- Banks, Jerry, y otros. Discrete-Event System Simulation. USA: PEARSON Prentice Hall, 2005.
- Black, Temple y Steve Hunter. Lean Manufacturing Systems and Cell Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 2003.
- Blank, Leland y Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. México, D.F.: McGrawHill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V., 2006.
- Calidad, Personal de Control de. Tiempo Control de Calidad 5.000 Km Junio de 2011.
- Campos, Jose Luis. El Ticus. 10 de Diciembre de 2010
<<http://www.elticus.com/?contenido=19>>.
- Chevrolet. Servicios Chevy Express: mantenimiento puntual para tu Chevrolet. 2 de Febrero de 2011 <<http://www.chevrolet.com.ec/Posventa/chevy-express/actividades-puntuales.html> >.
- Cisneros, Patricio. Presentación Estudio de Métodos: Análisis de Procesos. Quito, Septiembre-Diciembre de 2008.
- Coeficiente de correlación. Universidad Nacional de Colombia. 02 de Junio de 2011
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/coeficiente_correlacion.html>.

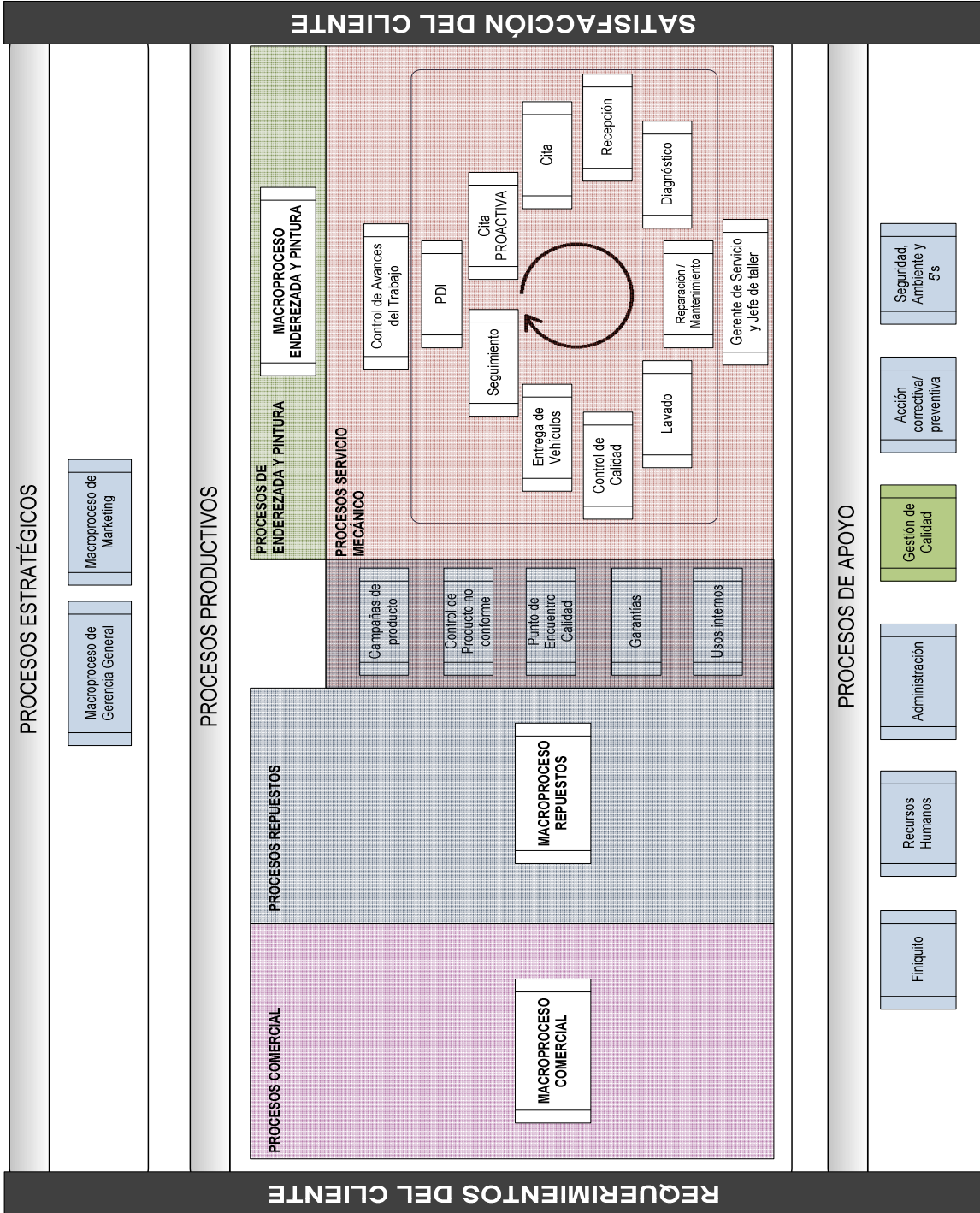
- Coello, Efreñ. Jefe Nacional de Capacitación y Formación Tecnológica Beatriz Hidalgo y Verónica Torres. 15 de Junio de 2011.
- «Conceptos de Planeación de Instalaciones.» Catarina UDLAP. 23 de Octubre de 2010 <http://catarina.udlap.mx/u_dl-a/tales/documentos/lmnf/chow_d_m/capitulo3.pdf>.
- «Diagrama de Flujo. Fundibeq.» Fundibeq. 16 de Marzo de 2011 <www.fundibeq.org>.
- DMS. Reporte 67: Mantenimientos Vehículos AYASA. Quito, 28 de Enero de 2010.
- Flor, Carlos. Jefe Nacional de Gestión de Calidad. Entrevista 4. Quito, 21 de Enero de 2011.
- «Gestión de Procesos. Fundibeq.» Fundibeq. 17 de Marzo de 2011 <www.fundibeq.org>.
- Gineth, S & Mosquera, S. Toma de Tiempos: Metodología para Toma de Tiempos. Bogotá, 2009.
- González, Andrés. Master Kaizen. Entrevista 1 Quito, 9 de Septiembre de 2010.
- González, Andrés. Master Kaizen. Entrevista 2 2 de Febrero de 2011.
- Grabaciones Area Limpieza Vehículos. Int. TallerAuto Granados. 2011.
- Guasch, Antonio y otros. Modelado y Simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Barcelona: Ediciones UPC, 2003.
- Hidalgo, Beatriz y Verónica Torres. 2011.
- —. 2011.
- —. Adaptación Cadena de Valor AYASA. Quito, 2011.
- —. «Análisis OWA.» 2011.
- —. Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos. Quito, 2010.
- —. «Recolección de Datos.» 2011.
- Hobbs, Dennis. Lean Manufacturing Implementation. A complete Execution Manual For Any Size Manufacturer. . J. Ross Publishing, 2004.

- Indicadores TallerAuto S.A. Quito, 2009.
- López, Carlos. El estudio de Tiempos y Movimientos. GestioPolis.com. 23 de Octubre de 2010
<<http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/no%2010/tiemposymovimientos.htm>>.
- Manual del Trabajador. Automotores y Anexos S.A. Quito: Recursos Humanos, 2010.
- Merchán, Daniel. Profesor Universidad San Francisco de Quito Beatriz Hidalgo y Verónica Torres. 04 de Julio de 2011.
- Meyers, Fred. Estudio de Tiempos y Movimientos. Mexico: Pearson Education, 2000.
- Montgomery, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa Wiley, s.f.
- —. Probabilidad y Estadística. Mexico: Limusa Wiley, 2007.
- Mora, James. Truncamiento. Enero de 2002. 19 de Julio de 2011
<<http://www.scribd.com/doc/58768837/52/Truncamiento>>.
- Niebel, Benjamin y Andris Freivalds. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Alfaomega, 2007.
- NISSAN Mexicana, S.A. de C.V. «NISSAN Standard de Operación de Servicio NSOS.» Marzo de 1999.
- Obregón, Luis. Coordinador de Mercadeo. Entrevista 3. 28 de Enero de 2011.
- Oñate, Luis. Lavador Beatriz Hidalgo y Verónica Torres. Junio de 2011.
- Slideboom. Diagrama del Flujo de Proceso. 6 de Diciembre de 2010
<<http://www.slideboom.com/presentations/58117> >.
- Stevenson, W. Operations Management. New York: McGraw Hill, 2007.
- Talleres de Servicio. Toyota Ecuador. 4 de Febrero de 2011
<http://www.toyota.com.ec/RESPALDO/TALLERES_DE_SERVICIO/home_334.html>.
- Tecnológico de Monterrey. «AS-DOS.» México: Tecnológico de Monterrey.
- Tompkins, James, John White y Otros. Planeación de Instalaciones. México: Thomson, 2006.

- Universidad Nacional de Colombia. 02 de Junio de 2011
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/coeficiente_correlacion.html>.
- Vorne Industries, Inc. «Takt Time.» 2009. Lean Brief. 20 de Abril de 2011
<<http://www.vorne.com/PDF/lean-brief-takt-time.pdf>>.

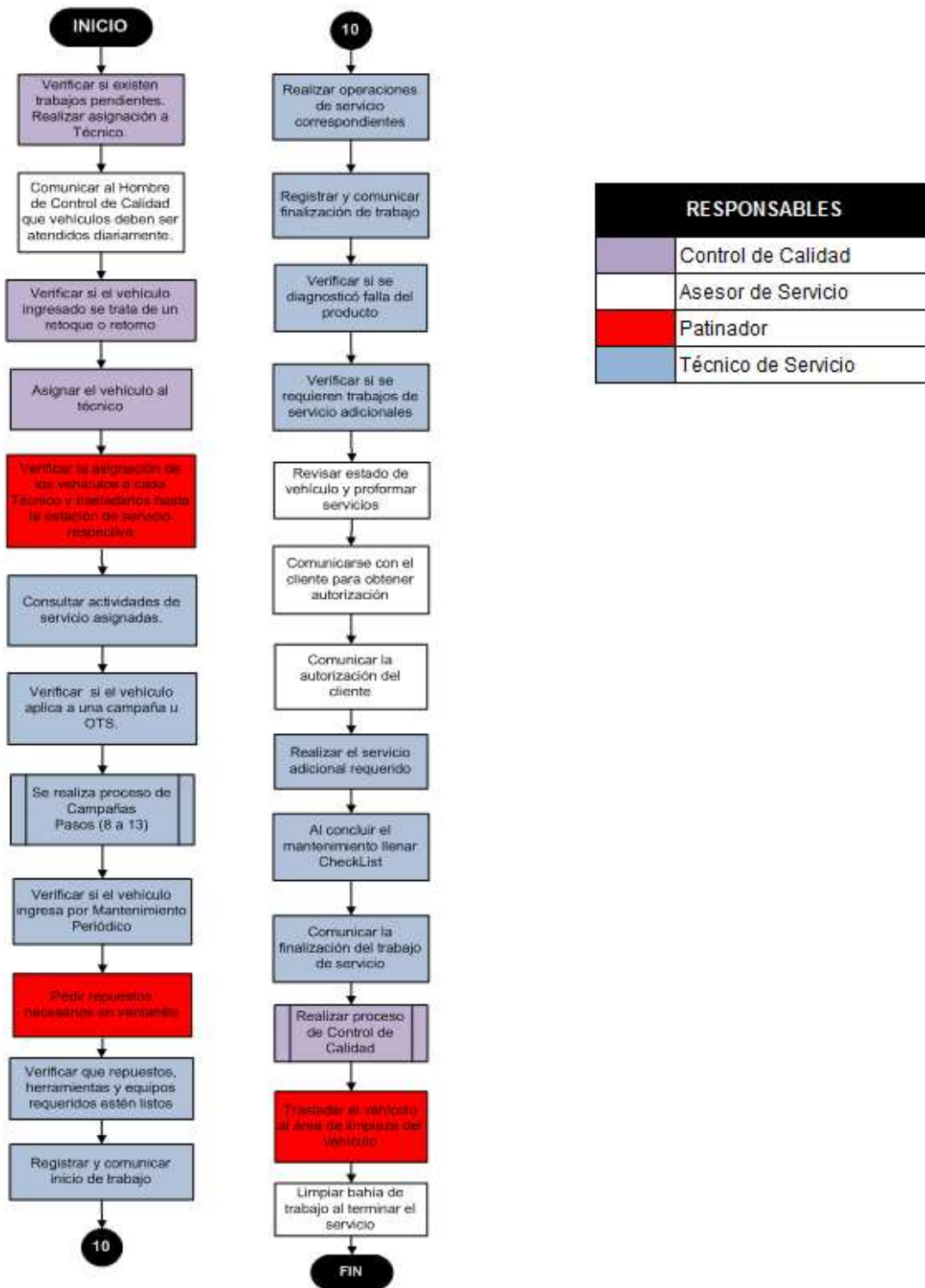
ANEXOS

ANEXO 1. CADENA DE VALOR AYASA - TALLERAUTO



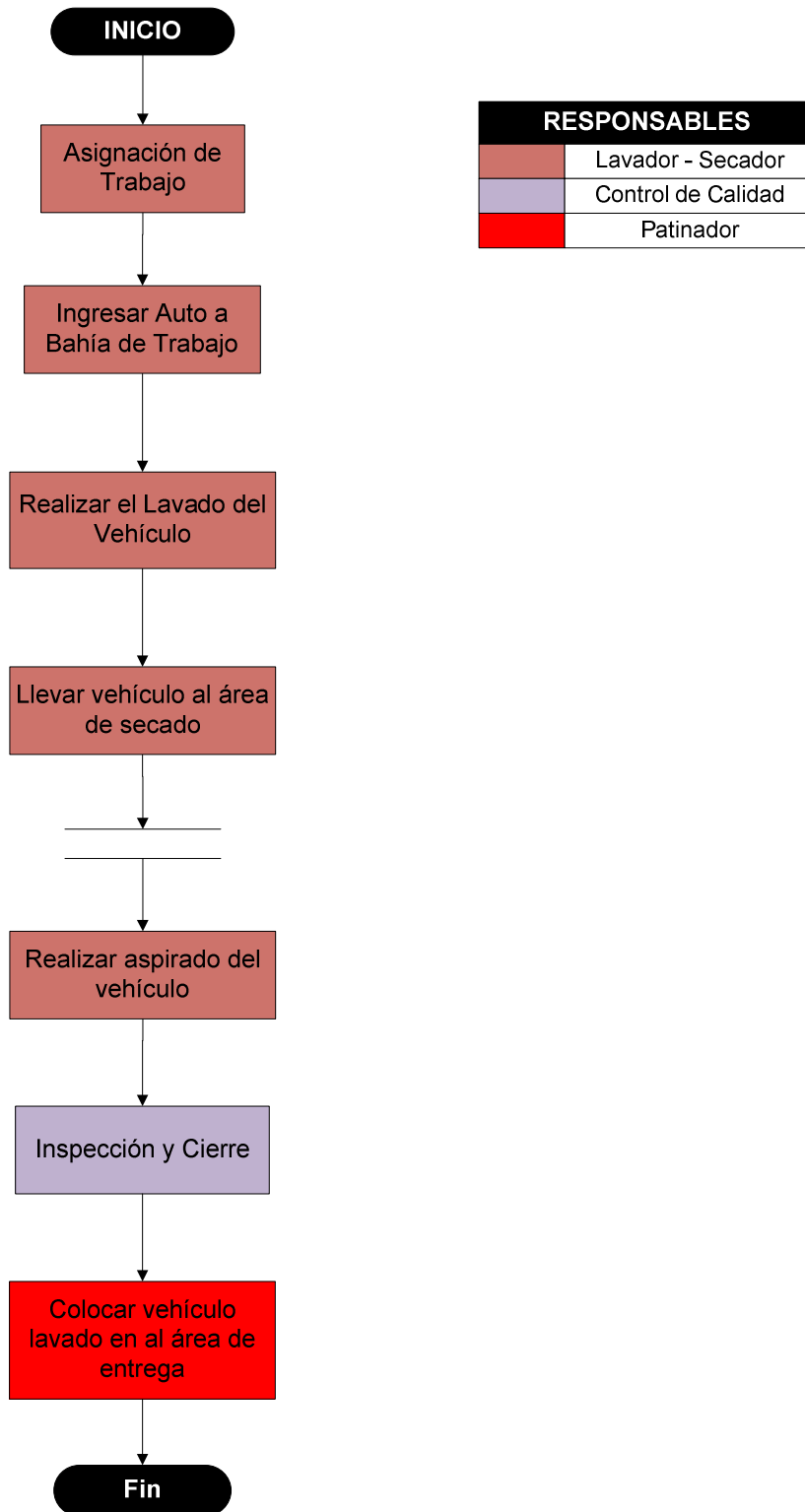
(Hidalgo y Torres, Adaptación Cadena de Valor AYASA)

ANEXO 2. PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN



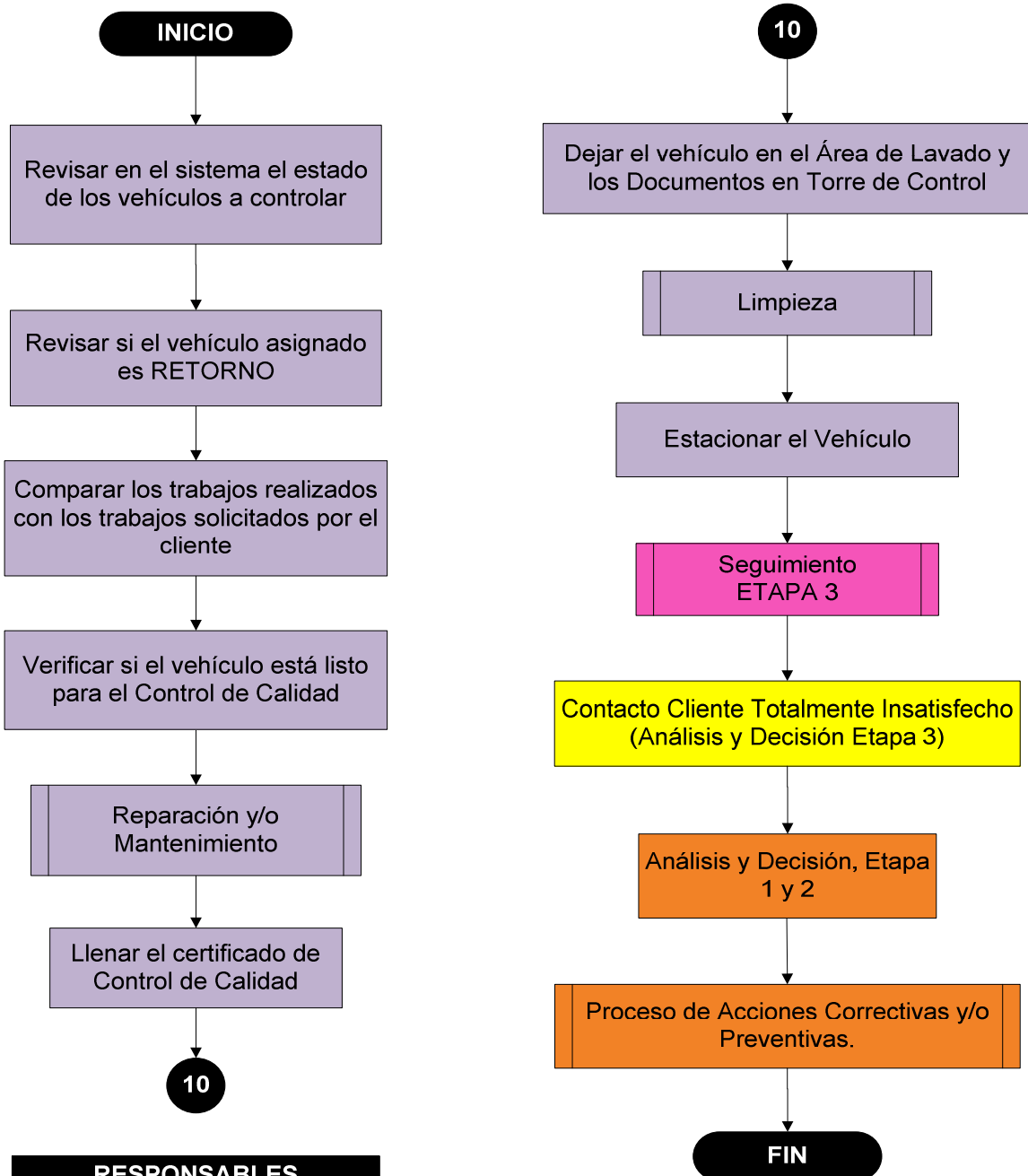
(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

ANEXO 3. PROCESO DE LIMPIEZA DE VEHÍCULOS



(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

ANEXO 4. PROCESO CONTROL DE CALIDAD



RESPONSABLES	
	Control de Calidad
	Jefe de Servicio
	Encargado de Citas
	Master Kaizen

(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

ANEXO 5. PROCESO DE ENTREGA DE VEHÍCULOS



(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

ANEXO 6. TAMAÑOS DE MUESTRA

a. Datos del proceso de Mantenimiento cada 5.000 Km

Mantenimiento cada 5.000 Km														
#	Tiempo (min)	Modelo	#	Tiempo (min)	Modelo	#	Tiempo (min)	Modelo	#	Tiempo (min)	Modelo	#	Tiempo (min)	Modelo
1	21,52	Xtrail	6	16,02	Sentra	11	12,75	Tiida	16	11,18	Sentra	21	19,88	Xtrail
2	34,93	Tiida	7	16,80	Xtrail	12	16,15	Sentra	17	22,53	Sentra	22	18,20	Frontier
3	21,88	Sentra	8	26,70	Sentra	13	18,97	Xtrail	18	20,33	Frontier	23	30,32	Frontier
4	25,93	Xtrail	9	20,57	Sentra	14	21,20	Xtrail	19	20,02	Tiida	24	17,03	Tiida
5	22,98	Xtrail	10	13,68	Xtrail	15	16,78	Tiida	20	18,03	Xtrail	25	19,13	Sentra

b. Datos del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km

MANTENIMIENTO 10.000 Km												
#	Tiempo (min)	Modelo	Técnico	#	Tiempo (min)	Modelo	Técnico	#	Tiempo (min)	Modelo	Técnico	
1	44,90	Patrol	Misael	11	60,78	Frontier	Misael	21	53,88	Tiida	Misael	
2	36,03	Sentra	Fernando	12	49,17	Almera	Jhony	22	53,25	Frontier	Misael	
3	35,75	Sentra	Fernando	13	56,90	Sentra	Fernando	23	51,43	Sentra	Fernando	
4	54,72	Xtrail	Jhony	14	58,47	Almera	Fernando	24	43,05	Frontier	Fernando	
5	42,50	Tiida	Fernando	15	38,80	Tiida	Fernando	25	56,67	Frontier	Jhony	
6	48,28	Xtrail	Jhony	16	50,18	Almera	Misael					
7	58,33	Frontier	Jhony	17	46,25	Tiida	Fernando					
8	51,93	Patrol	Misael	18	34,80	Tiida	Fernando					
9	54,07	Frontier	Jhony	19	58,90	Xtrail	Jhony					
10	36,32	Sentra	Jhony	20	46,33	Xtrail	Fernando					

c. Datos del proceso de Control de Calidad Dinámico

#	Fecha	Mant.	Ruta	Tiempo (min)
1	01-feb-11	50	1	6
2	02-feb-11	30	1	10
3	03-feb-11	50	1	10
4	04-feb-11	10	1	14
5	04-feb-11	30	1	11
6	08-feb-11	50	1	14
7	09-feb-11	50	1	9
8	09-feb-11	70	1	13
9	10-feb-11	30	1	12
10	25-feb-11	10	1	8
11	01-mar-11	10	1	15
12	01-mar-11	30	1	10
13	02-mar-11	70	1	9
14	03-mar-11	10	1	7
15	04-mar-11	30	1	12
16	11-mar-11	50	1	12
17	13-mar-11	10	2	16
18	16-mar-11	10	2	8
19	18-mar-11	10	1	15
20	18-mar-11	50	1	11
21	18-mar-11	30	1	12
22	21-mar-11	50	1	11
23	21-mar-11	10	1	16
24	22-mar-11	70	1	12
25	29-mar-11	10	2	12

d. Datos del proceso de Limpieza del vehículo

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
521	460	506	466	414	507	578	538	532	578	512	599	6211

PROMEDIO	VARIANZA POBLACIONAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
517,58	2629,08	51,27

e. Datos del proceso de Entre arribos al proceso de Limpieza

	#	Modelo	Minutos		#	Modelo	Minutos		#	Modelo	Minutos		#	Modelo	Minutos
Lunes 18	1	Xtrail	16,18	Lunes 18	32	Tiida	9,00	Miércoles 20	63	Navara	14,63	Viernes 22	94	Almera	2,18
	2	Frontier	5,28		33	Sentra	6,00		64	Patrol	22,88		95	Navara	41,57
	3	Sentra	19,13		34	Xtrail	32,00		65	Xtrail	6,02		96	Sentra	31,97
	4	Xtrail	49,95		35	Navara	3,00		66	Frontier	18,63		97	Megane	18,07
	5	Logan	48,45		36	Logan	3,00		67	Sandero	8,40		98	Xtrail	6,30
	6	Murano	26,25		37	Almera	5,00		68	Frontier	1,17		99	Frontier	8,67
	7	Xtrail	0,30		38	Pathfinder	6,00		69	Tiida	18,35		100	Clio	6,75
	8	Sentra	14,65		39	Megane	9,00		70	Sentra	29,18		101	Sentra	2,45
	9	Sentra	7,60		40	Sentra	6,00		71	Xtrail	42,93		102	Tiida	9,22
	10	Logan	3,93		41	Logan	41,58		72	Sentra	11,35		103	Sentra	13,17
	11	Sentra	37,45	42	Xtrail	33,87	73	Clio	18,00	104	Sentra	14,05			
	12	Sentra	9,05	43	Pathfinder	0,30	74	Xtrail	7,33	105	Navara	3,68			
	13	Murano	23,37	44	Xtrail	1,25	75	Megane	2,80	106	Frontier	35,58			
	14	Tiida	9,88	45	Xtrail	7,63	76	Logan	16,05	107	Sentra	3,47			
	15	Xtrail	0,20	46	Logan	3,78	77	Sentra	1,42	108	Sentra	14,47			
	16	Patrol	0,72	47	Xtrail	11,80	78	Logan	27,67	109	Xtrail	11,33			
	17	Clio	40,75	48	Tiida	29,63	79	Xtrail	1,90	110	Sentra	41,05			
	18	Navara	19,13	49	Xtrail	5,57	80	Xtrail	2,43	111	Tiida	8,92			
	19	Logan	3,95	50	Pathfinder	7,65	81	Logan	11,83	112	Stepway	13,18			
	20	Xtrail	9,35	51	Sentra	5,10	82	Clio	13,93	113	Frontier	11,35			
	21	Logan	10,80	52	Navara	4,38	83	Sentra	123,25	114	Tiida	29,20			
	22	Sentra	40,62	53	Sandero	11,12	84	Sentra	1,50	115	Sentra	15,00			
	23	Navara	22,00	54	Tiida	3,33	85	Qashqai	3,92	116	Xtrail	1,22			
	24	Patrol	21,00	55	Logan	6,35	86	Murano	2,38	117	Xtrail	21,60			
	25	Sentra	12,00	56	Tiida	19,92	87	Sandero	0,95	118	Frontier	3,00			
	26	Xtrail	3,00	57	Sentra	10,18	88	Almera	7,57	119	Logan	5,08			
	27	Xtrail	10,00	58	Xtrail	5,63	89	Navara	1,27	120	Frontier	6,60			
	28	Sentra	14,00	59	Logan	11,25	90	Sentra	20,92	121	Sentra	7,07			
	29	Xtrail	6,00	60	Xtrail	22,70	91	Sandero	10,30	122	Murano	5,70			
	30	Xtrail	10,00	61	Sentra	1,58	92	Patrol	6,50	123	Sandero	15,03			
	31	Patrol	5,00	62	Sentra	10,38	93	Tiida	5,00						

f. Datos de los procesos de Lavado, Secado y Aspirado del vehículo

#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado	#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado
1	Xtrail	Marco	5,93	29,35	3	31	Patrol	Henry	12	8	5
2	Xtrail	Henry	28,97	16,65	6,53	32	Sentra	Marco	11	6	5
3	Frontier	Henry	22,37	9,35	2,62	33	Xtrail	Henry	12	7	5
4	Sentra	Marco	23,9	15,13	9,97	34	Xtrail	Marco	10	8	7
5	Xtrail	Marco	8,4	16,48	5,25	35	Xtrail	Henry	11	25	8
6	Navara	Henry	16,13	9,78	11,5	36	Sentra	Henry	14	25	5
7	Logan	Marco	22,75	41,92	21,82	37	Sentra	Marco	9	24	3
8	Xtrail	Henry	34,75	13,28	6,63	38	Xtrail	Henry	10	9	4
9	Murano	Marco	28,6	16,33	5,78	39	Xtrail	Henry	14	8	4
10	Sentra	Henry	9,07	15,4	7,37	40	Patrol	Marco	15	18	6
11	Sentra	Marco	9,75	29,3	4,98	41	Xtrail	Marco	27	24	4
12	Logan	Henry	8,83	14,27	5,12	42	Frontier	Henry	17	9	7
13	Xtrail	Marco	14,78	10,18	10	43	Tiida	Marco	11	7	8
14	Sentra	Marco	7,9	20,67	2,77	44	Sentra	Marco	9	5	2
15	Xtrail	Henry	7,77	23,85	2,87	45	Xtrail	Henry	9	14	5
16	Sentra	Henry	8,62	13,67	6,35	46	Navara	Marco	14	18	4
17	Xtrail	Henry	12,65	29,38	6,57	47	Logan	Marco	7	7	6
18	Murano	Marco	14,92	5,27	9,5	48	Almera	Henry	7	6	3
19	Xtrail	Marco	13,43	7,03	9,78	49	Pathfinder	Henry	14	19	6
20	Patrol	Henry	21,33	16,32	5,33	50	Megane	Marco	10	8	4
21	Tiida	Henry	24,55	13,38	5,52	51	Sentra	Henry	13	32	4
22	Sentra	Henry	12,42	30,52	7	52	Almera	Marco	3	8	10
23	Clio	Marco	8,4	6,75	7	53	Logan	Marco	15,12	7	4,52
24	Sentra	Henry	6,5	6,9	6,6	54	Logan	Marco	15,67	8	21
25	Navara	Henry	17	8	14	55	Xtrail	Henry	18,55	5	11,8
26	Logan	Marco	19,78	34,13	3	56	Pathfinder	Marco	5,5	11,92	10,32
27	Patrol	Henry	37,35	27	2	57	Xtrail	Henry	12,88	12,7	7,12
28	Xtrail	Marco	9,92	7	4	58	Xtrail	Marco	5,97	30,85	9,33
29	Logan	Henry	11	11	5	59	Sentra	Henry	5,82	41,6	4,92
30	Almera	Marco	6	8	4	60	Xtrail	Marco	7,02	7,93	8,55

#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado	#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado
61	Xtrail	Henry	20	4,2	5	93	Sentra	Henry	12,07	4,68	7,12
62	Sentra	Marco	9	19,3	8	94	Tiida	Henry	12,48	23,23	9,65
63	Navara	Henry	21	17,13	5	95	Tiida	Marco	5	15,03	6,52
64	Sandero	Marco	6,43	7,28	7,42	96	Logan	Henry	5,58	15	14,98
65	Tiida	Marco	12,75	4,02	10,48	97	Xtrail	Marco	5,63	7,83	9,8
66	Xtrail	Henry	8,3	15,07	6	98	Logan	Marco	3,47	13,7	7,5
67	Sentra	Marco	22,78	6,32	4,87	99	Sentra	Henry	13,82	21,8	8,93
68	Pathfinder	Henry	15,1	11,7	6,62	100	Clio	Marco	4,48	28,18	12,83
69	Logan	Henry	12,17	35,27	6	101	Almera	Marco	9,48	10,57	9,33
70	Tiida	Marco	35,23	27,3	6,7	102	Xtrail	Henry	11,67	33,95	3,87
71	Navara	Marco	14,87	10,4	6,1	103	Megane	Marco	18,33	9,93	6,05
72	Logan	Henry	16,03	12,77	4,28	104	Logan	Henry	8,27	15,02	11,3
73	Tiida	Henry	5,15	21,53	5,97	105	Sentra	Marco	17,17	35,67	9,78
74	Sentra	Marco	15,45	11,55	7,97	106	Sentra	Henry	13,68	18,58	8,3
75	Sentra	Henry	15,85	10,73	5,98	107	Xtrail	Henry	12,58	8,12	6,92
76	Tiida	Henry	16,52	7,92	7,78	108	Xtrail	Marco	7,05	15	6,47
77	Sentra	Marco	12,33	30	3,25	109	Logan	Henry	7,18	11,07	3,45
78	Sandero	Henry	11,93	6,68	11,18	110	Clio	Marco	11,08	24,58	5,82
79	Xtrail	Marco	6,87	8,7	15,52	111	Sentra	Henry	13,1	14,02	7,23
80	Sentra	Marco	8,32	12,52	7,33	112	Almera	Henry	10,27	14,45	3,4
81	Xtrail	Henry	26,87	13,98	9,22	113	Sentra	Marco	7,25	7,1	14,12
82	Xtrail	Henry	15,72	10,43	6,67	114	Sentra	Henry	9,3	14,2	5,6
83	Sentra	Marco	9,85	24,13	8,4	115	Sentra	Marco	7,75	27,47	19,67
84	Sentra	Marco	12,98	20,95	4,25	116	Murano	Marco	18,8	7,02	9,45
85	Sentra	Marco	17,7	6,03	11,63	117	Logan	Henry	20,2	33,12	15,45
86	Navara	Henry	17,13	10,93	4,32	118	Qashqai	Henry	14,63	11,97	8,85
87	Patrol	Marco	11,78	12,5	6,88	119	Almera	Henry	15,2	23,55	21,32
88	Xtrail	Henry	31,35	18,23	11,98	120	Navara	Marco	11,58	31,87	3,6
89	Frontier	Marco	7,42	13,05	2,87	121	Sentra	Henry	8,58	22,62	5,48
90	Sentra	Marco	8,12	22,35	4,4	122	Xtrail	Marco	41,57	19,22	8,85
91	Frontier	Henry	31,98	14,48	8,52	123	Sandero	Marco	6,73	6,2	3,23
92	Tiida	Henry	10,97	5,75	6,15	124	Patrol	Marco	8,12	7,97	12,32

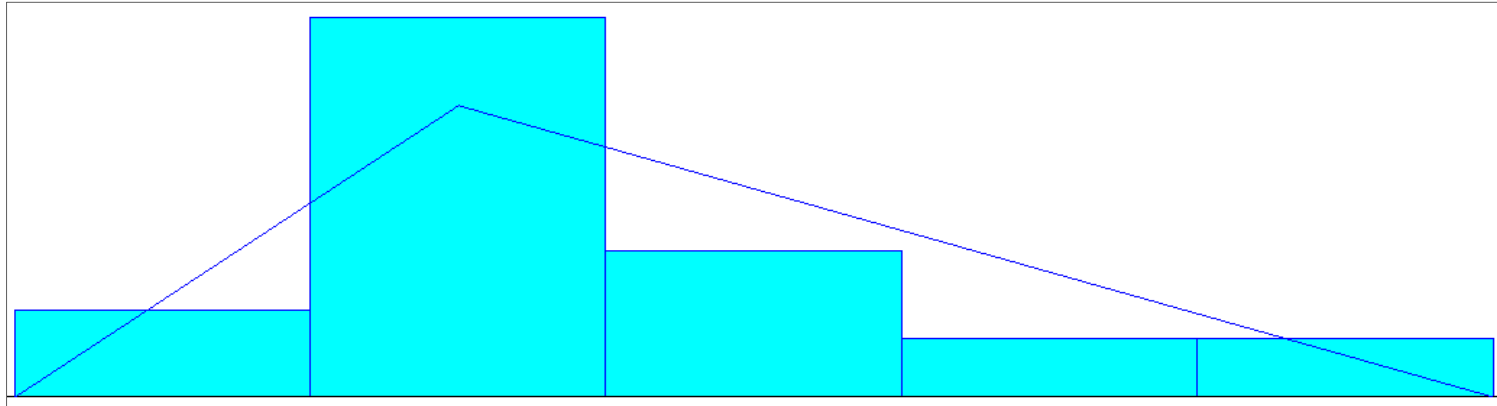
#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado	#	Marca	Lavador	Lavado	Secado	Aspirado
125	Tiida	Marco	4,1	16,32	6,7	149	Xtrail	Henry	22,8	15,75	15
126	Almera	Marco	13,02	17,55	14,73	150	Xtrail	Marco	22,3	22,48	12,95
127	Clio	Marco	6,27	12,55	5,63	151	Sentra	Henry	21,1	9,2	10,17
128	Frontier	Henry	17,08	21,12	14,2	152	Sentra	Marco	31,32	17,02	6,35
129	Navara	Marco	17,2	30,33	11,38	153	Almera	Henry	5,3	32,38	11,38
130	Sentra	Henry	8,72	16,33	4,33	154	Tiida	Henry	10,2	11,55	5,15
131	Megane	Henry	15,25	32,48	2,65	155	Pathfinder	Marco	20,05	25,15	10,03
132	Xtrail	Marco	9,47	24,13	4,8	156	Stepway	Henry	28,38	10,88	11,78
133	Xtrail	Henry	8,67	6,25	10,5	157	Frontier	Henry	9,02	16,3	7,25
134	Tiida	Marco	4,5	34,32	13,27	158	Tiida	Marco	10,28	19,08	14,12
135	Frontier	Henry	23,08	28,95	5,85	159	Tiida	Henry	9,28	20,38	19,12
136	Logan	Marco	6,77	38,27	10,33	160	Sentra	Marco	19,63	8,32	11,13
137	Xtrail	Henry	24,85	27,52	24,88	161	Xtrail	Henry	15,85	16,4	8,98
138	Clio	Marco	5,83	4,73	15,87	162	Xtrail	Marco	5,78	4,75	4
139	Navara	Marco	11,18	9,07	11,65	163	Xtrail	Marco	4,98	8,03	2,22
140	Sentra	Marco	22,33	5,22	17,4	164	Logan	Henry	7,37	39,12	7,13
141	Sandero	Marco	28,78	23,78	5,78	165	Frontier	Marco	5,75	18,03	8,35
142	Sentra	Marco	7,3	10,17	6,63	166	Frontier	Henry	6,83	14,13	2,1
143	Tiida	Marco	7,45	6,25	6,45	167	Sentra	Henry	3,67	25,25	1,67
144	Sentra	marco	12,17	29,15	4,35	168	Sentra	Marco	2,67	5,33	3,92
145	Navara	Henry	9,07	26,7	6,93	169	Murano	Marco	11,45	23,03	2,52
146	Frontier	Henry	10,4	5,5	4,23	170	Sandero	Henry	9,02	32,13	2,27
147	Sentra	Marco	14,6	10,6	8,25	171	Tiida	Henry	17,82	4,47	3,12
148	Sentra	Henry	6	6,85	1,52	172	Tiida	Marco	6,78	12,85	4,85
						173	Sentra	Henry	11,65	7,8	2,52

g. Datos del proceso de Alineación del vehículo

Día	Modelo	Tiempo (min)	Mantenimiento
03/05/2011	X-TRAIL M/T	20,05	MP70000KMQG
	TIIDA 1.6 A/T HATCHBACK	20,92	MP10000KMQG
	SENTRA 1.6 M/T	16,72	MP10000KMQG
	TIIDA 1.6 M/T	17,22	MP10000KMQG
	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 M/T	19,65	MP10000KMQG
	SENTRA 1.6 M/T	25,62	MP10000KMQG
	PATROL WAGON 4.8 GRX LIMITED A/T CUERO	16,07	MP10000KMQG
	NP300 FRONTIER CABINA SIMPLE 4X2 2.4 MT 16V	23,77	MP10000KMQG
04/05/2011	X-TRAIL M/T	26,80	MP10000KMQG
	X-TRAIL M/T	16,90	MP30000KMQG
	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 M/T	17,43	MP10000KMQG
	TIIDA 1.6 M/T	17,10	MP10000KMQG
	TIIDA 1.6 MT	19,48	MP70000KMQG
05/05/2011	SENTRA 1.6 M/T	18,83	MP50000KMQG
	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 M/T	20,05	MP30000KMQG
	TIIDA 1.6 M/T	23,05	MP10000KMQG
	SENTRA 1.6 M/T	17,78	MP30000KMQG
	SENTRA 1.6 M/T	15,65	MP50000KMQG
06/05/2011	TIIDA 1.6 M/T	20,17	MP10000KMQG
	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 M/T	20,60	MP50000KMQG
	TIIDA 1.6 M/T HATCHBACK	18,00	MP30000KMQG
	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 A/T	18,72	MP10000KMQG
	NP300 FRONTIER CABINA SIMPLE 4X2 2.4 MT 16V	10,52	MP30000KMQG
	TIIDA 1.6 A/T	18,12	MP30000KMQG
	MURANO A/T	23,05	MP10000KMQG

ANEXO 7. DISTRIBUCIONES DE LOS DATOS

a. Distribución de la muestra del proceso de Mantenimiento de cada 5.000 Km



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $TRIA(11, 18.2, 35)$
 Square Error: 0.044502

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 2.38
 Corresponding p-value = 0.135

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.198
 Corresponding p-value > 0.15

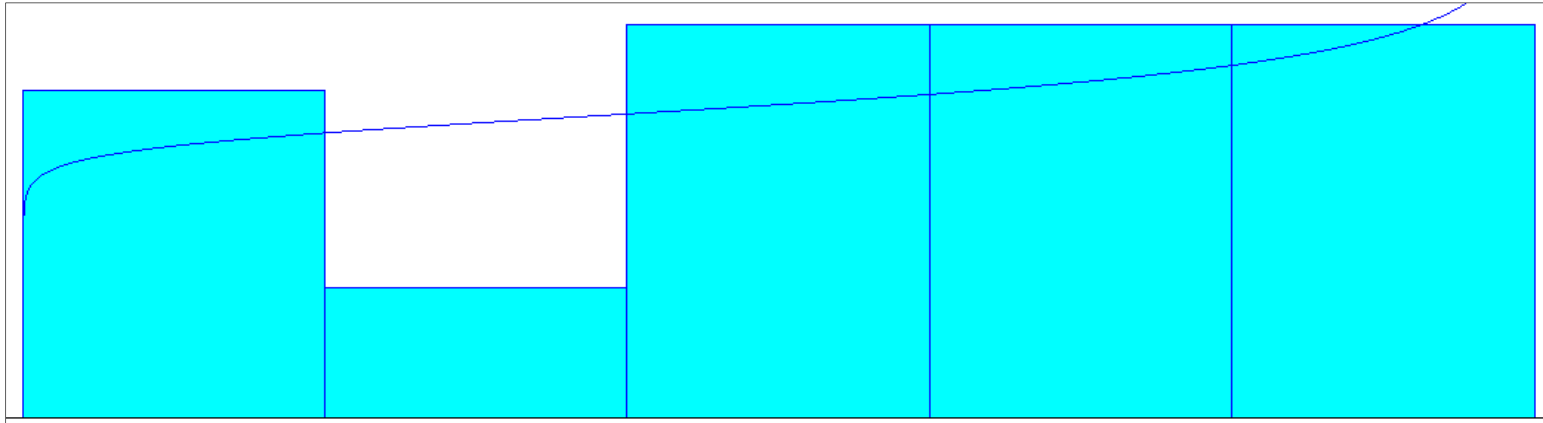
Data Summary

Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 11.2
 Max Data Value = 34.9
 Sample Mean = 20.1
 Sample Std Dev = 5.29

Histogram Summary

Histogram Range = 11 to 35
 Number of Intervals = 5

b. Distribución de la muestra del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km



Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $34 + 27 * \text{BETA}(1.05, 0.897)$
 Square Error: 0.014875

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 0
 Test Statistic = 0.728
 Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0929
 Corresponding p-value > 0.15

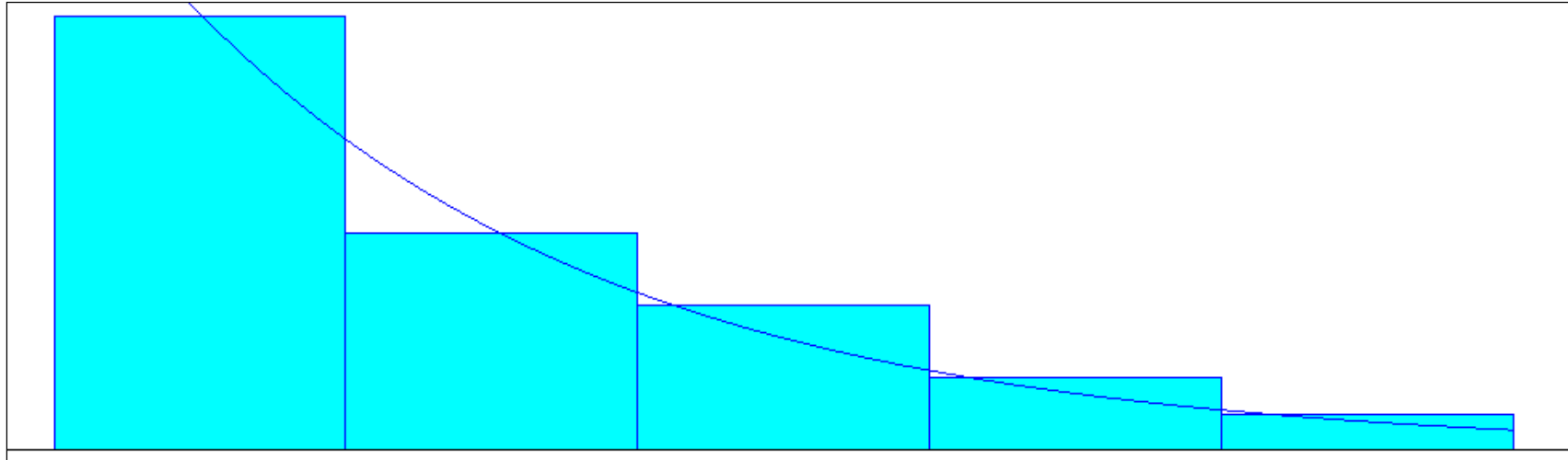
Data Summary

Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 34.8
 Max Data Value = 60.8
 Sample Mean = 48.9
 Sample Std Dev = 8.09

Histogram Summary

Histogram Range = 34 to 61
 Number of Intervals = 5

c. Distribución de la muestra del proceso de Recepción de Vehículos cada 5.000 Km



Distribution Summary

Distribution: Exponential
 Expression: $1 + \text{EXPO}(26.2)$
 Square Error: 0.001659

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 0.371
 Corresponding p-value = 0.56

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0845
 Corresponding p-value > 0.15

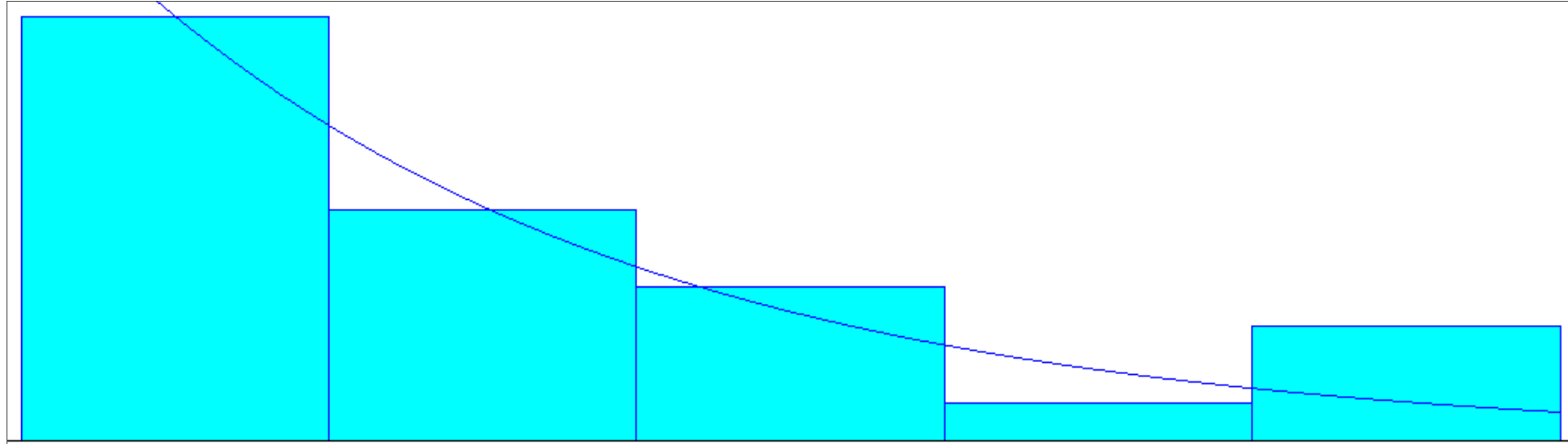
Data Summary

Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 1.97
 Max Data Value = 89
 Sample Mean = 27.2
 Sample Std Dev = 22.8

Histogram Summary

Histogram Range = 1 to 90
 Number of Intervals = 5

d. Distribución de la muestra del proceso de Recepción de Vehículo de 10.000 Km



Distribution Summary

Distribution: Exponential
 Expression: $1 + \text{EXPO}(33.7)$
 Square Error: 0.008045

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 0.457
 Corresponding p-value = 0.499

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0931
 Corresponding p-value > 0.15

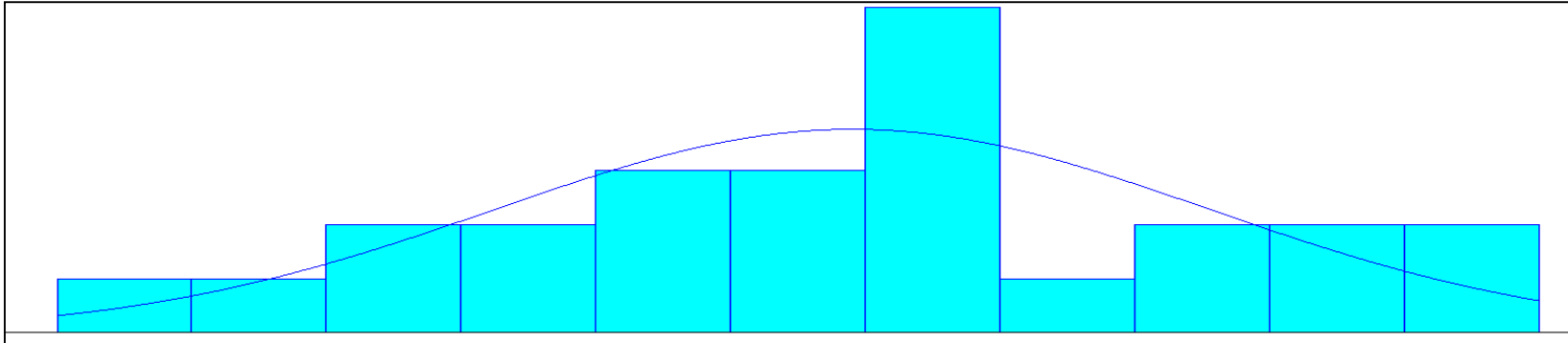
Data Summary

Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 1.25
 Max Data Value = 101
 Sample Mean = 34.7
 Sample Std Dev = 29.2

Histogram Summary

Histogram Range = 1 to 101
 Number of Intervals = 5

e. Distribución de la muestra del proceso de Control de Calidad



Distribution Summary

Distribution: Normal
 Expression: NORM(11.4, 2.65)
 Square Error: 0.020667

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 0
 Test Statistic = 0.38
 Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

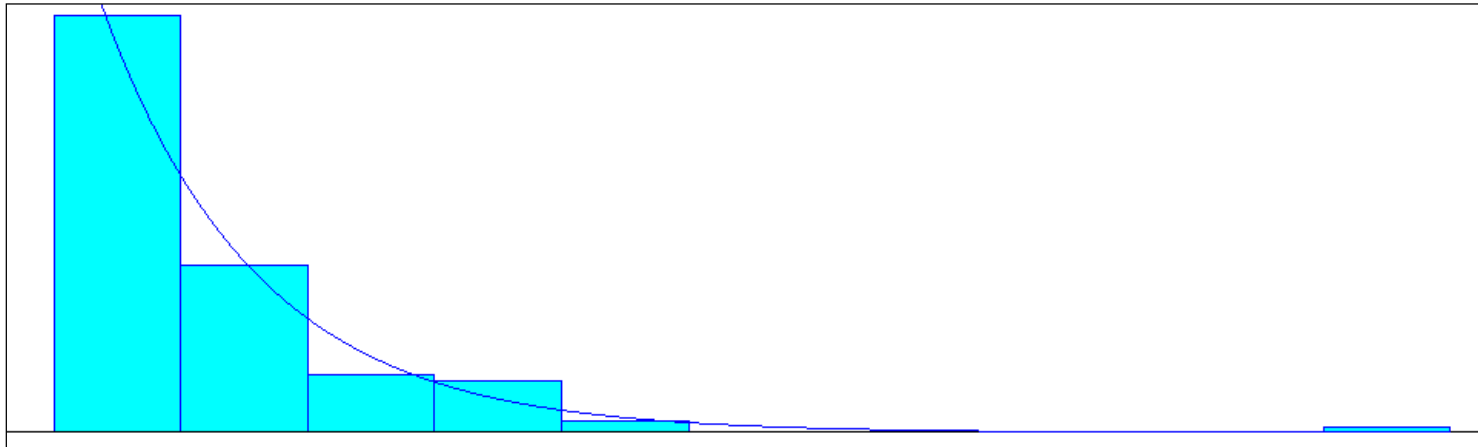
Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 6
 Max Data Value = 16
 Sample Mean = 11.4
 Sample Std Dev = 2.71

Histogram Summary

Histogram Range = 5.5 to 16.5
 Number of Intervals = 11

f. **Distribución de la muestra del proceso de Limpieza del Vehículo**

i. **Distribución de los tiempos entre arribos de otros vehículos al proceso de limpieza**



Distribution Summary

Distribution: Exponential
 Expression: EXPO(13.8)
 Square Error: 0.002502

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 2
 Test Statistic = 1.33
 Corresponding p-value = 0.516

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0594
 Corresponding p-value > 0.15

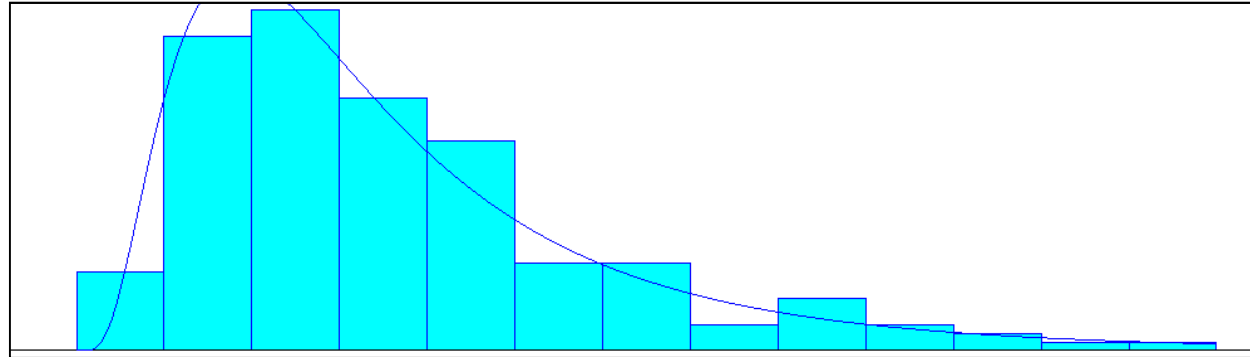
Data Summary

Number of Data Points = 123
 Min Data Value = 0.2
 Max Data Value = 123
 Sample Mean = 13.8
 Sample Std Dev = 15.3

Histogram Summary

Histogram Range = 0 to 124
 Number of Intervals = 11

ii. Distribución de los tiempos de lavado del vehículo



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $2 + \text{LOGN}(11.5, 8.98)$
 Square Error: 0.002126

Chi Square Test

Number of intervals = 8
 Degrees of freedom = 5
 Test Statistic = 3.28
 Corresponding p-value = 0.659

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0474
 Corresponding p-value > 0.15

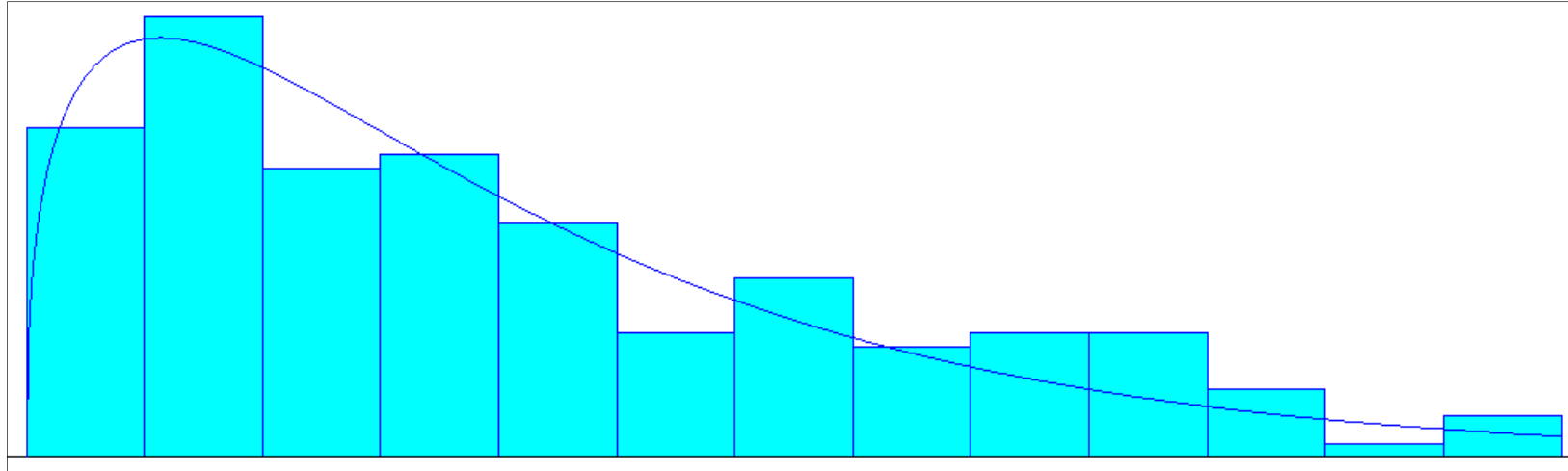
Data Summary

Number of Data Points = 173
 Min Data Value = 2.67
 Max Data Value = 41.6
 Sample Mean = 13.3
 Sample Std Dev = 7.37

Histogram Summary

Histogram Range = 2 to 42
 Number of Intervals = 13

iii. Distribución de los tiempos de Secado del Vehículo



Distribution Summary

Distribution: Gamma
 Expression: $4 + \text{GAMM}(8.86, 1.37)$
 Square Error: 0.003301

Chi Square Test

Number of intervals = 8
 Degrees of freedom = 5
 Test Statistic = 15.9
 Corresponding p-value = 0.00756

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0575
 Corresponding p-value > 0.15

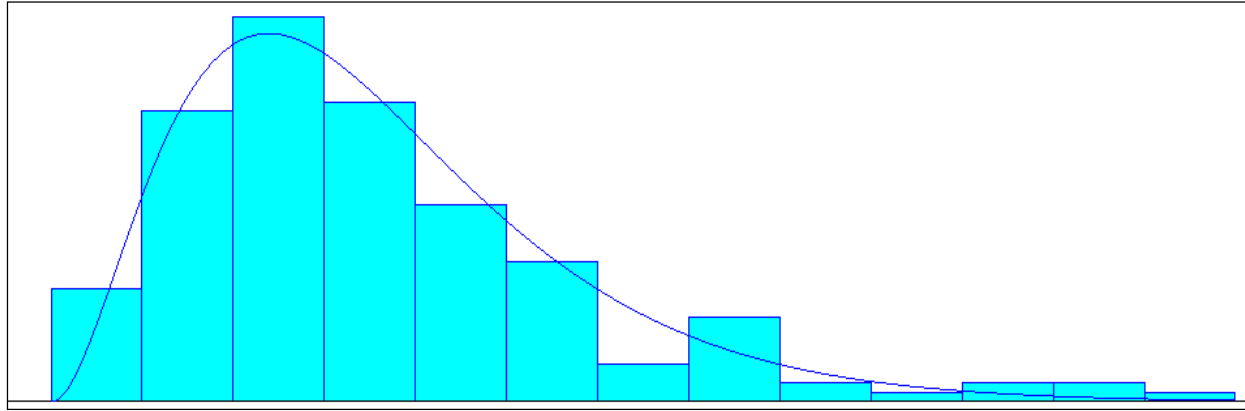
Data Summary

Number of Data Points = 173
 Min Data Value = 4.02
 Max Data Value = 41.9
 Sample Mean = 16.2
 Sample Std Dev = 9.26

Histogram Summary

Histogram Range = 4 to 42
 Number of Intervals = 13

iv. Distribución de los tiempos de Aspirado del Vehículo



Distribution Summary

Distribution: Erlang
 Expression: $1 + \text{ERLA}(2.2, 3)$
 Square Error: 0.002337

Chi Square Test

Number of intervals = 6
 Degrees of freedom = 3
 Test Statistic = 0.8
 Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0619
 Corresponding p-value > 0.15

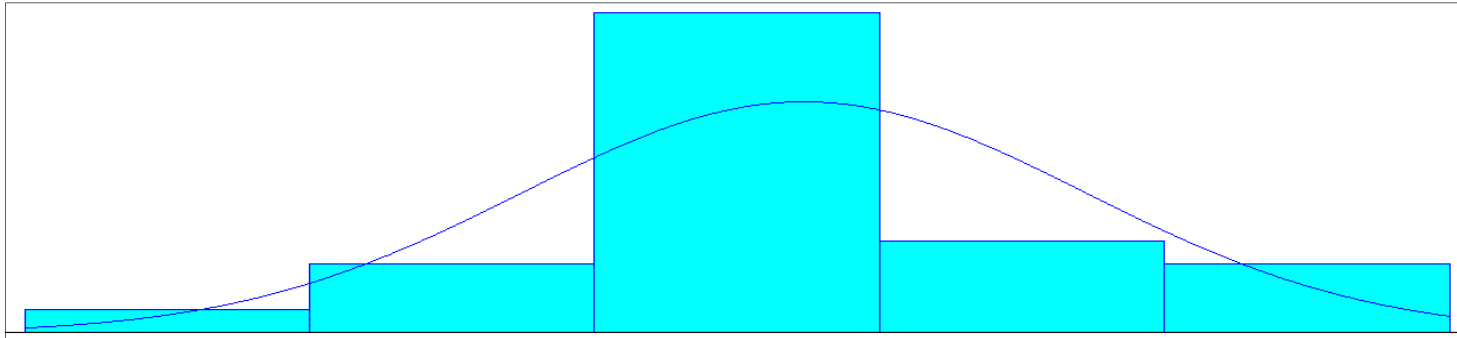
Data Summary

Number of Data Points = 173
 Min Data Value = 1.52
 Max Data Value = 24.9
 Sample Mean = 7.6
 Sample Std Dev = 4.28

Histogram Summary

Histogram Range = 1 to 25
 Number of Intervals = 13

g. Distribución de la muestra del proceso de Alineación



Distribution Summary

Distribution: Normal
 Expression: $NORM(19.3, 3.36)$
 Square Error: 0.057014

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 0
 Test Statistic = 4.91
 Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.119
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 25
 Min Data Value = 10.5
 Max Data Value = 26.8
 Sample Mean = 19.3
 Sample Std Dev = 3.43

Histogram Summary

Histogram Range = 10 to 27
 Number of Intervals = 5

ANEXO 8. VALIDACIÓN DE LOS DATOS

a. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Mantenimiento de 5.000 Km

Prueba de Corridas: Tiempo del Mant. 5 Km

Runs test for Mant. 5 Km

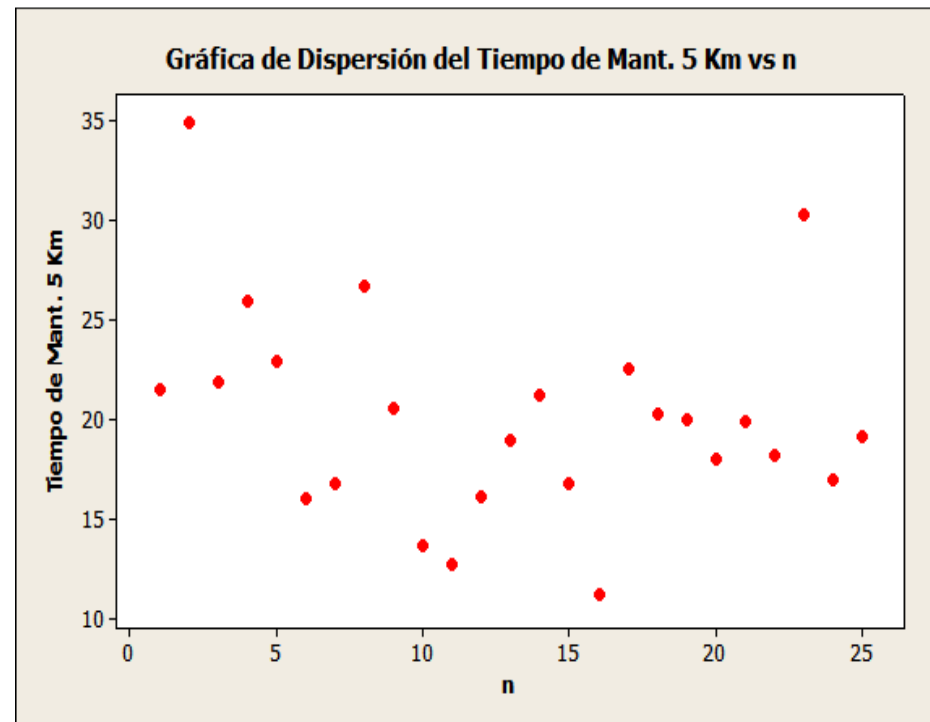
Runs above and below $K = 20,1404$

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 13,32

11 observations above K . 14 below

P-value = 0,168



b. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Mantenimiento de 10.000 Km**Prueba de Corridas: Tiempo del Mant. 10 Km**

Runs test for Mant. 10 Km

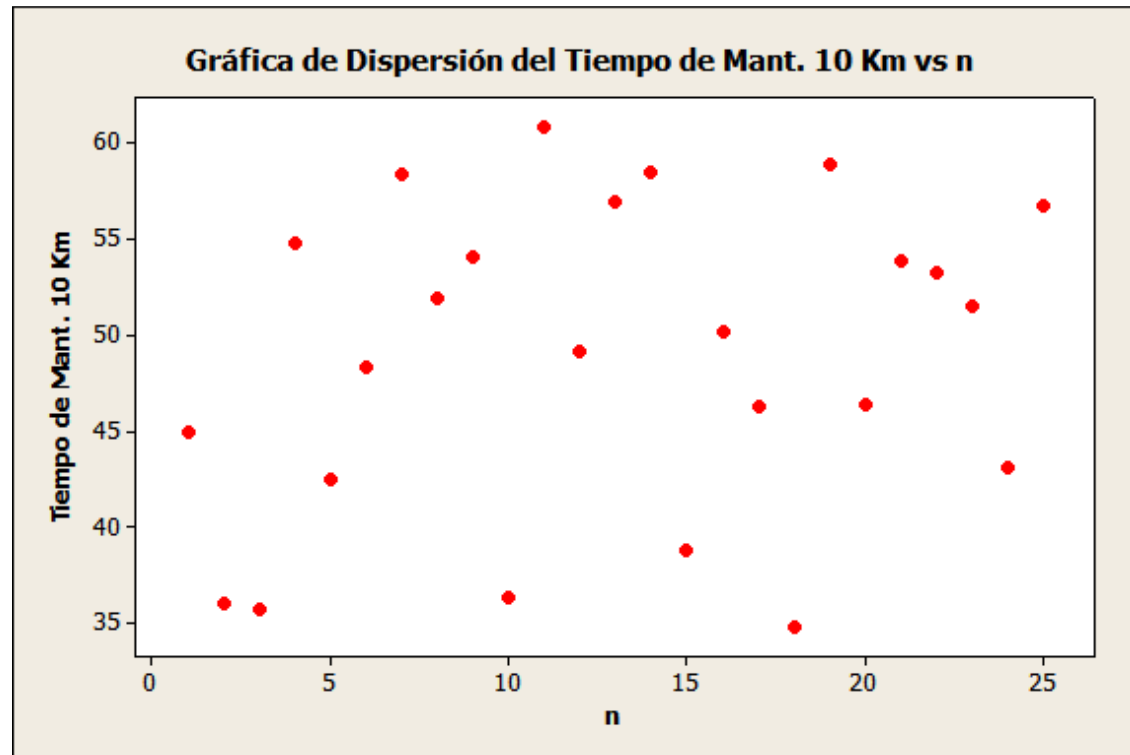
Runs above and below $K = 48,8676$

The observed number of runs = 14

The expected number of runs = 13,32

14 observations above K . 11 below

P-value = 0,778



c. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Recepción de 5.000 Km

Prueba de Corridas: Tiempo entre arribos Recepcion 5 Km

Runs test for Recepcion 5 Km

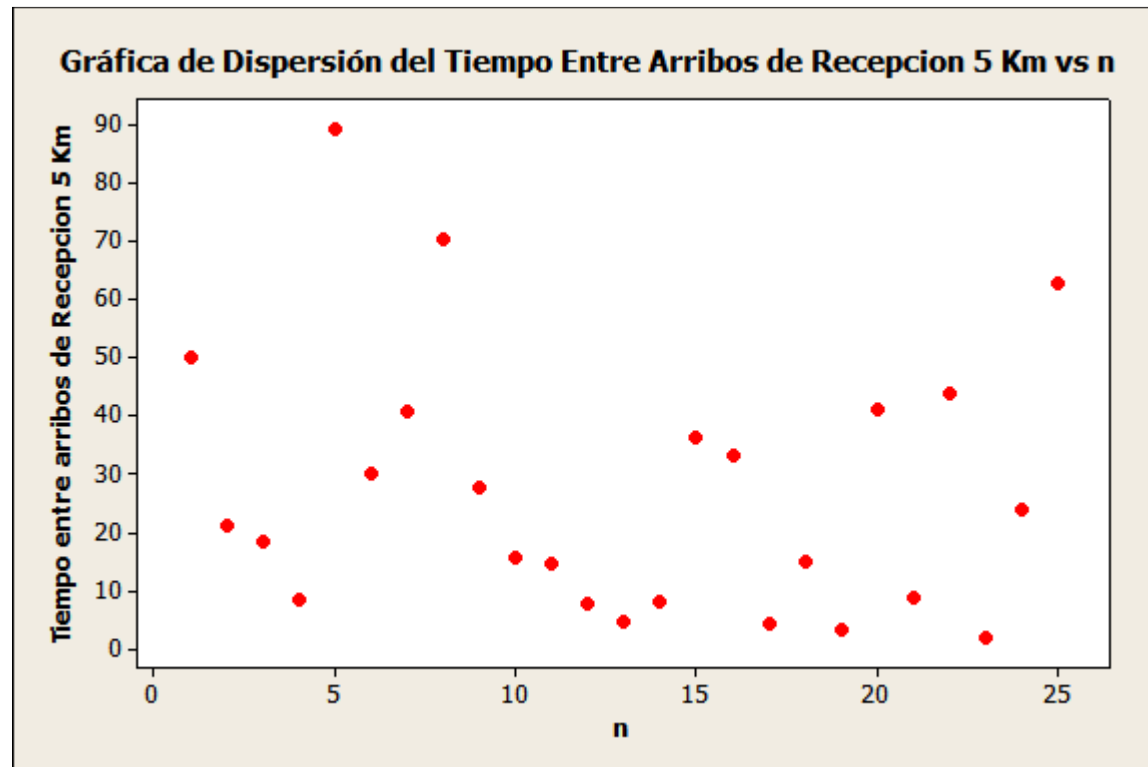
Runs above and below $K = 27,2344$

The observed number of runs = 11

The expected number of runs = 13,32

11 observations above K . 14 below

P-value = 0,336



d. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Recepción de 10.000 Km

Prueba de Corridas: Tiempo Entre Arribos Recepcion 10 Km

Runs test for Recepcion 10 Km

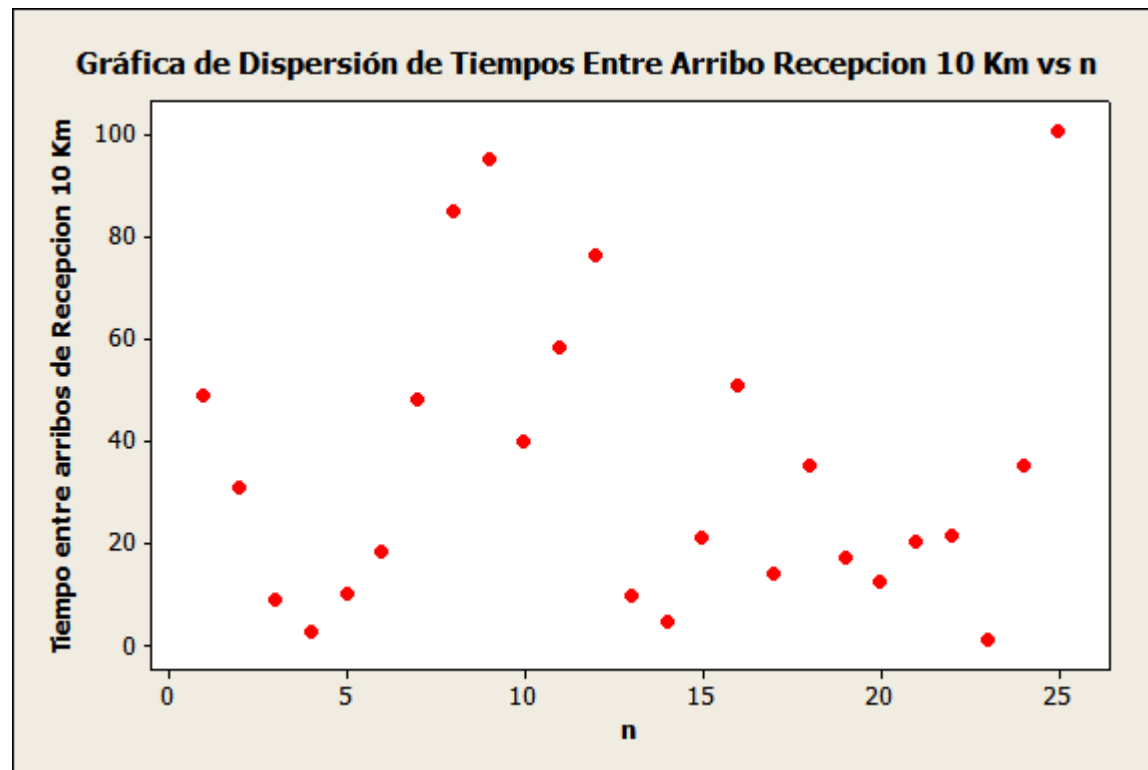
Runs above and below $K = 34,712$

The observed number of runs = 9

The expected number of runs = 13,32

11 observations above K . 14 below

P-value = 0,073



e. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Control de Calidad de 10.000 Km

Prueba de Corridas: Tiempo de Control 10 Km

Runs test for Control 10 Km

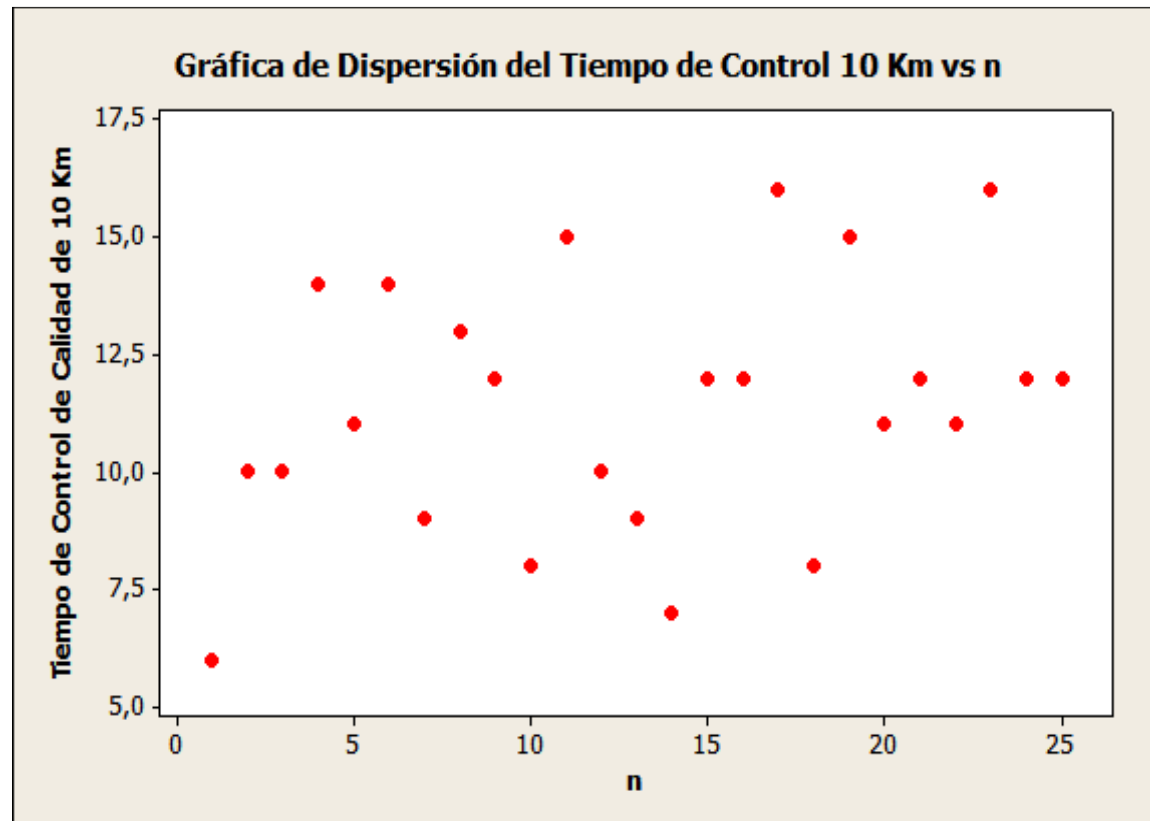
Runs above and below $K = 11,4$

The observed number of runs = 16

The expected number of runs = 13,48

13 observations above K . 12 below

P-value = 0,302



f. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del proceso de Alineación del vehículo**Prueba de Corrida: Tiempo de Alineación**

Runs test for Alineación

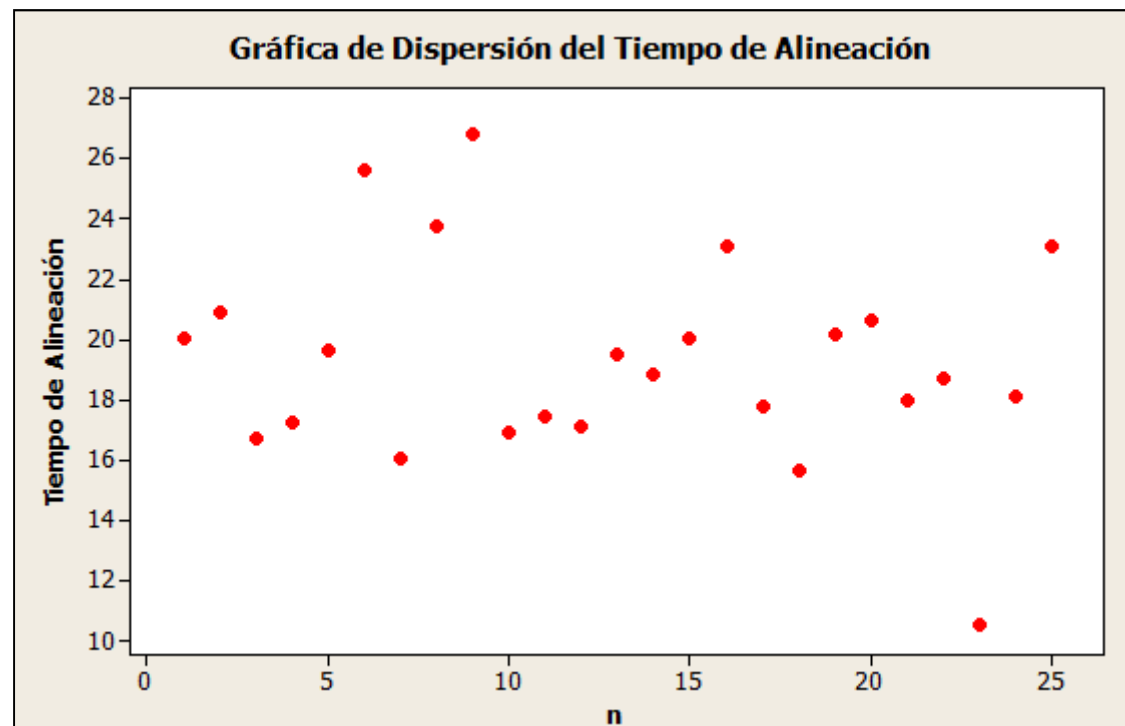
Runs above and below K = 19,29

The observed number of runs = 13

The expected number of runs = 13,48

12 observations above K. 13 below

P-value = 0,844



g. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos de los Tiempos entre arribos a Limpieza**Prueba de Corrida: Tiempo de arribos a Limpieza**

Runs test for Entre arribos

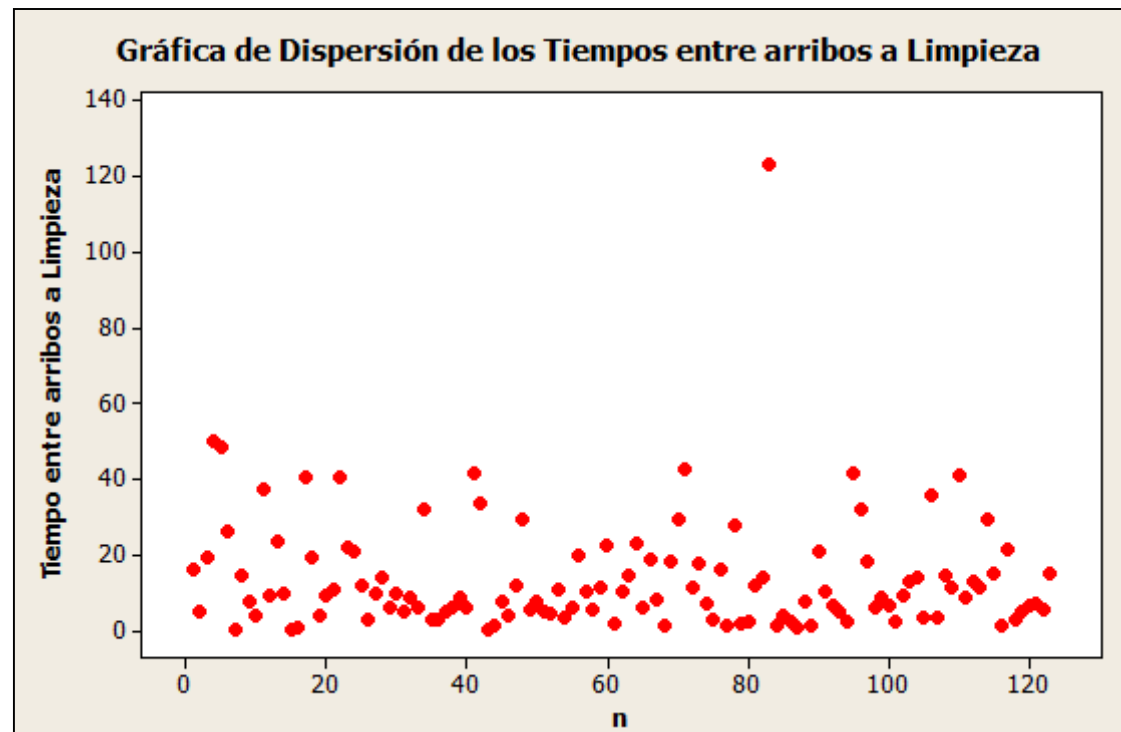
Runs above and below $K = 13,8324$

The observed number of runs = 57

The expected number of runs = 56,9350

43 observations above K . 80 below

P-value = 0,990



h. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Lavado

Prueba de Corrida: Tiempo de Lavado

Runs test for Lavado

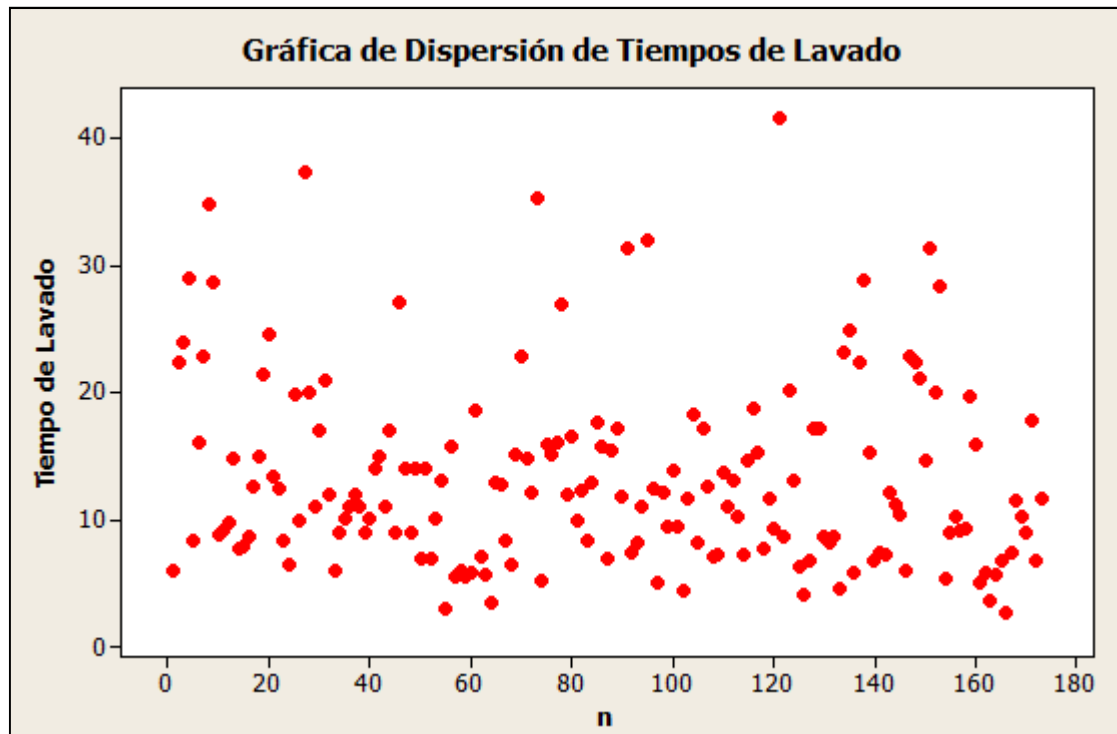
Runs above and below $K = 13,2527$

The observed number of runs = 71

The expected number of runs = 83,1040

67 observations above K . 106 below

P-value = 0,052



i. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Secado

Prueba de Corridas: Tiempo de Secado

Runs test for secado

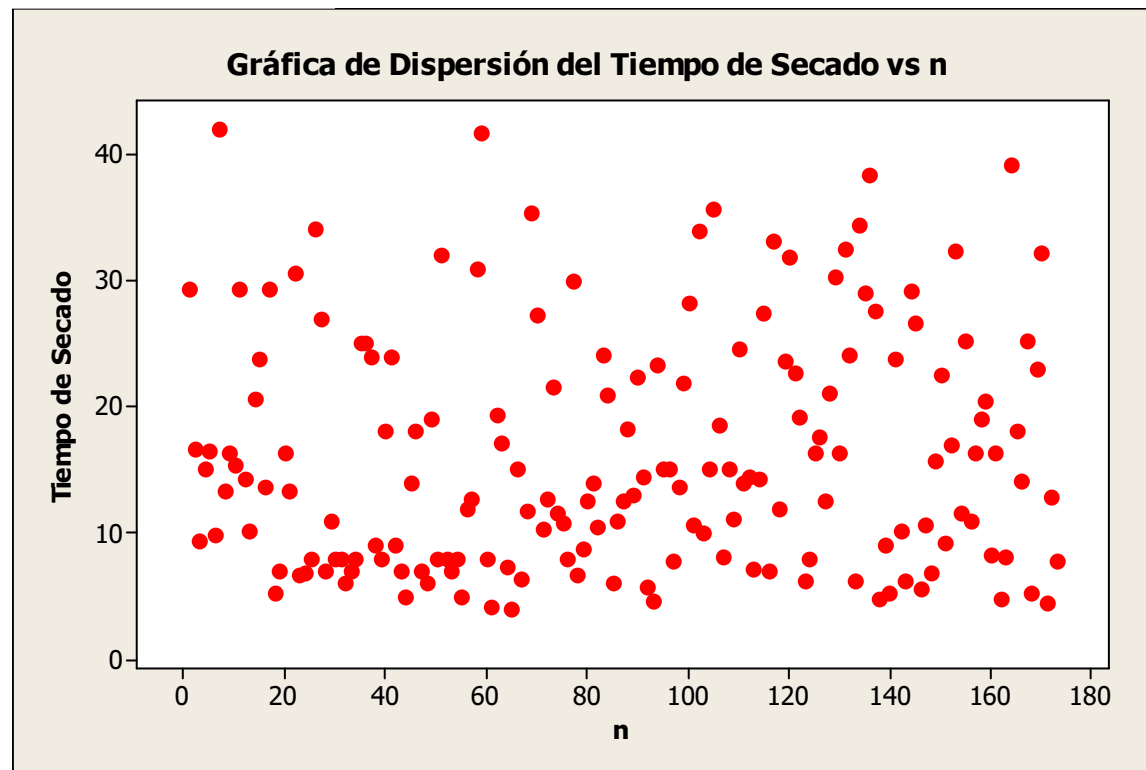
Runs above and below $K = 16,1628$

The observed number of runs = 88

The expected number of runs = 85,3931

73 observations above K . 100 below

P-value = 0,684



j. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los datos del Proceso de Aspirado

Prueba de Corrida: Tiempo de Aspirado

Runs test for Aspirado

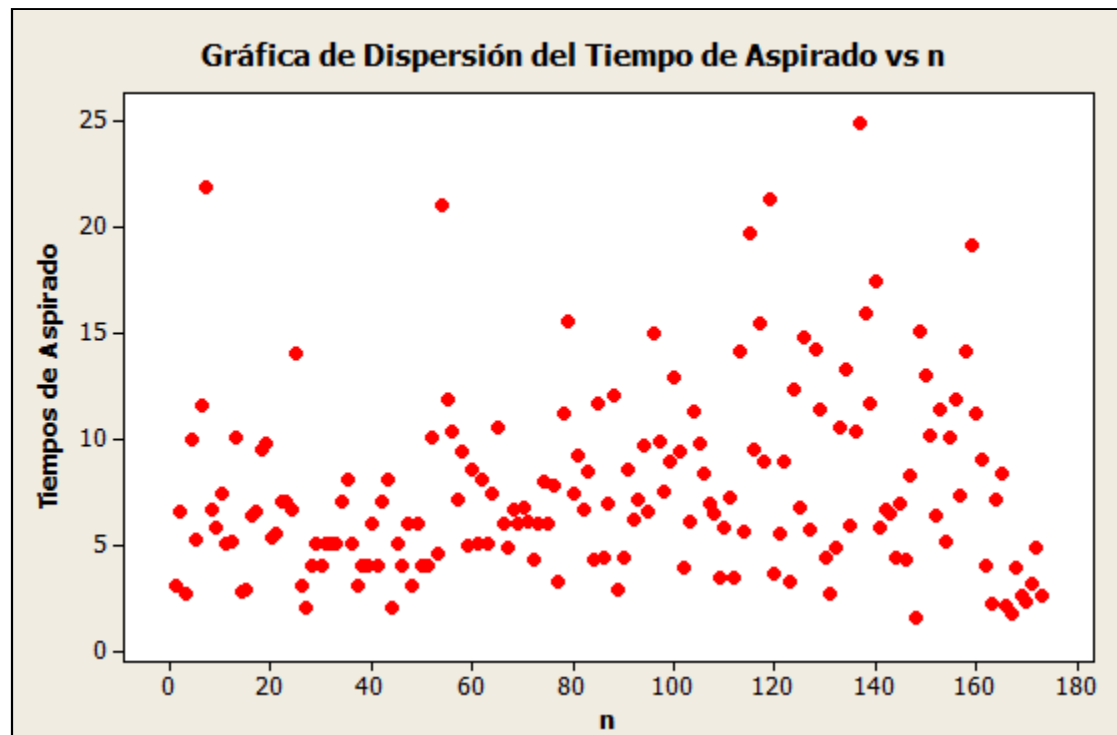
Runs above and below $K = 7,59952$

The observed number of runs = 79

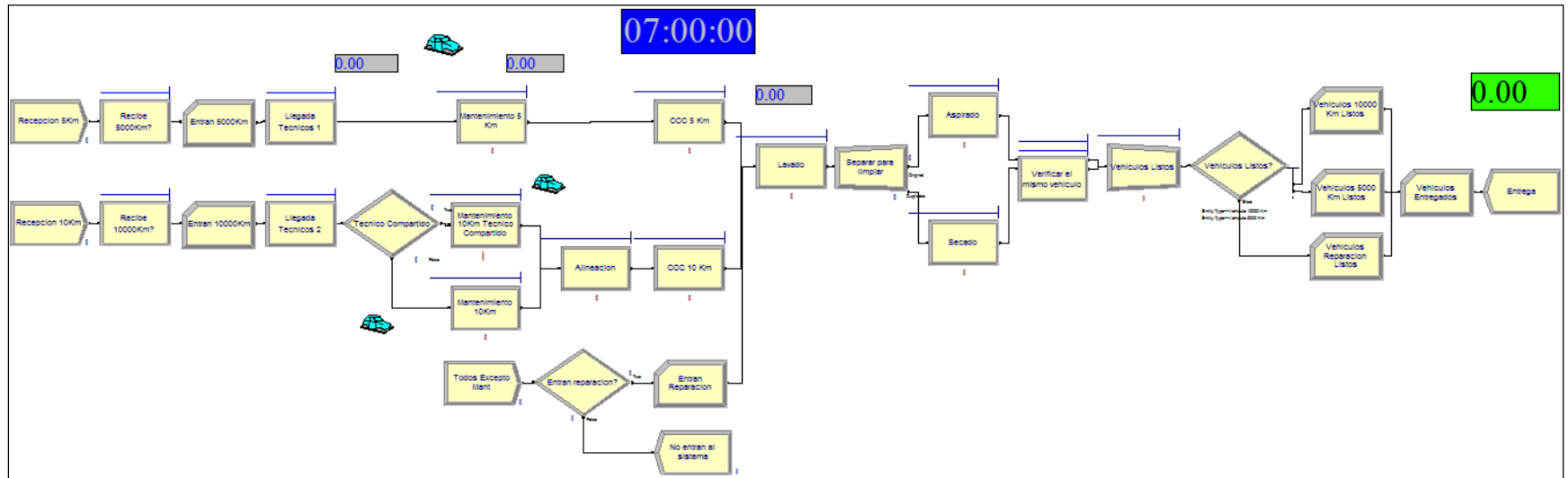
The expected number of runs = 82,1561

65 observations above K . 108 below

































P-value = 0,608



















ANEXO 9. MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL




































ANEXO 10. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM


































Título: Categorización de Actividades Mantenimiento cada 5.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
1	Mover vehículo hacia espejo de luces							25
2	Revisar luces							43
3	Parquear vehículo en bahía							60
4	Revisar chisperos							35
5	Tomar OT							11
6	Realizar pedido de repuestos							30
7	Preparación del vehículo							68
8	Elevar vehículo completamente							50
9	Colocarse los guantes							10
10	Ir a retirar repuestos							180
11	Cambiar filtro de aceite*							143
12	Recoger/Buscar/Pedir herramienta							50
13	Revisar aire de llantas							90
14	Bajar carro completamente							36
15	Recoger tijeras del elevador							14
16	Colocar aceite de motor							50
17	Revisar Ralenti							31















Título: Categorización de Actividades Mantenimiento cada 5.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
18	Colocar agua							30
19	Limpieza de Batería							20
20	Revisar nivel del aceite del motor							35
21	Lubricar puertas							50
22	Retirar Protectores							18
23	Retirar guantes							7
24	Checklist y Próximo Mantenimiento							77
25	Revisar freno de mano							30
TOTALES	SUMA	13	10	12	2	2	9	1193

* La ubicación del filtro de aceite depende de cada modelo de vehículo.

ANEXO 11. ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO DEL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento 10.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
1	Mover vehículo hacia espejo de luces							25
2	Revisar luces							43
3	Parquear vehículo en bahía							60
4	Revisar chisperos							30
5	Tomar OT							11
6	Realizar pedido de repuestos							60
7	Preparación del vehículo							68
8	Elevar vehículo a media altura							23
9	Colocarse los guantes							9
10	Retirar tapacubos *							44
11	Revisión visual sistema de frenos							10
12	Retirar llantas							134
13	Rotar llantas							34
14	Elevar vehículo completamente							23
15	Cambiar filtro de aceite **							71
16	Ir a retirar repuestos ***							247
17	Colocar filtro de aceite							93

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento de 10.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
18	Revisar mangueras, tubo de escape, dirección.							103
19	Bajar vehículo a media altura							20
20	Limpieza de pastillas, discos y afinamiento de frenos							824
21	Colocar llantas							204
22	Ajustar tuercas							57
23	Bajar vehículo completamente							25
24	Recoger tijeras de elevador							14
25	Dirigirse a computadora							43
26	Cambiar filtro de combustible ****							84
27	Recoger/Buscar/Pedir herramienta							103
28	Cambiar filtro de aire							70
29	Cambiar bujías *****							138
30	Colocar aceite de motor							61
31	Revisar Ralenti							31
32	Colocar agua							44
33	Limpieza de Bateria							22
34	Revisar nivel de aceite de motor							43

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento de 10.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
35	Lubricar puertas							42
36	Revisar bandas							25
37	Retirar Protectores							18
38	Guardar repuestos							42
39	Retirar guantes							7
40	Checklist y Próximo Mantenimiento							90
41	Revisar freno de mano							31
TOTALES	SUMA	26	13	25	2	2	12	3126

* Ciertos vehículos poseen tapacubos.

** La ubicación del filtro de aceite depende del modelo del vehículo.

*** Los propios Técnicos retiran los repuestos en dos bodegas o el aceite que se encuentra en el área de limpieza.

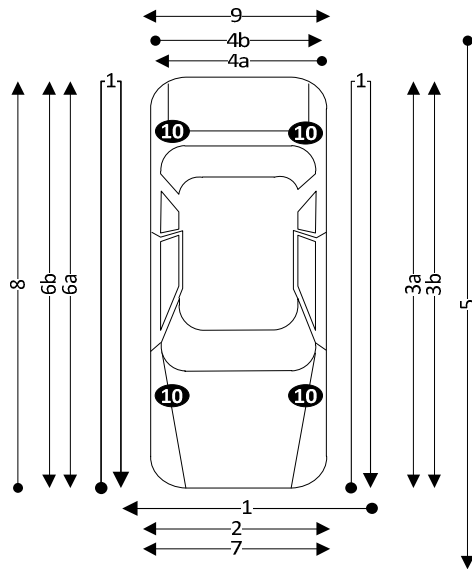
**** Ciertos modelos requieren el cambio del filtro de combustible a los 10.000 Km.

***** Ciertos modelos requieren del cambio de bujías a los 10.000 Km.

ANEXO 12. ANÁLISIS DE RECORRIDO DEL PROCESO DE LIMPIEZA ACTUAL

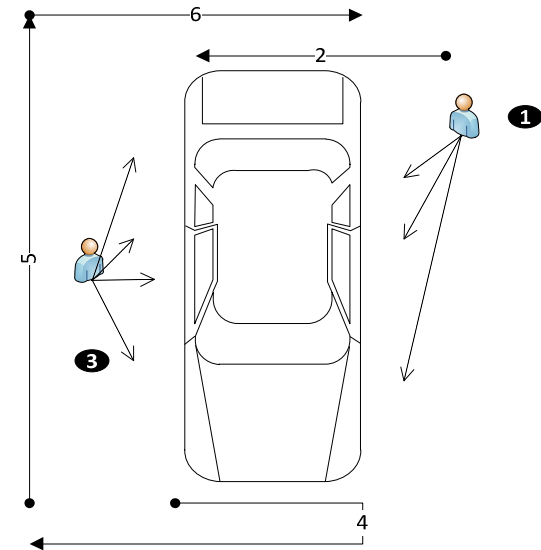
DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS

PROCESO: LAVADO
PERSONAL: 1
TIEMPO: 11.5 min
MOVIMIENTOS: 16
VEHÍCULO: XTRAIL



DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES: Enjuagar y Enjabonar
1. Enjuagar vehículo.
2. Enjabonar capot y parabrisas.
3. Lateral izquierdo: a) Vidrios b) Puerta (Ida y vuelta)
4. Parabrisas posterior: a) Parabrisas b) Puerta y parte baja
5. Lateral izquierdo: Parte baja (Coge jabón)
6. Lateral derecho: a) Vidrios b) Puerta (Ida y vuelta)
7. Parte baja capot.
8. De nuevo paso 6 .
9. Cajuela parte baja.
10. Llantas

DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES: Enjuagar
1. Enjuagar lateral derecho y techo.
2. Enjuagar capot y parabrisas.
3. Enjuagar lateral izquierdo y techo.
4. Enjuagar cajuela y parte baja.
5. Caminar y enjuagar lateral izquierdo (Mientras camina).
6. Enjuagar parabrisas y parte baja.

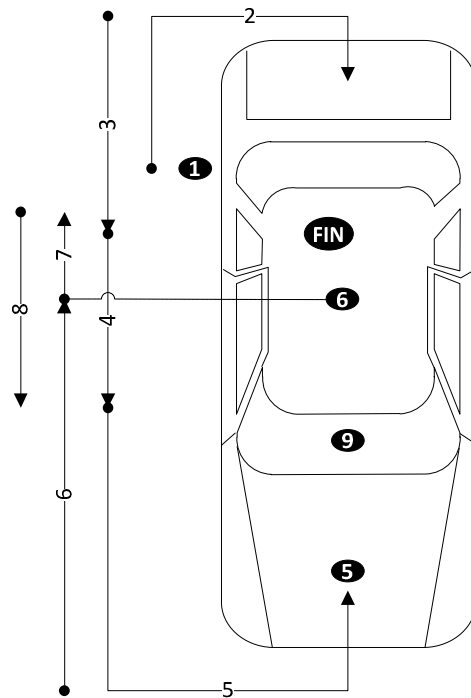


ESPECIFICACIONES VEHÍCULO
Tipo: XTRAIL
Puertas: 5
Largo: mm
Ancho: mm
Alto: mm

(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)
 DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS

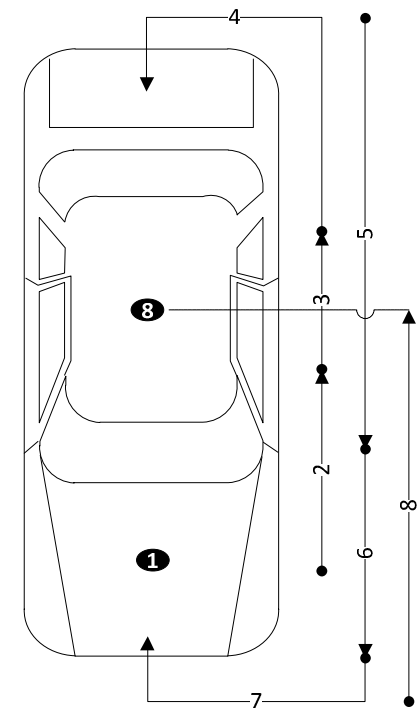
PROCESO: SECADO
 PERSONAL: 2
 TIEMPO: 15 minutos
 # MOVIMIENTOS Personal 1: 9

MOVIMIENTOS Personal 2: 8



DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES
Personal: 1
1. Puerta trasera derecha y cola.
2. Mitad: Cajuela y parabrisas.
3. Puerta trasera derecha: Abrir y limpiar.
4. Puerta delantera derecha: Abrir y limpiar.
5. Mitad: Capot, espejos y parabrisas.
6. Mitad: Techo.
7. Filos: Puerta trasera derecha.
8. Filos: Puerta delantera derecha.
9. Limpiar parabrisas adentro.

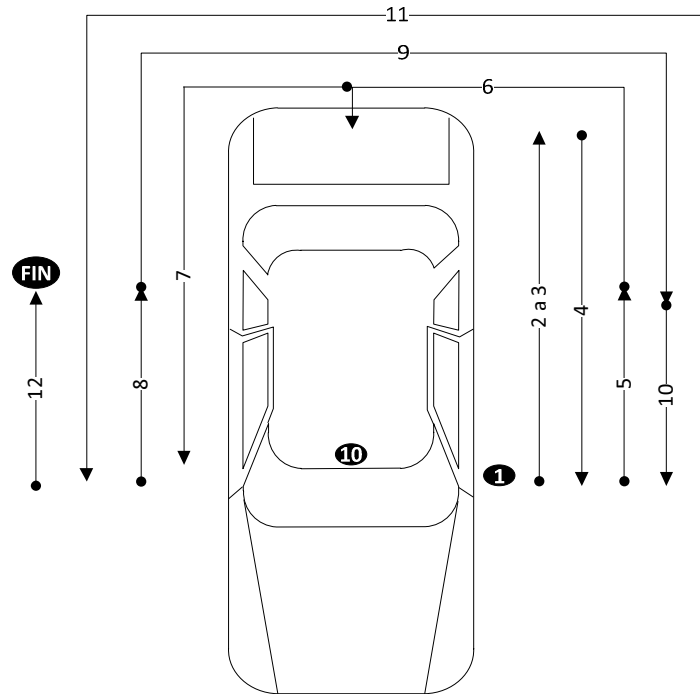
DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES
Personal: 2
1. Mitad: Capot, espejos y parabrisas.
2. Puerta delantera izquierda: Abrir y limpiar.
3. Puerta trasera izquierda: Abrir y limpiar.
4. Mitad: Cajuela y parabrisas.
5. Parte baja del vehículo.
6. Capot: Parte lateral.
7. Mitad: Capot y focos.
8. Mitad: Techo.



(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS

PROCESO: ASPIRADO
PERSONAL: 1
TIEMPO: 9 minutos
MOVIMIENTOS: 12
VEHÍCULO: TIIDA HB



ESPECIFICACIONES VEHÍCULO
Tipo: TIIDA Hatchback
Puertas: 5
Largo: 4.200 mm
Ancho: 1.695 mm
Alto: 1.535 mm

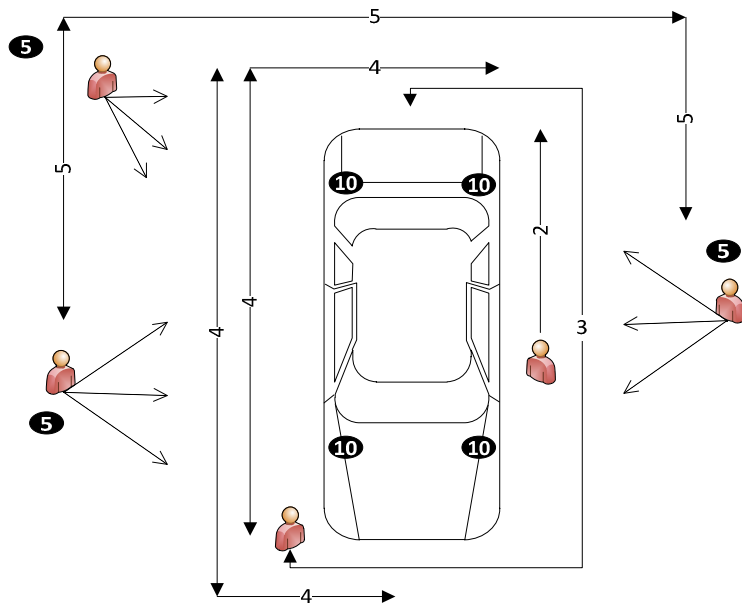
DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES
1. Puerta delantera izquierda: piso y asientos.
2. Retirar papel sucio de conductor.
3. Lanzar papel al basurero.
4. Retira moqueta y limpia.
5. Puerta trasera izquierda: Limpiar piso y asientos.
6. Cajuela: Limpiar.
7. Puerta delantera derecha: Limpiar piso y asientos.
8. Puerta trasera derecha: Limpiar piso y asientos.
9. Puerta trasera izquierda: Limpiar puerta.
10. Puerta delantera izquierda: Consola.
11. Puerta delantera derecha: Limpiar puerta.
12. Puerta trasera derecha: Limpiar puerta.

(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

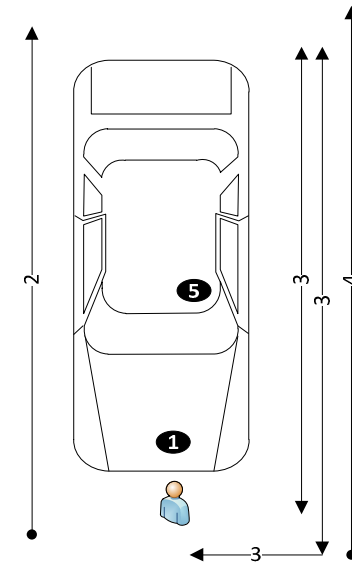
ANEXO 13. PROPUESTA DE MEJORA DEL RECORRIDO EN LIMPIEZA

DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS PROPUESTO

PROCESO: LAVADO
PERSONAL: 2
TIEMPO: 4 minutos
MOVIMIENTOS: 5 por personal
VEHÍCULO: SENTRA



DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES: Hombre Rojo
1. Estacionar y salir del vehículo
2. Tomar manguera
3. Enjuagar vehículo y regresa a dejar manguera
4. Enjabonar parte lateral derecha, cajuela, capot, techo: vidrios y parte baja.
5. Enjuagar vehículo.

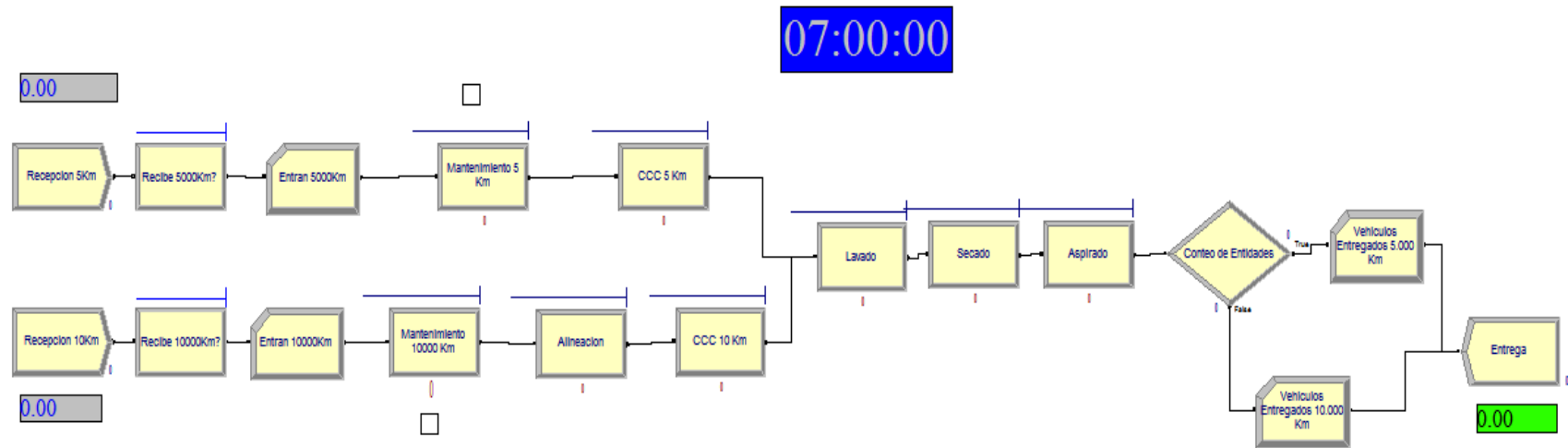


ESPECIFICACIONES VEHÍCULO
Tipo: SENTRA
Puertas: 5
Largo: mm
Ancho: mm
Alto: mm

DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES: Hombre Azul
1. Abrir capot
2. Caminar a tomar escoba
3. Enjabonar lateral izquierdo, techo, capot y cajuela: vidrios y parte baja.
4. Dejar escoba.
5. Ingresar al vehículo para sacarlo al final.

(Hidalgo y Torres, Creación de Diagrama de Flujos y Movimientos)

ANEXO 14. MODELO DE SIMULACIÓN PROPUESTO

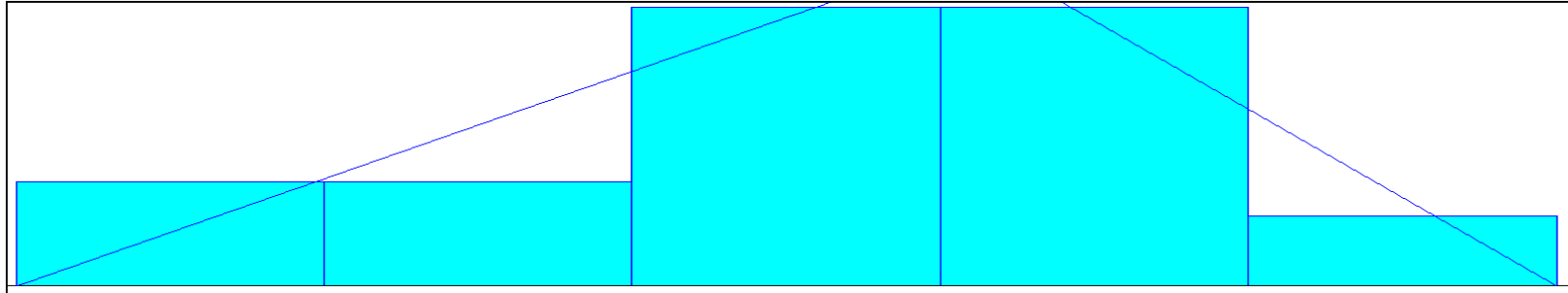


ANEXO 15. ANALISIS MUESTRA MANTENIMIENTO 5.000 KM PROPUESTA

a. Datos de la muestra del mantenimiento de 5.000 Km

Mantenimiento cada 5.000 Km									
#	Tiempo (min)	#	Tiempo (min)	#	Tiempo (min)	#	Tiempo (min)	#	Tiempo (min)
1	15,133	6	16,017	11	12,133	16	11,183	21	19,883
2	19,617	7	16,800	12	14,083	17	22,533	22	18,200
3	15,450	8	17,683	13	18,967	18	20,333	24	17,033
4	20,317	9	17,250	14	21,200	19	20,017		
5	19,500	10	12,400	15	16,783	20	18,033		

b. Distribución de los tiempos de Aspirado del Vehículo



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $\text{TRIA}(11, 18.5, 23)$
 Square Error: 0.009273

Chi Square Test
 Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 0.0412
 Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.118
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 24
 Min Data Value = 11.2
 Max Data Value = 22.5
 Sample Mean = 17.5
 Sample Std Dev = 2.95

Histogram Summary

Histogram Range = 11 to 23
 Number of Intervals = 5

c. Comprobación de Supuestos de Aleatoriedad e Independencia

Pruebas de Corridas: Tiempos Mantenimiento 5 Km Propuesto

Runs test for Tiempos Mantenimiento 5 Km

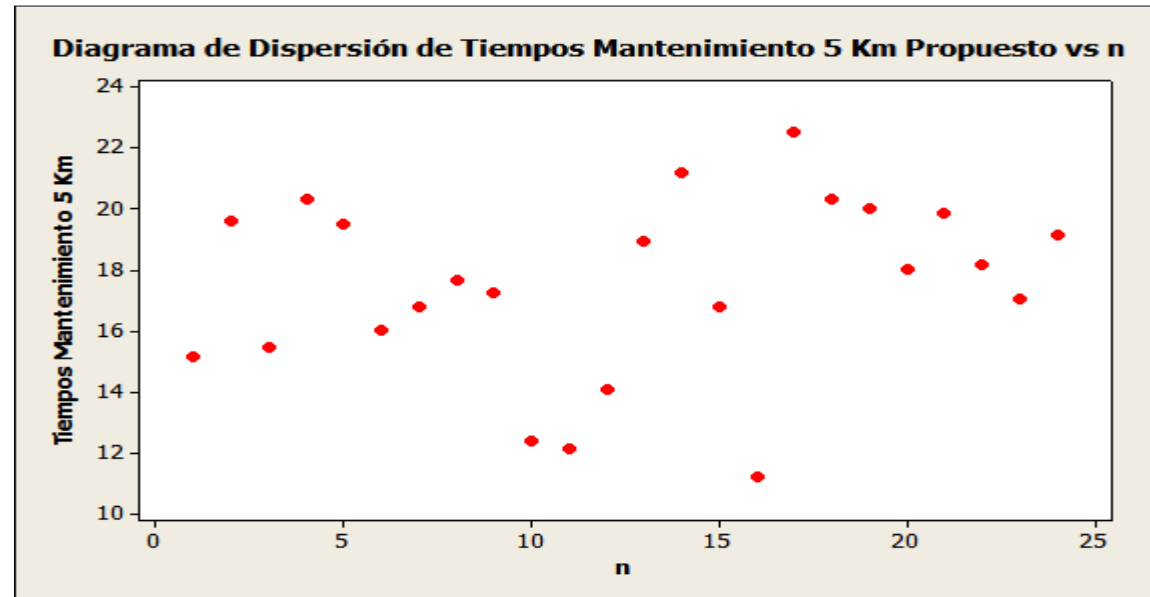
Runs above and below K = 17,4867

The observed number of runs = 12

The expected number of runs = 12,9167



































13 observations above K. 11 below











P-value = 0,700



Se observa que el valor P de las prueba de corrida es 0,7, con lo cual se comprueba el supuesto de aleatoriedad. Por otro lado, se comprueba el supuesto de independencia ya que no presenta ningún tipo de correlación.




















































ANEXO 16. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO PARA EL MANTENIMIENTO DE CADA 5.000 KM




















































Título: Categorización de Actividades Mantenimiento cada 5.000 Km - PROPUESTO								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
1	Parquear vehículo en bahía							50
2	Revisar luces en espejos de bahía							25
3	Revisar chisperos							35
4	Tomar OT							11
5	Realizar pedido de repuestos							30
6	Preparación del vehículo							68
7	Elevar vehículo completamente							50
8	Colocarse los guantes							10
9	Cambiar filtro de aceite*							143
10	Revisar aire de llantas							90
11	Bajar carro completamente							36
12	Recoger tijeras del elevador							14
13	Colocar aceite de motor							50
14	Revisar Ralenti							31
15	Colocar agua							30
16	Limpieza de Batería							20
17	Revisar nivel del aceite del motor							35










Título: Categorización de Actividades Mantenimiento cada 5.000 Km								
	Actividad	VAC	VAN	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
18	Lubricar puertas							50
19	Retirar Protectores							18
20	Retirar guantes							7
21	Checklist y Próximo Mantenimiento							77
22	Revisar freno de mano							30
TOTALES	SUMA	12	10	12	1	2	7	910

* La ubicación del filtro de aceite depende de cada modelo de vehículo.

ANEXO 17. PROPUESTA DE MEJORA DEL VALOR AGREGADO PARA EL MANTENIMIENTO DE 10.000 KM

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento 10.000 Km PROPUESTO									
	Actividad	VAC	VAN	Técnico	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
1	Parquear vehículo en bahía								60
2	Revisar luces								26
3	Revisar chispas								30
4	Preparación del vehículo								51
5	Tomar OT								11
6	Realizar pedido de repuestos								60
7	Elevar vehículo a media altura								23
8	Colocarse los guantes								9
9	Retirar tapacubos *								44
10	Revisión visual sistema de frenos								10
11	Retirar llantas								43
12	Rotar llantas								34
13	Elevar vehículo completamente								23
14	Cambiar filtro de aceite **								71
15	Colocar filtro de aceite								93
16	Revisar mangueras, tubo de escape, dirección.								103
17	Bajar vehículo a media altura								20

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto									
	Actividad	VAC	VAN	Técnico	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
18	Limpieza de pastillas, discos y afinamiento de frenos								328
19	Colocar llantas								116
20	Ajustar tuercas								60
21	Bajar vehículo completamente								25
22	Recoger tijeras de elevador								7
23	Cambiar filtro de combustible ****								84
24	Cambiar filtro de aire								70
25	Cambiar bujías *****								138
26	Colocar aceite de motor								61
27	Revisar Ralenti								31
28	Colocar agua								44
29	Limpieza de Bateria								22
30	Revisar nivel de aceite de motor								43
31	Lubricar puertas								42
32	Revisar bandas								25
33	Retirar Protectores								18
34	Guardar repuestos								42

Título: Categorización de Actividades Mantenimiento de 10.000 Km Propuesto									
	Actividad	VAC	VAN	Técnico	Operación	Movimiento	Inspección	Demora	Tiempo (seg)
35	Retirar guantes								7
36	Checklist y Próximo Mantenimiento								90
37	Revisar freno de mano								31
TOTALES	SUMA	24	13		25	1	2	9	1907

* Ciertos vehículos poseen tapacubos.

** La ubicación del filtro de aceite depende del modelo del vehículo.



*** Los propios Técnicos retiran los repuestos en dos bodegas o el aceite que se encuentra en el área de limpieza.

**** Ciertos modelos requieren el cambio del filtro de combustible a los 10.000 Km.

***** Ciertos modelos requieren del cambio de bujías a los 10.000 Km.

- Los Técnicos de color gris representan las actividades que se realizan con ayuda del otro Técnico. Mientras que los Técnicos azules son las actividades que realizan de manera repartida. Los Técnicos blancos son las actividades individuales que se realizan.

ANEXO 18. FORMATO ENCUESTA: "SERVICIO EXPRESS NISSAN"

	TALLERAUTO S.A.
ENCUESTA: "SERVICIO EXPRESS NISSAN"	
<p>Gracias por llenar esta encuesta, por favor solo complétela si usted ha realizado anteriormente mantenimientos de rutina a su vehículo NISSAN en el Taller "Granados".</p>	
<p>Propósito: Conocer su opinión y preferencias sobre la propuesta de creación del Servicio Express NISSAN para mantenimientos preventivos en el Taller "Granados".</p>	
<p>Instrucciones: Contesté las siguientes preguntas. Señale con una X en el lugar que corresponda.</p>	
<p>1. Género: F _____ M _____</p>	
<p>2. ¿Qué modelo de vehículo NISSAN posee? _____</p>	
<p>3. ¿De qué año? _____</p>	
<p>4. ¿Con qué frecuencia usted trae su vehículo para mantenimiento preventivo al Taller?</p> <p>Cada 5.000 Km _____</p> <p>Cada 10.000 Km _____</p> <p>Otro ¿Cuáles? _____</p>	
<p>5. Indique los aspectos por los que usted tiene preferencia en el servicio automotriz?</p> <p>Calidad _____</p> <p>Precio _____</p> <p>Garantía _____</p> <p>Tiempo de entrega _____</p> <p>Confiabilidad _____</p> <p>Otros ¿Cuáles? _____</p>	
<p>6. El "SERVICIO EXPRESS NISSAN" consiste en dar servicio mecánico a su vehículo en mantenimientos preventivos cada 5.000 Km, 10.000 Km, 30.000 Km, 50.000 Km, 70.000 Km y 90.000 Km y entregar su vehículo en 1 HORA. Bajo esta descripción, ¿estaría dispuesto a ingresar su vehículo al "SERVICIO EXPRESS NISSAN" del Taller Granados?</p> <p>SI _____</p> <p>NO _____ ¿Por qué? _____</p>	
<p>7. ¿En qué horario preferiría que el "SERVICIO EXPRESS NISSAN" esté disponible?</p> <p>De 6:45 a.m. a 13:00 p.m. _____</p> <p>De 13:00 p.m. a 16:00 pm _____</p> <p>Todo el día _____</p>	
<p>8. ¿Qué días preferiría que el "SERVICIO EXPRESS NISSAN" esté disponible?</p> <p>De lunes a viernes _____</p> <p>Sábados _____</p> <p>De lunes a sábado _____</p>	
	
<p>Gracias por su tiempo.</p>	

(Hidalgo y Torres)

ANEXO 19. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: "SERVICIO EXPRESS NISSAN"

ENCUESTA: "SERVICIO EXPRESS NISSAN"									
#	Género	Modelo	Año	Frecuencia	Razón	Servicio Express	Horario	Día	Disponibilidad
1	Masculino	TIIDA	2011	5000	Adquirió vehículo	SI	Mañana	Sabado	Café
2	Masculino	XTRAIL	2011	5000	Cercanía	SI	Mañana	Sabado	Asesoramiento
3	Masculino	TIIDA	2009	5000	Calidad	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable
					Precio				Café
					Garantía				
					Confiabilidad				
4	Masculino	SENTRA	2011	5000	Garantía	SI	Tarde	Sabado	TV/Cable
5	Masculino	PATROL	2009	5000	Calidad	NO		Lunes a Viernes	
6	Masculino	TIIDA	2010	5000	Calidad	SI	Mañana	Todo los días	TV/Cable
									WI-FI
									Revistas
									Café
7	Masculino	XTRAIL	2011	5000	Garantía	SI	Todo el día	Sabado	TV/Cable
									WI-FI
									Revistas
8	Masculino	Qashqai	2010	5000	Tiempo de entrega	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable
9	Masculino	SENTRA	2005	10000	Cita	SI	Mañana	Sabado	Revistas
10	Femenino	XTRAIL	2010	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable

#	Género	Modelo	Año	Frecuencia	Razón	Servicio Express	Horario	Día	Disponibilidad
11	Masculino	PATHFINDER	2005	5000	Garantía	NO		Lunes a Viernes	
12	Masculino	TIIDA	2011	5000	Tiempo de entrega	SI	Mañana	Sabado	TV/Cable
									WI-FI
									Revistas
13	Masculino	Tiida	2009	5000	Garantía	SI	Tarde	Lunes a Viernes	TV/Cable
									WI-FI
									Revistas
14	Masculino	PATHFINDER	2009	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable
									WI-FI
									Revistas
15	Femenino	XTRAIL	2009	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	WI-FI
16	Masculino	TIIDA	2009	5000	Calidad	SI	Mañana	Lunes a Viernes	WI-FI
					Garantía				
					Confiability				
17	Masculino	XTRAIL	2008	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	Revistas
18	Masculino	PATROL	2007	10000	Calidad	SI	Mañana	Lunes a Viernes	Revistas
19	Masculino	PATHFINDER	2005	5000	Calidad	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable
20	Masculino	XTRAIL	2010	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	TV/Cable
21	Masculino	XTRAIL	2007	5000	Calidad	SI	Tarde	Lunes a Viernes	Revistas
					Precio				
					Garantía				

#	Género	Modelo	Año	Frecuencia	Razón	Servicio Express	Horario	Día	Disponibilidad
22	Masculino	MURANO	2005	5000	Garantía	SI	Mañana	Lunes a Viernes	Café
23	Masculino	TIIDA	2004	5000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	WI-FI
					Precio				
					Garantía				
24	Masculino	XTRAIL	2010	5000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	TV/Cable
					Garantía				Revistas
25	Femenino	SENTRA	2011	5000	Garantía	SI	Mañana	Sabado	WI-FI
26	Masculino	SENTRA	2011	5000	Garantía	SI	Mañana	Sabado	TV/Cable
27	Masculino	SENTRA	2002	25000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	WI-FI
					Garantía				
28	Masculino	TIIDA	2010	5000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	Revistas
29	Femenino	XTRAIL	2011	5000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	Revistas
					Precio				
					Confiabilidad				
30	Masculino	XTRAIL	2011	5000	Calidad	SI	Mañana	Sabado	TV/Cable
					Precio				Revistas
					Confiabilidad				