



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA DISPOSICIÓN DE LAS  
INSTALACIONES Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LOS  
PROCESOS DE SERVICIO POST VENTA Y MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL TALLER DE QUITO MOTORS S.A.C.I -  
CONCESIONARIO AUTORIZADO FORD**

**Juan Pablo Montenegro Silva**

**Verónica León MS, Directora de Tesis**

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

Quito, junio de 2013

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Propuesta de mejoramiento de la disposición de las instalaciones y análisis de capacidad de los procesos de servicio post venta y mantenimiento preventivo del taller de Quito Motors S.A.C.I - Concesionario Autorizado FORD**

**Juan Pablo Montenegro Silva**

Verónica León, MS. ....  
Directora de tesis

Daniel Merchán, MS. ....  
Miembro del comité de tesis

Gabriela García, MS. ....  
Miembro del comité de tesis

Ximena Córdova, Ph.D. ....  
Decana de Ingeniería  
Colegio Politécnico

Quito, junio de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Juan Pablo Montenegro Silva

C. I.: 1719393173

Fecha: 25 de junio de 2013

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Federico y Alba Piedad que con su arduo esfuerzo diario supieron ser siempre mi apoyo, mi fuerza y la luz que guía mi camino, sin ellos no sería posible alcanzar este triunfo.

A mis hermanos Javier, Lorena y Santiago, quienes fueron los pilares para mi desarrollo profesional, así como personal. Supieron darme el apoyo y la confianza necesaria para adquirir y conquistar nuevos retos y a lo largo del camino nunca perdieron su fe en mí.

## AGRADECIMIENTOS

A mis amigos:

*“Por haber sido siempre mi apoyo y mi refugio durante todo el tiempo de mi formación profesional, así como durante los arduos momentos de la realización del proyecto de tesis”.*

A los profesores de la Universidad San Francisco de Quito:

*“Por haber sido los partícipes de mi formación profesional, por saber compartir sus conocimientos y haber demostrado su compromiso con la educación de todos aquellos quienes hemos pasado por las aulas de esta gran institución”.*

Juan Pablo Montenegro S.

## RESUMEN

Para poder realizar un rediseño de las instalaciones, primero es necesario determinar los procesos, las estaciones de trabajo que intervienen en los servicios de mantenimiento y las métricas de desempeño del sistema actual. Con estos resultados se analizan las principales causas para los problemas que se presentan y se procede a utilizar algoritmos para generar tres propuestas de instalaciones, de las que se debe escoger la más eficiente y utilizar los nuevos requerimientos de espacio en función de las necesidades de las estaciones de trabajo. Con esta alternativa propuesta se diagramará con todas las consideraciones de espacios para departamentos, circulación y maquinaria.

Mediante una reasignación de capacidad de las estaciones de trabajo, se procede a simular la alternativa propuesta para determinar si las medidas de desempeño son mejores que las del sistema actual; de manera que se aumente la capacidad de servicio de vehículos y se reduzca el trabajo en proceso. Además, la bodega forma parte de la línea de manufactura de la planta por lo que se propone un sistema de ubicación fija de ítems, señalización y propuesta de clasificación, organización, limpieza, normalización y mantenimiento de esta disciplina para mejoramiento de todos los departamentos de la planta.

**Palabras clave:** Rediseño, simulación, algoritmos, eficiencia.

## ABSTRACT

To allow a redesign of the facilities, it is first necessary to determine the processes, the workstations involved in the maintenance and performance metrics of the current system. These results are analyzed to determine the main causes for the problems that arise and proceed to use algorithms to generate three proposed facilities, of which the most efficient must be chosen and use the new space requirements depending on the needs of workstations. With this alternative proposal is to map out all considerations of space for departments, circulation, and machinery.

By reallocating capacity of workstations, were simulated the proposed alternative to determine if performance measures are better than the current system, so that increasing the capacity of service vehicles and reduce work process. In addition, the warehouse is also part of the manufacturing process so at proposing a fixed location system for each item, signage and proposed classification, organization, cleanliness, standardization and discipline to maintain this improvement in all departments of the plant.

**Keywords:** Redesign, simulation, algorithms, efficiency.



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>Abstract</b>	<b>8</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>16</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
1.1 Introducción	18
1.2 Descripción de la empresa	19
1.2.1 Misión	20
1.2.2 Visión	20
1.2.3 Valores corporativos	21
1.3 Antecedentes	21
1.4 Organigrama Corporativo de Quito Motors S.A.C.I.	23
1.5 Justificación e importancia del proyecto	23
1.6 Objetivo General	26
1.7 Objetivos Específicos	26
<b>2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA</b>	<b>28</b>
2.1 Marco Teórico	28
2.1.1 Análisis de procesos	28
2.1.1.1 Diagramas de flujo	29
2.1.1.2 Análisis de valor de los procesos	30
2.1.1.3 Cadena de Valor	30
2.1.1.4 Macro Procesos Gobernantes	31
2.1.1.5 Macro Procesos Productivos (Críticos)	31
2.1.1.6 Macro Procesos Habilitantes	31
2.1.2 Sistemas de producción	31
2.1.2.1 Sistema de producción Taller	32
2.1.2.2 Manejo de celdas de manufactura	32
2.1.2.3 Otros sistemas de producción	32
2.1.3 Combinación de actividades	33
2.1.4 Flujo de materiales	34
2.1.4.1 Patrones de flujo	34
2.1.4.1.1 <i>Flujo dentro de las estaciones de trabajo</i>	34
2.1.4.1.2 <i>Flujo dentro de los departamentos</i>	34
2.1.4.2 Planificación del flujo	35
2.1.4.3 Medición del flujo	36
2.1.4.3.1 <i>Medición cuantitativa del flujo</i>	36
2.1.4.3.2 <i>Medición cualitativa del flujo</i>	37
2.1.5 Manejo de materiales	38
2.1.5.1 Definición de la carga unitaria	40
2.1.6 Procedimientos para la disposición de instalaciones	40
2.1.6.1 Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP)	41
2.1.6.2 Modelos de optimización	42
2.1.6.3 Enfoques algorítmicos	43
2.1.6.3.1 <i>Método de intercambio pareado</i>	43
2.1.6.3.2 <i>Método CRAFT</i>	44
2.1.6.3.3 <i>Método BLOCPLAN</i>	44
2.1.7 Estudio de tiempos	45
2.1.7.1 Equipo y materiales para el estudio de tiempos	45
2.1.7.2 Inicio del estudio de tiempos	46
2.1.7.3 Tiempo normal y definición de tolerancias	46

2.1.7.4	Tiempo estándar	47
2.1.8	Tamaño de muestra	47
2.1.8.1	Nivel de confianza	48
2.1.9	Pruebas de bondad y ajuste	49
2.1.9.1	Prueba Chi Cuadrado	49
2.1.9.2	Prueba Kolmogorov-Smirnov	50
2.1.10	Simulación de sistemas de producción	51
2.1.10.1	<i>Software a utilizar</i>	53
2.1.10.2	<i>Métricas necesarias para realizar la simulación</i>	53
2.1.11	Manufactura esbelta	56
2.1.11.1	<i>Sistema 5S</i>	57
2.1.11.2	<i>Software para propuesta de sistemas 5S</i>	58
2.2	Revisión literaria	58
2.2.1	Utilización de herramientas de simulación para el diseño y planificación de la disposición. (Tearwattanarattikal et. al, 2008)	58
2.2.2	Un enfoque alternativo al algoritmo de búsqueda para el problema de diseño de disposiciones. (Gholizadeh et. al, 2010)	59
2.2.3	Simulación de los sistemas flexibles de manufactura. (Srinivas et. al, 2011)	59
2.2.4	Optimización del manejo de materiales en una empresa fabricante de cremas dentales mediante métodos evolutivos. (Maneiro et. al, 2005)	60
2.2.5	Adoptar la iniciativa de la industria automotriz para la transformación de la cultura. (Davis, 2011)	60
2.2.6	Mejora del flujo de material en líneas de montaje automatizadas usando logísticas esbeltas. (Bulej et. al, 2011)	61
2.2.7	Un nuevo enfoque para el análisis automático y control de sistemas de manejo de materiales: un análisis integrado de diseño de flujo.	62
2.3	Contraste de la revisión literaria	63
<b>3.</b>	<b>RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL ESTUDIO</b>	<b>65</b>
3.1	Descripción del proceso	65
3.1.1	Cadena de Valor	66
3.1.2	Lista maestra de procesos	67
3.1.3	Diagrama de flujo del proceso productivo actual del Taller de Quito Motors S.A.C.I.	70
3.1.4	Descripción del sistema de manejo de materiales	71
3.2	Identificación del problema	72
3.3	Identificación de productos y servicios del Taller de Quito Motors S.A.C.I.	74
3.3.1	Productos representativos	74
3.3.2	Servicios que ofrece el Taller de Quito Motors S.A.C.I.	75
3.4	Levantamiento de datos de taller para análisis	78
3.5	Vehículos atendidos en taller en el período seleccionado	79
3.6	Trabajos realizados en taller en el periodo seleccionado	81
3.7	Disposición actual de las instalaciones de Quito Motors S.A.C.I.	83
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE QUITO MOTORS MATRIZ</b>	<b>86</b>
4.1	Análisis de la demanda de taller periodo 2011 – 2012	86
4.2	Análisis de servicio de mantenimiento preventivo por kilometraje para vehículos seleccionados para el estudio.	96
4.3	Operaciones realizadas en mantenimiento preventivo para vehículos seleccionados para el estudio.	99
4.4	Determinación de tamaño de muestra para análisis de tiempos de servicio de mantenimiento preventivo de los vehículos seleccionados para el estudio	101
4.4.1	Determinación de la proporción esperada	102
4.4.2	Nivel de confianza	104

4.4.3	Determinación de la precisión	104
4.4.4	Cálculo del tamaño de muestra	104
4.5	Parámetros para la simulación del sistema actual de la planta taller de Quito Motors	110
4.5.1	Definición del sistema conceptual	110
4.5.2	Mediciones de desempeño	110
4.5.3	Identificación de eventos, variables y actividades del sistema:	111
4.6	Análisis de datos de entrada	112
4.6.1	Análisis de medias para tiempos de arribo	112
4.6.2	Análisis de aleatoriedad e independencia de las observaciones de las estaciones de servicio	113
4.6.3	Análisis de distribuciones de probabilidad y pruebas de bondad y ajuste para las estaciones de servicio	115
4.6.4	Sistema simulado en Arena ®	117
4.6.5	Verificación y validación del sistema simulado	118
4.6.6	Ejecución del modelo	121
4.6.6.1	Longitud de la corrida	121
4.6.6.2	Número de réplicas	121
4.6.7	Resultados de mediciones de desempeño actuales de la planta taller	123
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES ACTUALES Y REDISEÑO DE LA PLANTA TALLER</b>	<b>126</b>
5.1	Consideraciones de la disposición actual	126
5.2	Análisis del flujo de la disposición actual	128
5.2.1	Definición de parámetros para el análisis de las instalaciones actuales	129
5.2.2	Definición de flujo para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	129
5.2.3	Definición de carga unitaria para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	129
5.3	Diseño de la carga unitaria unificada	130
5.4	Matriz Desde – Hacia para cargas unificadas	131
5.5	Matriz de Flujo Entre para cargas unificadas	132
5.6	Matriz de Relaciones	132
5.7	Matriz de costos	133
5.8	Restricciones de espacio	134
5.8.1	Departamentos con restricciones de espacio	134
5.8.2	Requerimientos de espacio	135
5.9	Análisis de instalaciones actuales del taller	135
5.9.1	Eficiencia de las instalaciones actuales del taller	135
5.10	Algoritmos de rediseño de instalaciones	138
5.10.1	Modelo SLP (Planeación Sistemática de Instalaciones)	138
5.10.1.1	<i>Información necesaria para SLP</i>	138
5.10.1.2	<i>Diagrama de instalaciones resultante</i>	139
5.10.1.3	<i>Eficiencia del modelo SLP resultante</i>	140
5.10.2	Modelo BLOCPLAN	140
5.11	Algoritmos de rediseño para mejoramiento de algoritmos propuestos	142
5.11.1	Modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo SLP	142
5.11.1.1	<i>Eficiencia del modelo CRAFT para mejoramiento del modelo SLP</i>	148
5.11.2	Modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo BLOCPLAN	148
5.11.2.1	<i>Eficiencia del modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN</i>	151
5.11.3	Análisis y comparación de modelos y elección de la mejor propuesta	152
5.11.4	Diseño de las instalaciones propuestas	152
5.11.5	Eficiencia de las instalaciones propuestas del taller	157
<b>6.</b>	<b>SIMULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO</b>	<b>158</b>
6.1	Simulación del sistema propuesto para la planta de Quito Motors Matriz	158
6.1.1	Consideraciones de aumento de capacidad para las estaciones del taller	158
6.1.2	Asignación de recursos a departamentos	159
6.1.3	Sistema simulado en Arena ®	160

6.1.4	Ejecución del modelo	161
6.1.5	Resultados del sistema simulado	163
6.2	Consideraciones adicionales para la planta de Quito Motors Matriz	165
6.2.1	Consideraciones 5'S	165
6.2.2	Instalaciones mejoradas con consideraciones 5'S	166
<b>7</b>	<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO</b>	<b>178</b>
7.1	Project Charter del Proyecto	178
7.2	Declaración del alcance del proyecto	181
7.3	Estructura de Desglose de Trabajo (WBS) del proyecto	183
7.4	Diccionario WBS para el proyecto:	184
7.5	Administración de costos	186
7.6	Administración de riesgo	187
7.7	Administración de abastecimientos	188
7.8	Administración de calidad	190
7.9	Administración de integración	191
7.10	Análisis beneficio – costo para determinación de factibilidad del proyecto:	192
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>194</b>
8.1	Conclusión general	194
8.2	Conclusiones específicas	194
8.3	Recomendaciones	196
	<b>Bibliografía y referencias</b>	<b>197</b>
	<b>Anexos</b>	<b>202</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Corporativo Quito Motors S.A.C.I.	23
Figura 2. Simbología utilizada para diagramas de flujo	28
Figura 3. Ejemplo de análisis de valor de un proceso	29
Figura 4. Ejemplo de Cadena de Valor para Café Restaurante Vaco & Vaca	30
Figura 5. Flujo entre departamentos	35
Figura 6. Flujo expresado en cargas, tabla desde-hacia	37
Figura 7. Flujo expresado en cargas, tabla desde-hacia	38
Figura 8. Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP)	42
Figura 9. Cadena de Valor Quito Motors S.A.C.I.	66
Figura 10. Diagrama espina de pescado Quito Motors S.A.C.I.	73
Figura 11. Distribución de población de vehículos de taller en función a tipo de vehículo	80
Figura 12. Distribución de los trabajos de taller en función a asistencia de vehículos	82
Figura 13. Instalaciones actuales de taller de Quito Motors	85
Figura 14. Participación de marcas automotrices en el Mercado Nacional año 2010	87
Figura 15. Ventas Nacionales período 2005 - 2013	88
Figura 16. Ventas Nacionales por Ciudad período 2012 - 2013	88
Figura 17. Composición de vehículos vendidos en período 2012 - 2013	89
Figura 18. Atención de entidades en Mantenimiento por tipo de Vehículo	90
Figura 19. Garantías FORD VENEZUELA por tipo de Vehículo	91
Figura 20. Diagrama de Pareto para incidencias de Mantenimiento por tipo de Vehículo	92
Figura 21. Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo F-150	94
Figura 22. Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo EXPLORER	95
Figura 23. Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo ESCAPE	95
Figura 24. Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo ECOSPORT	96
Figura 25. Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford F-150	97
Figura 26. Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford ESCAPE	97
Figura 27. Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford EXPLORER	98
Figura 28. Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford ECOSPORT	99
Figura 29. Parque Automotor Revisado 2003 - 2012	103
Figura 30. Gráfica de caja de F-150	106
Figura 31. Gráfica de caja de EXPLORER	107
Figura 32. Gráfica de caja de ESCAPE	107
Figura 33. Gráfica de caja de ECOSPORT	108
Figura 34. Diagrama espina de pescado para los tiempos de mantenimiento elevados	109
Figura 35. Gráfica de caja de Lunes, Martes	113
Figura 36. Análisis de independencia para tiempos de arribo lunes - jueves	114
Figura 37. Distribución resultante para tiempos de arribo lunes - jueves	116
Figura 38. Modelo de Simulación para Quito Motors Matriz	118
Figura 39. Pantalla resultante de la depuración del modelo de simulación	119
Figura 40. Pantalla resultante de la depuración del modelo de simulación	120
Figura 41. Resultados de la utilización de recursos para 10 réplicas	125
Figura 42. Diagrama de cruce de diagonales para determinar centroides	128
Figura 43. Ilustración de la caja para manejo de repuestos en el taller	130
Figura 44. Pantalla de inicialización del modelo	143
Figura 45. Pantalla de personalización del modelo	144
Figura 46. Disposiciones iniciales para el modelo CRAFT - SLP	146
Figura 47. Solucionar el modelo CRAFT	147
Figura 48. Disposiciones iniciales para el modelo CRAFT - BLOCPLAN	149

Figura 49. Solucionar el modelo CRAFT	150
Figura 50. Modelo de simulación propuesto	161
Figura 51. Utilización de recursos modelo propuesto	164
Figura 52. Bodega propuesta imagen 1	167
Figura 53. Bodega propuesta imagen 2	167
Figura 54. Bodega propuesta imagen 3	168
Figura 55. Elevador propuesto imagen 1	169
Figura 56. Elevador propuesto imagen 2	169
Figura 57. Elevador propuesto imagen 3	170
Figura 58. Fosa propuesta imagen 1	171
Figura 59. Fosa propuesta imagen 2	171
Figura 60. Fosa propuesta imagen 3	172
Figura 61. Lavadora propuesta imagen 1	173
Figura 62. Lavadora propuesta imagen 2	173
Figura 63. Lavadora propuesta imagen 3	174
Figura 64. Sala de reuniones propuesta imagen 1	175
Figura 65. Sala de reuniones propuesta imagen 2	175
Figura 66. Sala de reuniones propuesta imagen 3	176
Figura 67. WBS Organizacional	184
Figura 68. Diagrama de causa y efecto para retrasos e inoperancia en la planificación y ejecución del proyecto	190
Figura 69. Diagrama de flujo para respuesta al cambio y aprendizaje organizacional	191
Figura 70: Gráfica de caja Lunes. Martes	216
Figura 71. Gráfica de caja Lunes. Miércoles	217
Figura 72. Gráfica de caja Lunes. Jueves	218
Figura 73. Gráfica de caja Lunes. Viernes	219
Figura 74. Gráfica de caja Martes, Miércoles	220
Figura 75. Gráfica de caja Martes, Jueves	221
Figura 76. Gráfica de caja Martes, Viernes	222
Figura 77. Gráfica de caja Miércoles, Jueves	223
Figura 78. Gráfica de caja Miércoles, Viernes	224
Figura 79. Gráfica de caja Jueves, Viernes	225
Figura 80. Análisis de independencia para tiempos de arribo lunes - jueves	226
Figura 81. Análisis de independencia para tiempos de arribo viernes	227
Figura 82. Análisis de independencia para tiempos de recepción	228
Figura 83. Análisis de independencia para tiempos de inspección	229
Figura 84. Análisis de independencia para tiempos de repuestos	230
Figura 85. Análisis de independencia para tiempos de cambio de aceite y filtro	231
Figura 86. Análisis de independencia para tiempos de mantenimiento 5000 Km	232
Figura 87. Análisis de independencia para tiempos de lavado de vehículos	233
Figura 88. Distribución resultante para tiempos de arribo L-J	234
Figura 89. Distribución resultante para tiempos de arribo Viernes	235
Figura 90. Distribución resultante para tiempos de recepción de vehículos	236
Figura 91. Distribución resultante para tiempos de inspección de vehículos	237
Figura 92. Distribución resultante para tiempos de pedido y despacho de repuestos	238
Figura 93. Distribución resultante para tiempos de cambio de aceite y filtro	239
Figura 94. Distribución resultante para tiempos mantenimiento de 5000 KM	240
Figura 95. Distribución resultante para tiempos de lavado de vehículos	241

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista Maestra de Procesos Quito Motors S.A.C.I.	67
Tabla 2. Lista Maestra de Subprocesos Productivos del Taller Quito Motors S.A.C.I.	69
Tabla 3. Presentación de vehículos Quito Motors de Venta Actual	74
Tabla 4. Vehículos atendidos en taller en periodo 2011 a 2012	79
Tabla 5. Trabajos realizados en Taller Matriz	81
Tabla 6. Participación de Marcas Automotrices en Ecuador año 2010	86
Tabla 7. Ventas Nacionales Quito Motors S.A.C.I. 2005 - 2013	87
Tabla 8. Cantidad de entidades en mantenimiento planificado por tipo de vehículo	90
Tabla 9. Ingresos de Mantenimiento por Vehículo y Frecuencia	93
Tabla 10. Operaciones realizadas a Vehículos Ford F-150/ESCAPE/EXPLORER/ECOSPORT en mantenimiento planificado	100
Tabla 11. Parque Automotor Revisado en DMQ en 2012	102
Tabla 12. Datos a recolectar por vehículo	105
Tabla 13. Prueba Z para muestras levantadas de tiempos de mantenimiento	106
Tabla 14. Resultados para el análisis de aleatoriedad e independencia	115
Tabla 15. Resultados para el análisis de distribuciones de probabilidad	117
Tabla 16. Comparación inicial de resultados de sistema simulado vs. Real	120
Tabla 17. Cálculo del número de réplicas para modelo actual	122
Tabla 18. Comparación de número de réplicas para diferentes R iniciales	123
Tabla 19. Nomenclatura y áreas taller Quito Motors Matriz	127
Tabla 20. Categorías y ponderaciones de importancia para la matriz de relaciones	132
Tabla 21. Razones y ponderaciones de importancia para la matriz de relaciones	133
Tabla 22. Nomenclatura y áreas a escala para el modelo CRAFT	145
Tabla 23. Resultados para el modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo SLP	147
Tabla 24. Resultados para el modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo BLOCPLAN	150
Tabla 25. Resultados de eficiencias de adyacencias y eficiencias normalizadas para todos los modelos	152
Tabla 26. Nomenclatura y áreas taller modificadas para diagrama SLP para Quito Motors Matriz	155
Tabla 27. Resultados de la reasignación de operarios a estaciones de trabajo en el taller	160
Tabla 28. Cálculo de réplicas para modelo propuesto	162
Tabla 29. Comparación de número de réplicas para diferentes R iniciales	162
Tabla 30. Operaciones para desarrollo de herramienta 5'S	166
Tabla 31. Costos de mano de obra y materiales para implementación del proyecto	186
Tabla 32. Matriz de riesgos para el proyecto	188
Tabla 33. Matriz de abastecimientos para el proyecto	189

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1: Diagrama de flujo de procesos para Quito Motors S.A.C.I.</b>	<b>202</b>
1. Diagrama de flujo – Mantenimiento planificado	203
2. Diagrama de flujo – Proceso de importaciones	204
3. Diagrama de flujo – Proceso de pedido aéreo	205
4. Diagrama de flujo – Proceso de pedido de emergencia	206
5. Diagrama de flujo – Venta de repuestos por mostrador	207
6. Diagrama de flujo – Venta de repuestos/piezas por pedido del cliente	208
7. Diagrama de flujo – Proceso de pedido sugerido	209
8. Diagrama de flujo – Proceso de venta de repuestos corporativos	210
9. Diagrama de flujo – Proceso de pre venta y venta de vehículos	211
<b>Anexo 2: Procesos y operaciones de mantenimiento planificado para Quito Motors S.A.C.I.</b>	<b>212</b>
1. Tabla de Mantenimiento Planificado para FORD F-150 / EXPLORER / ESCAPE / ECOSPORT	213
2. Operaciones de mantenimiento planificado para vehículos Ford F-150/ ESCAPE/ EXPLORER y ECOSPORT	214
<b>Anexo 3: Levantamiento de información y análisis de los datos:</b>	<b>215</b>
1. Análisis de asistencia a taller, pruebas pareadas entre días	216
2. Análisis de independencia y aleatoriedad de los datos	226
3. Análisis de distribuciones de probabilidad para las estaciones de servicio y pruebas de bondad y ajuste	234
4. Diagrama de la disposición Quito Motors Matriz 2010	243
<b>Anexo 4: Diagramación de las instalaciones actuales e identificación de flujos del taller</b>	<b>244</b>
1. Diagrama de disposición Quito Motors Matriz Levantado	245
2. Diagrama Espaguetti para los flujos de la planta de Quito Motors S.A.C .I.	246
<b>Anexo 5: Análisis de instalaciones actuales y matrices necesarias para cálculos de eficiencia</b>	<b>247</b>
1. Matriz de Distancias entre departamentos para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	248
2. Matriz de Desde - Hacia para cargas unificadas entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	249
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	249
4. Matriz de costos para cargas unificadas en Quito Motors S.A.C.I.	250
5. Matriz de adyacencias para los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	250
6. Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	251
<b>Anexo 6: Diagramación de relaciones y procedimiento SLP</b>	<b>252</b>
1. Diagrama SLP para las relaciones tipo A para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	253
2. Diagrama SLP para las relaciones tipo E para la planta de Quito Motors S.A.C.I	254
3. Diagrama SLP para las relaciones tipo I para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	255
4. Diagrama SLP para las relaciones tipo O para la planta de Quito Motors S.A.C.I	256
5. Diagrama SLP para las relaciones tipo U para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	257
6. Diagrama SLP para las relaciones tipo X para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	258
7. Diagrama SLP con todas las relaciones para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	259
8. Diagrama SLP con cuadro de áreas para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	260
9. Diagrama SLP con cuadro de áreas para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	261
10. Diagrama de instalaciones resultante del modelo SLP para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	262
<b>Anexo 7: Matrices para cálculo de eficiencia del modelo SLP</b>	<b>263</b>
1. Matriz de Desde - Hacia para cargas unificadas entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	264
2. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	264



3. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo SLP resultante	265
<b>Anexo 8: Matrices para elaboración del modelo BLOCPLAN y cuantificación de la eficiencia</b>	<b>266</b>
1. Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	267
2. Diagrama BLOCPLAN Resultante para la planta de Quito Motors S.A.C.I.	268
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	269
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo BLOCPLAN	269
5. Matriz de distancias para modelo BLOCPLAN en Quito Motors S.A.C.I.	270
6. Matriz de adyacencias ponderadas para modelo BLOCPLAN	270
<b>Anexo 9: Algoritmo CRAFT para mejoramiento de la propuesta del algoritmo SLP</b>	<b>271</b>
1. Plantilla de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo SLP	272
2. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo	273
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	274
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo CRAFT resultante. SLP	274
<b>Anexo 10: Algoritmo CRAFT para mejoramiento de la propuesta del algoritmo BLOCPLAN</b>	<b>275</b>
1. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN	276
2. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN	277
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.	278
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo CRAFT resultante. BLOCPLAN	278
5. Matriz de distancias entre departamentos para Instalaciones Propuestas	279
<b>Anexo 11: Instalaciones propuestas para la planta de Quito Motors Matriz, consideraciones para bodega y otras estaciones de trabajo.</b>	<b>280</b>
1. Diagrama de disposición Quito Motors Matriz Propuesto	281
2. Detalles para la bodega de Quito Motors Matriz	282
3. Detalles para archivo y fosas para Quito Motors Matriz	283
4. Condiciones de almacenamiento fijo para la bodega de Quito Motors Matriz	284
<b>Anexo 12: Resultados de la simulación del sistema actual y el propuesto, obtenidos por el software Arena ®</b>	<b>285</b>
1. Resultados de la simulación del sistema actual	286
2. Resultados de la simulación del sistema propuesto	292
<b>Anexo 13: WBS organizacional, WBS estructural, Diagrama de Gantt y Matriz de Roles y Funciones para la implementación del proyecto de Rediseño de Instalaciones para Quito Motors Matriz.</b>	<b>299</b>
1. WBS organizacional	300
2. WBS estructural	301
3. Diagrama de Gantt	302
4. Matriz de roles y funciones	303

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Introducción

El presente proyecto se surge de la necesidad de la organización Quito Motors Sociedad Anónima, Corporación e Industria; para obtener mejores resultados para el nivel de servicio de atención a los clientes post venta; esto se debe a que dado un incremento en la demanda de servicio de mantenimiento preventivo, correctivo, reparación de motores, sistemas de inyección, más otros servicios que el taller ofrece.

Desde el año 2012 se han observado tiempos prolongados de mantenimiento, excesivo trabajo en proceso y otros factores que afectan el flujo de vehículos y repuestos entre las estaciones de trabajo; lo que genera dificultad para cumplir con la demanda esperada de clientes, para esto se requiere un análisis de los procesos del taller, determinar indicadores del desempeño actual de la planta y además generar una propuesta de mejora de las instalaciones, para que se pueda cumplir con la meta de atender más vehículos por día, identificar como aumentar su capacidad de atención de vehículos por día.

El proyecto se inicializó con una análisis de los procesos involucrados en el mantenimiento preventivo del taller, con esto se tomaron métricas de tiempos de servicio y se pudieron determinar indicadores para evaluar el estado actual de la planta, con estos indicadores se observó que existe un flujo inadecuado entre los departamentos del taller, por lo que se realizó una propuesta de rediseño de instalaciones, acompañada de una reasignación de operarios a los departamentos y se evaluó mediante una simulación como se afecta el sistema con la instalación propuesta y con las capacidades modificadas para las estaciones de servicio.

Finalmente se desarrollaron consideraciones para las estaciones de trabajo, debido a falta de orden y organización, se utilizaron consideraciones para mejorarlas. La bodega tenía problemas para la localización de ítems, por lo que se propuso un sistema de alojamiento específico, de manera que se facilite la ubicación de los ítems en el momento necesario.

## **1.2 Descripción de la empresa**

Quito Motors es una compañía que fue fundada el 6 de julio de 1959, año en que se adquirió la franquicia de Ford Motors Company®, convirtiéndose en una de las primeras marcas mundiales en tener presencia en el Ecuador, liderando el mercado alrededor de 25 años hasta que ingresaron las ensambladoras locales. Desde entonces Quito Motors S.A.C.I se ha mantenido ofreciendo al mercado nacional una alta gama de vehículos todo terreno, camionetas (pick up), vehículos sedán y hatchback para clientes que disfruten la seguridad, el confort, la elegancia que propia de la marca Ford.

Las oficinas de Quito Motors estaban inicialmente ubicadas en la calle Montúfar, en 1962 se construyeron las oficinas actuales ubicadas en la Av. Diez de Agosto N25-128 y Colón. Las oficinas cuentan con un área aproximada de 11.000 metros cuadrados, en donde se divide la sección de ventas, post ventas y el área de taller. Las instalaciones han tenido varias remodelaciones, la primera realizada en 1982, la segunda en 1990 y la última en 1998; actualmente en busca de satisfacer mejorar las expectativas del cliente se está realizando una remodelación no solo de la sucursal matriz sino de otras sucursales a nivel país. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

Quito Motors representó a la marca FORD desde su inicio, por ser la marca más cotizada en el mercado mundial en aquel entonces. Los primeros modelos en importarse y venderse fueron Ford Taurus, Contina, Sierra, Mustang, Fairimont, Ranger y F-150. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

A partir del año 2001, empieza un proceso de expansión a nivel nacional que implica desarrollar el negocio automotriz en las provincias de Imbabura (Ibarra), Tungurahua, (Ambato), Chimborazo (Riobamba) y Azuay (Cuenca) y Santo Domingo Tsáchilas (Santo Domingo). Dentro de la área urbana de la provincia de Pichincha, se encuentran las siguientes sucursales: El Inca (Av. 10 de Agosto y El Inca Esq.), Eloy Alfaro (Av. Eloy Alfaro s/n entre Gaspar de Villarreal y José Queri), Granados (Av. De los Granados 229 y Eloy Alfaro), Los Chillos (Av. Gral. Rumiñahui y San Juan de Dios Esq.) Y el taller Matriz (Av. 10 de agosto N25-108 y Colón.). (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

### **1.2.1 Misión**

“Exceder las expectativas de nuestros clientes, asegurando una experiencia gratificante de entrega, posesión y uso de nuestros productos y servicios automotrices. Esta misión será alcanzada con el conocimiento de los deseos de cada cliente por todo el personal, a fin de satisfacerlos siempre y así, ser merecedores de su confianza y lealtad”. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

### **1.2.2 Visión**

La Visión de Quito Motors es: “liderar el mercado nacional en la venta de vehículos y en la entrega de servicio en el área automotriz, brindando atención personal y especializada a nuestro clientes, lo cual nos permitirá un acercamiento

al mercado, concientizando además a cada miembro de nuestro equipo de trabajo acerca de las necesidades que se deben satisfacer en el cliente”.

“Mejoraremos estratégicamente las áreas de comunicación interdepartamental, estableciendo prácticas motivacionales, para que el trabajador comprometa su mejor esfuerzo, experiencia y profesionalismo en la atención de nuestros clientes”. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

### **1.2.3 Valores corporativos**

- “Cordialidad
- Amabilidad
- Confiabilidad
- Responsabilidad con el cliente
- Agilidad y flexibilidad”. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

## **1.3 Antecedentes**

Quito Motors S.A.C.I es el concesionario Ford de mayor prestigio en la sierra del País, durante los últimos años su aumento de participación en el mercado ha sido notable, manteniendo una alta reputación en el mercado de los vehículos de diferentes tipos como Jeep, camionetas y sedanes; de un valor comercial medio y alto en el mercado ecuatoriano.

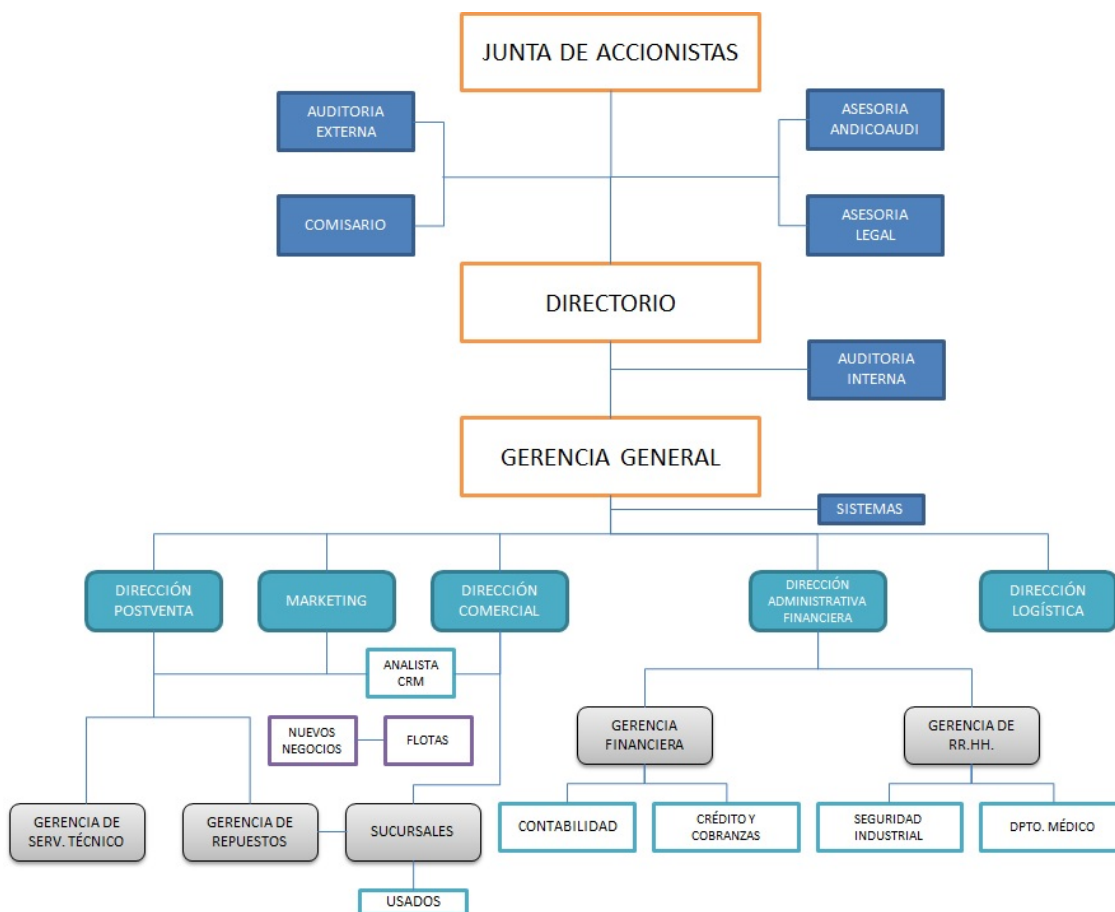
En la actualidad Quito Motors tiene una limitación en los cupos de importación, por lo que en decisión de la gerencia se ha decidido importar los siguientes vehículos y modelos para el periodo 2012 – 2013, los vehículos comercializados por el departamento de ventas de la organización son:

- ESCAPE

- ESCAPE Híbrido
- EXPLORER XLT
- EXPLORER XLT 4X4
- F-150 4X4 Cabina Simple
- F-150 4X2 Cabina Doble
- F-150 4X4 Cabina Doble FX4
- EDGE XLT 4X4
- FUSION Híbrido
- RANGER 4X2 XLT
- FOCUS
- ECOSPORT 4X2. (Quito Motors S.A.C.I, 2012)

Quito Motors S.A.C.I. representa también a la marca Volvo, por lo que en este taller atiende a vehículos Ford y Volvo, pero con el incremento de la presencia de vehículos Ford en el mercado de la ciudad de Quito, el servicio de taller ha aumentado los requerimientos de servicio post-venta del taller matriz ubicado en Av. 10 de agosto y Colón esta especialmente enfocado en atender las necesidades de mantenimiento preventivo, correctivo y servicio post venta de vehículos. De acuerdo a la demanda incremental de los últimos seis meses, la actual capacidad de atención de vehículos debe aumentar en función de ofrecer al cliente un servicio especializado, adecuado y de la mejor calidad para mantener la reputación como productos y servicios que se espera en los clientes de la ciudad.

## 1.4 Organigrama Corporativo de Quito Motors S.A.C.I.



**Figura 1.** Organigrama Corporativo Quito Motors S.A.C.I.

Fuente: Auditoría Interna Quito Motors S.A.C.I. 2012

## 1.5 Justificación e importancia del proyecto

De acuerdo al incremento potencial de ventas durante los últimos años de vehículos FORD en el mercado ecuatoriano, específicamente dentro de la ciudad de Quito, es necesario recalcar que Quito Motors S.A.C.I. en su calidad de Concesionario Autorizado de Vehículos Ford, se ve obligado a prestar un servicio de excelente calidad para mantenimiento correctivo, preventivo, prestación de servicios adicionales de taller para mantener a Ford como una marca consolidada íntegra en el Ecuador.

Dado este incremento en la demanda de servicios de taller, Quito Motors requiere un análisis de todos los procesos productivos, de manera que se puedan diagramar de nivel general a específico, para visualizar áreas de posible mejora y se tenga un conocimiento de cuál es la capacidad actual del taller matriz; para en base a esto poder proyectar como meta posibles cambios en beneficio de incrementar dicha capacidad; siendo la actual de 800 vehículos atendidos por mes a una meta de 1200 autos atendidos por mes, es decir, incrementar su capacidad en un 50% más que la actual. (Andrade, 2012)

Se requiere especificar que los servicios de taller de Quito Motors no exceden un día de trabajo, sin embargo en ciertas ocasiones la alta demanda de servicio no permite que se cumpla el tiempo de entrega, prolongando el tiempo de ciclo de un mantenimiento preventivo, esto genera malestar en el cliente y hace que el cliente solo mantenga una relación post venta durante el período de garantía de su vehículo, después de esto busca otro taller para realizar el mantenimiento; esto es una de las principales razones por las que es necesario buscar una manera de mejorar la capacidad de respuesta para maximizar la satisfacción y por lo tanto retención de clientes.

Ante el problema de falta de capacidad de atención la gerencia de la compañía ha decidido invertir sus recursos económicos en la construcción de un nuevo taller de servicio ubicado en los Av. Granados y Motilones, además readecuar la mayoría de las sucursales de la ciudad de Quito.





**Fotografía 1:** Nuevas instalaciones Quito Motors Ag. Granados y Motilones

Fuente: Propia

**QUITO MOTORS  
55 AÑOS EN ECUADOR**

En el marco de la magna celebración de aniversario, la empresa ecuatoriana Quito Motors S.A.C.I., dedicada a la distribución de vehículos e insumos automotores, inauguró remodeladas instalaciones en la ciudad de Quito. Dotadas de la última tecnología de vanguardia, las modernas instalaciones ofrecerán los nuevos vehículos Ford 2013, así como el servicio de mantenimiento, garantizando el suministro de repuestos originales a través de su taller especializado.

A photograph of three people standing in front of a blue Ford SUV. On the left, a man in a dark suit stands with his hands clasped. In the center, a man in a light grey suit stands next to a vertical banner that features the Ford logo and the text "Quito Motors". On the right, a woman in a black dress stands with her hand on her hip. The background shows the rear of the blue SUV.

**Fotografía 2:** Nuevas instalaciones Quito Motors ciudad de Quito

Fuente: Autoin – La revista ecuatoriana del automóvil; Marzo 2013.

En la fotografía el texto cita: “**QUITO MOTORS 55 AÑOS EN ECUADOR**. En el marco de la magna celebración de aniversario, la empresa ecuatoriana Quito Motors S.A.C.I., dedicada a la distribución de vehículos e insumos automotores, inauguró remodeladas instalaciones en la ciudad de Quito. Dotadas de la última tecnología de vanguardia, las modernas instalaciones ofrecerán los nuevos vehículos Ford 2013, así como el servicio de mantenimiento, garantizando el suministro de repuestos originales a través de su taller especializado” (AUTOIN, 2013).

Entre los beneficios que se busca con el proyecto de tesis se encuentra principalmente mejorar el flujo de vehículos en servicio entre estaciones, mejorar los tiempos de atención de vehículos, mejorar el uso del espacio físico del taller y poder ampliar la capacidad operativa del mismo.

### **1.6 Objetivo General**

Generar una propuesta de rediseño de instalaciones de manera que se puedan mejorar los flujos, analizar el área operativa de mantenimiento preventivo mediante un análisis de tiempos, análisis de capacidad y utilización de las estaciones de trabajo.

### **1.7 Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de los flujos a lo largo de la línea de producción.
- Mapear de forma general a específica todos los procesos, actividades y tareas del taller en función de identificar la relación que existe entre las áreas.

- Proponer una mejor distribución física de las áreas, en función a los requerimientos de trabajo determinados por la demanda actual y proyección futura de la organización.
- Determinar mediante simulación como se afecta el sistema al modificar la capacidad de las estaciones de trabajo.
- Comparar las métricas del sistema simulado con las del sistema actual del taller.
- Determinar mediante una relación costo - beneficio la factibilidad de la propuesta a realizar.
- Establecer un plan de implantación de las mejoras encontradas donde se analice su factibilidad técnica y económica.
- Determinar el tiempo y costo de realizar una implementación de la propuesta del proyecto de rediseño de las instalaciones.
- Utilizar software de dibujo avanzado para realizar propuestas de cómo podrían ser las estaciones de trabajo involucradas en mantenimiento planificado.

## 2 MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA

### 2.1 Marco Teórico



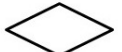






#### 2.1.1 Análisis de procesos

##### 2.1.1.1 Diagramas de flujo

El análisis de procesos es una herramienta muy importante para delimitar los procesos, subprocessos, actividades y tareas del taller; es importante que se puedan distinguir para poder identificar qué es lo que se está haciendo y el por qué se realiza de una determinada manera, para en base a la manera actual proponer mejoras. Este análisis propone mecanismos de decisión sobre las actividades y sobre los responsables de las mismas. (Niebel, 2007 p.29)

Mediante el análisis de una actividad específica se puede representar de manera más visual un proceso. (Chang et al. 1999, p.50)

La simbología utilizada es representada en la figura 1.

Símbolo:	Significado:
	Inicio / Fin
	Proceso
	Decisión
	Documento simple
	Documento con copias
	Conector
	Archivo
	Línea de conexión directa
	Línea de conexión indirecta

**Figura 2.** Simbología utilizada para diagramas de flujo

Fuente: Auditoría Interna Quito Motors S.A.C.I. 2012

### 2.1.1.2 Análisis de valor de los procesos

Es una herramienta para analizar de manera sistemática las actividades que generan valor al producto o servicio ofrecido, esto mediante un análisis de costos, puede influir en que actividades pueden ser minorizadas para no afectar al costo del producto o servicio.

Dicho diagrama describe las actividades realizadas en el proceso, además de utilizar un esquema visual en el que se describen cuáles son las operaciones que añaden valor, cuales son de transporte, cuales son demora, almacenamiento y control. (Niebel, 2007 p.35)

Diagrama de proceso del flujo

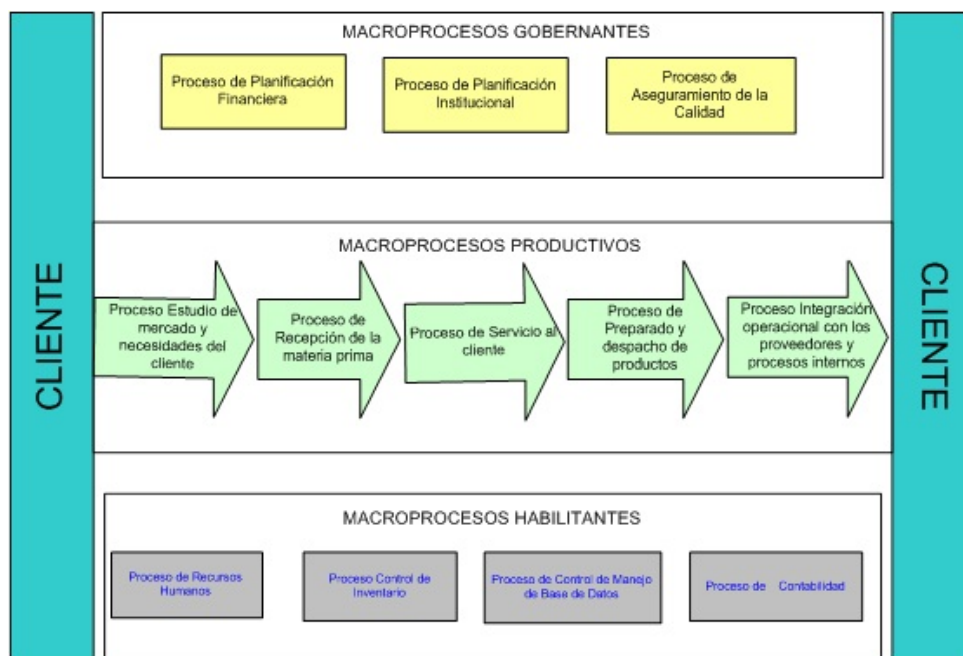
Ubicación: Dorben Co.		Resumen			
Actividad: Inspección de campo de oxígeno LUX		Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Fecha: 4-17-97		Operación	7		
Operador: T. Smith    Analista: R. Ruhf		Transporte	6		
Marque el método y tipo apropiados		Demora	2		
Método: <u>Actual</u> Propuesto		Inspección	6		
Tipo: <u>Obrero</u> Material    Máquina		Almacenaje	0		
Comentarios:		Tiempo (min.)	32.60		
		Distancia (pies)	375		
		Costo			
Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo (minutos)	Distancia (pies)	Método Recomendado	
Dejar vehículo, caminar a la puerta, tocar timbre	O → D □ ▽	1.00	75	Hablar antes al cliente para evitar retrasos	
Esperar, entrar a la casa	O → D □ ▽				
Caminar a tanque	O → D □ ▽	0.25	25		
Desconectar tanque de la unidad	O → D □ ▽	0.35			
Revisar si hay abolladuras, grietas en recubrimiento, vidrio roto o partes faltantes	O → D □ ▽	1.25		Es mejor hacer esto mientras camina al vehículo	
Limpiar unidad con limpiador y desinfectante reglamentarios	O → D □ ▽	2.25		Esto se realiza con más efectividad en el vehículo	
Regresar al vehículo con tanque vacío	O → D □ ▽	1.00	75		
Abrir vehículo, colocar tanque en dispositivo y conectar la máquina	O → D □ ▽	1.75			
Abrir válvula; iniciar llenado	O → D □ ▽	0.25			
Esperar el llenado del tanque	O → D □ ▽	12.00		Limpiar la unidad mientras se llena	
Verificar que el humidificador funcione bien	O → D □ ▽	0.50		Eliminar. Ya se hizo	
Verificar presión (indicador)	O → D □ ▽	0.20			
Verificar contenido de tanque (indicador)	O → D □ ▽	0.20			
Regresar con el paciente con tanque lleno	O → D □ ▽	1.10	100		
Conectar el tanque lleno	O → D □ ▽	1.00			
Verificar funcionamiento de humidificador	O → D □ ▽	0.75			
Esperar que el paciente quite la cánula nasal o la máscara	O → D □ ▽	2.00			
Instalar nueva cánula o máscara	O → D □ ▽	2.50			
Verificar flujo con el paciente	O → D □ ▽	2.25			
Fijar etiqueta con inicial y fecha de inspección	O → D □ ▽	1.00		Hacer esto durante el llenado	
Regresar al vehículo	O → D □ ▽	1.00	100		

Figura 3. Ejemplo de análisis de valor de un proceso

Fuente: Niebel, 2007 p.38

### 2.1.1.3 Cadena de Valor

La cadena de valor permite identificar los involucrados en generar valor de un bien o servicio para el cliente, esta herramienta de manera visual permite identificar las actividades que la organización utiliza para la generación de un bien o servicio. Mediante un análisis de los macro procesos gobernantes, productivos (críticos) y habilitantes se puede determinar cómo estos influyen en la generación de valor para el cliente final. (Osorio, 2005)



**Figura 4.** Ejemplo de Cadena de Valor para Café Restaurante Vaco & Vaca

Elaboración propia para la clase de Gerencia de Servicios USFQ, primer semestre 01-12

### 2.1.1.4 Macro Procesos Gobernantes

Son aquellos involucrados a la organización, define las políticas, estrategias apalancadas en la misión, visión y valores corporativos. Se relacionan de manera transversal con la organización de carácter administrativo, en función a la planificación estratégica de la misma. (Osorio, 2005)

### **2.1.1.5 Macro Procesos Productivos (Críticos)**

Son una secuencia de actividades que intervienen en la elaboración de un producto o servicio; existen muchos tipos, pero cada organización los define en función de su especialidad o al segmento de mercado al que está dirigido el bien o servicio. Estos pueden ser dependiendo de la organización: costos, calidad, confiabilidad y flexibilidad. (Osorio, 2005)

### **2.1.1.6 Macro Procesos Habilitantes**

Son aquellos procesos que son de apoyo para los gobernantes y críticos, estos deben estar enfocados en mejorar, facilitar, agilizar el desempeño de los mismos, están enfocados en la capacidad de respuesta para cumplir con los programas establecidos de acuerdo a la misión y visión de la organización. (Osorio, 2005)

## **2.1.2 Sistemas de producción**

Están definidos de acuerdo a la disposición de la maquinaria, de acuerdo a la capacidad productiva y de acuerdo a la orientación del sistema, este puede ser al producto o a las instalaciones. De acuerdo a la clasificación sistemática pueden estar definidos en función al volumen de producción con respecto a la variedad de productos y/o servicios; según esta clasificación puede ser por lotes, en masa, fabricación celular y sistema taller. (Sule, 2001, p.45)

### **2.1.2.1 Sistema de producción Taller**

Determinar qué tipo de sistema es utilizado es importante para poder determinar las condiciones y requerimientos de espacio a utilizarse por estación;

adicionalmente es importante determinar las herramientas, los materiales y los operarios involucrados en cada estación o a su vez en cada tipo de servicio ofrecido. (Sule, 2001, p.55)

Para el caso se utiliza un sistema de producción taller (job shop), que tienen como características ofrecer varios servicios, el volumen es bajo a medio, la maquinaria instalada tiene un propósito específico, los operarios están ubicados por departamentos y realizan tareas en específico.

“La combinación de estaciones de trabajo que contengan procesos similares, se denominan departamentos por procesos” (Tompkins et al. 2006, p. 81)

#### **2.1.2.2 Manejo de celdas de manufactura**

Para entender el correcto funcionamiento de un taller en alta utilización como es el caso de Quito Motors, se debe extender las características de un taller a una celda de manufactura, que se define como la combinación de operarios, maquinaria, herramientas y materias primas, con un volumen medio y una mayor variedad que en el sistema taller, pero que este permite disminuir tiempos de ciclo y proponer más eficientes tiempos de preparación (set up). “Las máquinas que se necesitan para fabricar la familia de piezas se agrupan para formar una celda; en el caso para ofrecer un servicio. (Tompkins et al. 2006, p. 83)

#### **2.1.2.3 Otros sistemas de producción**

Es importante recalcar que existen otros sistemas de producción como aquellos de fabricación por lotes, cuya variedad es pequeña pero su volumen de producción es alto, esto se da principalmente en productos cuyo consumo es alto o masivo, como es el caso del papel higiénico, jabones, detergentes (no líquidos), bebidas



gaseosas, entre otros. A estos tipos de producción se les denomina producción masiva y son denominados Make to Stock (MTS). (Alonso, 2010)

Otro tipo de sistemas de producción denominados Make to Order (MTO) se aplican en bienes y servicios exclusivos o con alto rango de personalización, este tipo de producción se enfoca en el producto por lo que es realizado en sistemas tipo taller o celdas de manufactura, como ejemplos se tiene la fabricación de aviones personales, joyas, vehículos costosos, medicinas, entre otros. (Alonso, 2010)

Existe una mezcla entre ambos sistemas denominada Make to Assemble (MTA) que se define por ensamblar los componentes en función al pedido del cliente, esto se está volviendo conocido a nivel País, debido a que el mercado actual exige un cierto nivel de personalización en sus artículos, puesto que con un mercado globalizado es difícil entender todos los gustos del mercado. (Alonso, 2010)

### **2.1.3 Combinación de actividades**

Se requiere una combinación de actividades para poder realizar los mantenimientos dependiendo del kilometraje al que esta sustento el vehículo, no es lo mismo realizar un servicio de mantenimiento de 5000 Km que el de 50000 Km, por lo que es necesario que dichas actividades se junten para lograr ofrecer un servicio completo.

Es importante delimitar la importancia de las celdas de producción que en el caso de estudio se las maneja por departamentos, los cuales contienen no solo maquinarias, sino también operarios calificados, herramientas y dependiendo del caso se piden a bodega los repuestos necesarios para cumplir con la tarea específica. (Sule, 2001, p.58)

## **2.1.4 Flujo de materiales**

El flujo es un elemento que depende de los tamaños de los lotes, las cargas unitarias, el equipo y las estrategias del manejo de materiales. (Tompkins et al. 2006 p.79)

### **2.1.4.1 Patrones de flujo**

El patrón del flujo se determina como el flujo entre departamentos, dentro de los departamentos y como este fluye entre las estaciones de trabajo. (Tompkins et al. 2006 p. 98)

#### **2.1.4.1.1 Flujo dentro de las estaciones de trabajo**

El flujo dentro de la estación de trabajo debe ser simultáneo, simétrico, natural, técnico y habitual. Esto implica consideraciones ergonómicas al momento de diseñar la estación de trabajo, para lo cual es de vital importancia considerar que el operario debe mantener su salud al momento de realizar un esfuerzo. La tensión, fatiga mental, visual y muscular deben ser tomados en cuenta, esto se refiere al flujo rítmico y habitual. (Tompkins et al. 2006 p. 98)

#### **2.1.4.1.2 Flujo dentro de los departamentos**

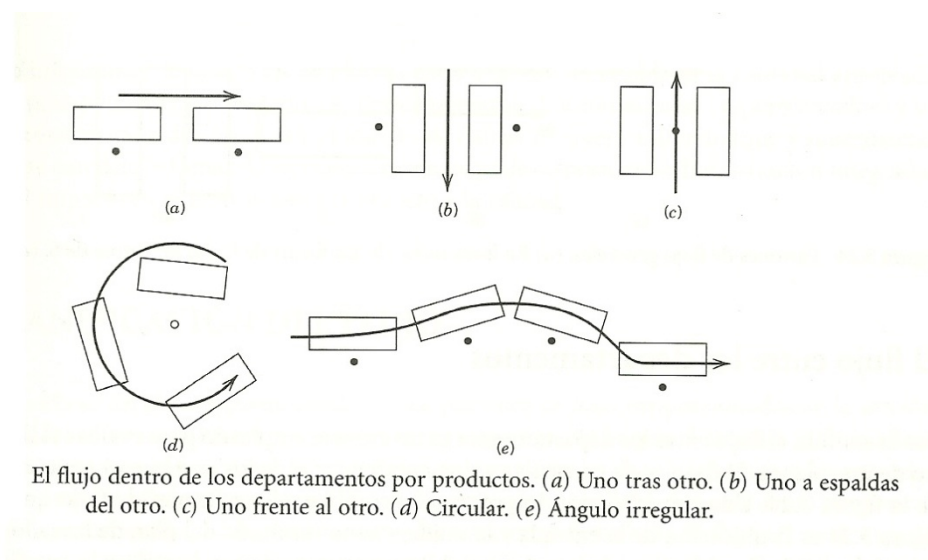
El flujo dentro de los departamentos debe seguir una configuración: uno tras otro, uno a espaldas del otro, uno frente al otro, de manera circular o en ángulo irregular.

El flujo suele ocurrir entre las estaciones de trabajo y los pasillos, es por esto determinar la circulación de dichos flujos y tomar en consideración los anchos

de pasillos así como el sentido, para no incurrir en errores o en lesiones al operario.

(Tompkins et al. 2006 p. 99)

En la Figura 4, se puede observar como el flujo pueda darse entre departamentos.



**Figura 5.** Flujo entre departamentos

Fuente: Tompkins et al. 2006 p. 99

#### 2.1.4.2 Planificación del flujo

El flujo eficaz se define como el movimiento de información, materiales y personas dentro de una estación de trabajo, en departamentos, flujo entre departamentos y en general a lo largo de las instalaciones. (Tompkins et a. 2006 p. 100)

El método de simplificación del trabajo para el flujo de materiales debe:

- Eliminar el flujo al planificar la entrega de materiales, información, o personas directamente al punto de uso final y eliminar los pasos intermedios.

- Minimizar los flujos múltiples, es decir, que el flujo ocurra en la menor cantidad posible de movimientos, de preferencia uno solo.
- Combinar de ser factible los flujos y operaciones al movimiento de los materiales, información o personas que van a interactuar en el proceso.

Para minimizar el costo del flujo se puede considerar:

- Minimizar el manejo manual al reducir el desplazamiento, las distancias de viaje manuales y los movimientos.
- Eliminar el manejo manual al mecanizar o automatizar el flujo para permitir que los trabajadores dediquen todo su tiempo a las tareas asignadas.

(Tompkins et al. 2006, p. 102)

### **2.1.4.3 Medición del flujo**

Se establecen medidas de flujo que toman en consideración una escala cuantitativa o cualitativa del mismo, para relacionar el flujo que pasa entre departamentos a lo largo de una instalación. (Tompkins et al. 2006, p. 103)

Se establecen relaciones entre las actividades para tomar decisiones sobre la planificación de instalaciones, es importante determinar el flujo de información, material y personas a lo largo de los departamentos, el viaje y movimientos realizados, para determinar de manera cuantitativa o cualitativa la importancia de cercanías. . (Tompkins et al. 2006, p. 103)

#### **2.1.4.3.1 Medición cuantitativa del flujo**

Los flujos se determinan por la unidades que se mueven entre los departamentos a lo largo de la instalación, estos se pueden definir por cargas, esta cargas pueden especificar medidas de volumen, peso o por cantidad de ítems. Estos

flujos se registran en tablas desde-hacia, donde se pueden evaluar cuantitativamente. (Tompkins et al. 2006 p. 103 - 105)

En la figura 5 se puede observar los valores de las cargas expresados en la tabla desde-hacia.

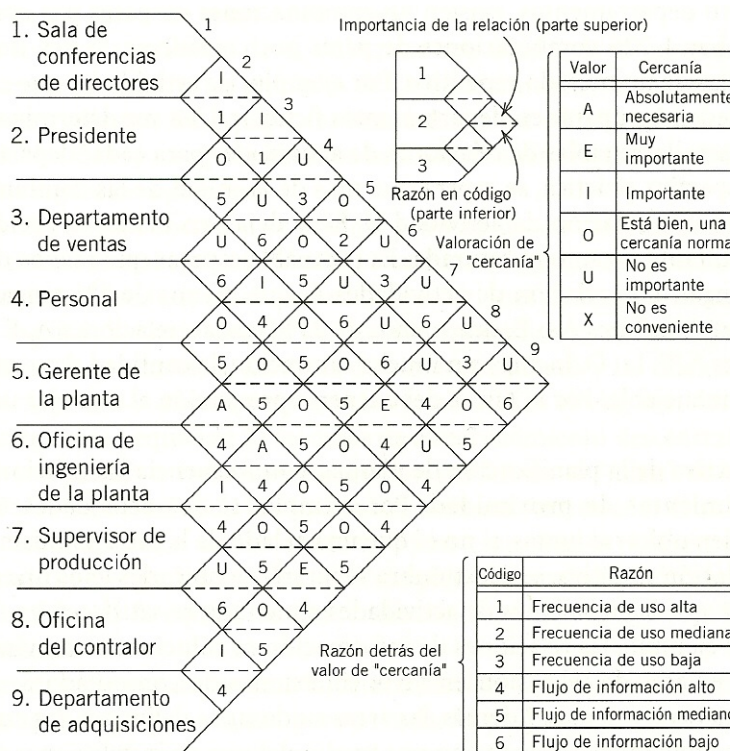
De / A:	Atlanta, GA	Boston, MA	Chicago, IL	Dallas, TX	Nuevo York, NY	Pittsburgh, PA	Raleigh, NC	San Francisco, CA
Atlanta, GA		1037	674	795	841	687	372	2496
Boston, MA	1037		963	1748	206	561	685	3095
Chicago, IL	674	963		917	802	452	784	2142
Dallas, TX	795	1748	917		1552	1204	1166	1753
Nuevo York, NY	841	206	802	1552		368	489	2934
Pittsburgh, PA	687	561	452	1204	368		445	2578
Raleigh, NC	372	685	784	1166	489	445		2843
San Francisco, CA	2496	3095	2142	1753	2934	2578	2843	

**Figura 6.** Flujo expresado en cargas, tabla desde-hacia

Fuente: Tompkins et al. 2006 p. 103

#### 2.1.4.3.2 Medición cualitativa del flujo

Los flujos se determinan a través de relaciones de importancia de cercanía entre departamentos, esto fue desarrollado por Muther; y en una tabla de relaciones se expresa la importancia mediante letras y números que representa la cercanía entre departamentos. (Tompkins et al. 2006 p. 107 - 109)



**Figura 7.** Flujo expresado en cargas, tabla desde-hacia

Fuente: Tompkins et al. 2006 p. 107

En la figura 6, se pueden observar las escalas de valores numéricos para la frecuencia de uso e información y en una escala de letras la importancia de cercanía entre departamentos. (Tompkins et al. 2006 p. 107)

### 2.1.5 Manejo de materiales

Manejo de materiales es la forma en la que las materias primas e información fluyen a través del sistema entre los departamentos; para el diseño de instalaciones esta actividad representa un costo total de entre el 15 y 70% del costo del producto o servicio, además de que el transporte como se describió antes en el

análisis de valor de los procesos, no representa valor alguno; sin embargo esta actividad no puede eliminarse. (Meyers et al. 2006, p.307)

El movimiento y traslación de los productos y servicios en proceso y terminados debe ser desplazado de manera periódica entre los departamentos de la instalación. (Tompkins et al. 2006 p. 160 – 165)

De acuerdo a Tompkins, existen ciertos principios a considerar al momento de realizar el manejo de materiales, estos son:

- Planificación: planes de acción para identificar qué mover, cuándo, para qué y a dónde moverlo.
- Estandarización: Reducir la variedad y la personalización en los métodos y en el equipo.
- Trabajo: es el flujo de la carga por unidad de tiempo multiplicado por la distancia de traslación.
- Ergonómico: adaptar el trabajo o las condiciones del mismo a las aptitudes del trabajador.
- Carga unitaria: Aquella que se almacena o traslada como única cada vez.
- Utilización de espacio: el espacio se toma de manera cúbica.
- Sistema: Conjunto de entidades que interactúan de forma dependiente o independiente y que conforman un todo o una totalidad.
- Automatización: Dispositivos electromecánicas que facilitan las operaciones basadas en mejorar las actividades de producción o generación de servicios.
- Ambiental: No desperdiciar recursos naturales, evitar efectos negativos en el medio ambiente.
- Costo del ciclo de vida: Flujos efectivos que ocurren a partir del momento en el que se gasta dinero por primera vez para planificar u obtener una nueva pieza

de equipo, implantar un nuevo método, hasta que el equipo o método se reemplaza definitivamente. (Tompkins et al. 2006 p. 167)

### **2.1.5.1 Definición de la carga unitaria**

De acuerdo a Tompkins, se define a carga unitaria como una cantidad de ítems, un determinado volumen o peso específico, que se almacena, traslada como una misma cada vez, es decir, una carga unitaria es aquella que se mueve a través de los departamentos de la organización.

Las cargas unitarias grandes en tamaño o en volumen, requieren de equipos especiales para su movilización como: montacargas, grúas, plataformas, entre otros equipos.

El tamaño de los pasillos es algo que influye en el movimiento de las cargas unitarias, puesto que si son muy estrechos dificulta la operatividad de las personas y de los equipos. (Tompkins et al. 2006 p. 169)

### **2.1.6 Procedimientos para la disposición de instalaciones**

Los procedimientos para la elaboración de una propuesta de instalación, se pueden clasificar en dos categorías, la primera es la construcción de una instalación desde cero, en donde se tiene el terreno y de acuerdo a las restricciones de espacio, se puede plantear una instalación. La segunda es refaccionar las instalaciones actuales, proponiendo mejoras en cuanto a las distancias y a los flujos que recorren las mismas. (Tompkins et al. 2006 p 130 – 132)

Existen también algunos enfoques para la planeación de disposiciones, entre los analizados para este caso de estudio son: planeación sistemática de la disposición

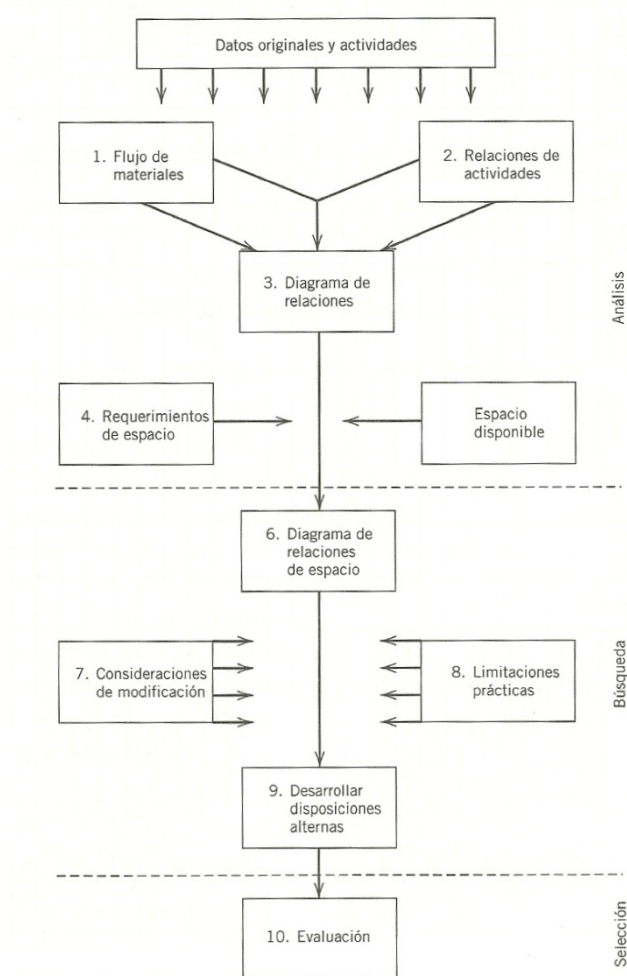


(SLP), enfoques algorítmicos cuantitativos, cualitativos, algoritmo CRAFT y BLOCPLAN.

#### **2.1.6.1 Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP)**

Procedimiento que utiliza como base un diagrama de relaciones, en el cual se ubican los departamento conforme la importancia de cercanía entre unos de otros, para esto se debe tomar en consideración el flujo que debe pasar entre los departamentos, de manera que este flujo facilite las operaciones de la instalación. Primeramente se debe proponer una disposición en bloques para ir estableciendo la importancia de cada departamento dentro de las áreas de la organización, en una manera inicial se construye un diagrama de bloques que será modificado según la conveniencia de las relaciones entre departamentos, considerando restricciones de espacio reales, para el momento de obtener un resultado este sea congruente con las dimensiones reales. (Tompkins et al. 2006 p. 308 – 309)

Como se muestra en la figura 7, el procedimiento a seguir con un SLP de manera gráfica, los pasos para la elaboración de una instalación mediante el uso de este enfoque, los pasos son: análisis, búsqueda y selección.



**Figura 8.** Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP)

Fuente: Tompkins et al. 2006 p. 306

### 2.1.6.2 Modelos de optimización

Son modelos en donde existe una función objetivo cuya meta es maximizar o minimizar, en la que las variables de decisión están sujetas a un conjunto de restricciones. Dichos modelos utilizan programación lineal, programación entera binaria, programación entera mixta, para lograr cumplir con la meta. (Tompkins et al. 2006 p. 308)

### 2.1.6.3 Enfoques algorítmicos

Los enfoques algorítmicos hacen uso de la matemática y de álgebra para proponer soluciones útiles al mejoramiento de la disposición actual de la instalación. Uno de ellos propone minimizar la suma de los flujos por las distancias. El otro propone maximizar que los departamentos compartan una orilla. (Tompkins et al. 2006 p. 311)

- Función Objetivo basada en distancias:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (2.1.5.3.1)$$

Donde:

$f_{ij}$  es el flujo del departamento i a j

$c_{ij}$  es el costo del departamento i al j

$d_{ij}$  es la distancia del departamento i al j (Tompkins et al. 2006, p. 311)

- Función Objetivo basada en adyacencias:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij} \quad (2.1.5.3.2)$$

Donde:

$f_{ij}$  es el flujo del departamento i a j

$x_{ij}$  es una variable binaria (0,1) que asigna 0 si los departamentos no comparten orilla y 1 si los departamentos comparten orilla. (Tompkins et al. 2006, p. 311)

#### 2.1.6.3.1 Método de intercambio pareado

Este procedimiento toma en consideración una disposición de instalaciones previa, es decir, utiliza un layout ya existente y se puede utilizar ambos enfoques

algorítmicos de la sección previa, el enfoque cuantitativo requiere una tabla desde-hacia y una matriz de costos; mientras que en el caso cualitativo es necesaria una matriz de relaciones y de distancias. El método pareado debe intercambiar pares de departamentos para analizar los costos de tener una nueva disposición con los cambios realizados y evaluar si la función objetivo es mejor que en las anteriores o siguientes iteraciones. (Tompkins et al. 2006, p. 315)

#### 2.1.6.3.2 Método CRAFT

Este algoritmo considera también una instalación existente para mejorar su disposición; los intercambios entre departamentos se dan por pares de departamentos; utiliza la tabla desde-hacia y utiliza una matriz de costos en función a las distancias, este algoritmo es iterativo y consiste en encontrar la mejor función objetivo al menor costo, CRAFT utiliza disposiciones discretas en cuanto a su forma, es decir, departamentos de formas rectangulares. En ocasiones este algoritmo puede modificarse al final para cambiar las formas de los departamentos y que se ajusten a las necesidades de cada caso de estudio. (Tompkins et al. 2006, p. 321)

#### 2.1.6.3.3 Método BLOCPLAN

Este algoritmo utiliza una tabla desde-hacia como referencia inicial, se pueden emplear tanto la función objetivo de minimizar distancias o maximizar adyacencias; para lo que la matriz de costo de distancias es necesaria también. BLOCPLAN delimita un número de dos a tres bandas a lo largo de la disposición, sobre las cuales va dividiendo y colocando los departamentos de acuerdo a los

requerimientos de espacio de los mismos. BLOCKPLAN también se puede utilizar para varios niveles (pisos) de una disposición. (Tompkins et al. 2006, p. 321)

Cada departamento ocupa una banda, todos los departamentos tienen forma rectangular. BLOCKPLAN calcula un valor de Rel-Dist para la disposición. “Estos valores numéricos de las calificaciones de cercanía denominados por ( $f_{ij}$ ) se multiplican por las distancias rectilíneas entre los centroides de los departamentos ( $d_{ij}$ ). Se genera un costo para la disposición mediante la ecuación”: (Donaghey et. al, 1990)

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} d_{ij} \quad (2.1.5.3.3.1)$$

Donde:

$f_{ij}$  Calificaciones de cercanía del departamento i a j

$d_{ij}$  Distancias rectilíneas entre los centroides de los departamentos i a j.

(Donaghey et. al, 1990)

### 2.1.7 Estudio de tiempos

Es una herramienta para diagnosticar el tiempo promedio que un operario calificado toma en realizar una operación específica. Para ello es necesario determinar el tiempo normal de operación con sus tolerancias para determinar el tiempo estándar de la operación. (Niebel, 2007)

#### 2.1.7.1 Equipo y materiales para el estudio de tiempos

Se requiere:

- Cronómetro
- Tabla
- Hojas de control
- Calculadora
- Bolígrafo

Las instalaciones no cuentan con equipos de videograbación para facilitar la recolección de los datos, sin embargo existe una base de datos no actualizada con los tiempos de operarios para algunas tareas de taller; sin embargo, esta información no es útil debido a que no está al día.

#### **2.1.7.2 Inicio del estudio de tiempos**

La técnica a utilizar es registrar el tiempo del operario en cada operación y regresar el cronómetro a cero cuando este concluya y se preceda a realizar otra toma de tiempos. Es importante detectar los tiempos normales y las tolerancias, los tiempos anormales deben ser desechados. (Niebel, 2007)

#### **2.1.7.3 Tiempo normal y definición de tolerancias**

El tiempo normal (TN) es aquel que tarda en realizar el operario una tarea o actividad en un ciclo, este tiempo incluye el de actividad e inactividad, para todas las operaciones se define de manera igual. (Niebel, 2007)

Las tolerancias se definen como una fracción del tiempo normal, dependiendo de la actividad se estiman entre el 20 al 25% del TN, en su mayoría estas dependen de la actividad, del nivel de detalle que exige y del esfuerzo requerido por parte del operario. (Niebel 2007)

#### 2.1.7.4 Tiempo estándar

Es el tiempo requerido por un operador entrenado, no el mejor o el más hábil para la tarea, que se encuentra laborando en condiciones normales al momento de realizar el estudio de tiempos. (Niebel, 2007)

Se define por:

$$TS = TN (1 + Tolerancia) \quad (2.1.6.4.1)$$

Donde:

*TN* Tiempo Normal del operario para realizar una operación

*Tolerancia* Porcentaje del tiempo normal asignado para realizar una operación. (Niebel, 2007)

#### 2.1.8 Tamaño de muestra

Muestra se define por un grupo de una población que este en perfectas condiciones de representar a toda la población. Se deben tener en consideración el tipo del muestreo, el parámetro a estimar, el error muestral permisible, la varianza poblacional (si se conoce), el nivel de certidumbre. (Banks, 2005)

Se define como parámetro poblacional, la medida en la que se estima ocurren o sucede una determinada tarea, actividad o comportamiento; mientras que la muestra es la variable resultante del estudio de la muestra.

Para calcular el tamaño de muestra se puede utilizar:

$$n = \frac{k^2 * p * (1-p) * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * (1-p)} \quad (2.1.7.1)$$

Donde:

$n$  es el tamaño de la muestra

$N$  es el tamaño de la población

$k$  es la constante relacionada al nivel de certidumbre

$p$  es la proporción de individuos que poseen la característica de estudio

$(1-p)$  es la proporción de individuos que no poseen esa característica.

(Feedback Networks Technologies, 2011)

Existe una segunda fórmula para estimar el tamaño de muestra

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} \quad (2.1.7.2)$$

Donde:

$N$  es el tamaño de la población

$Z$  es el nivel de confianza (curva de Gauss)

$p$  es la proporción esperada

$q = 1 - p$  (es la proporción no esperada)

$d$  es el error permisible

(Montgomery, 2007)

### 2.1.8.1 Nivel de confianza

Es la probabilidad asociada a la estimación del intervalo, se define como la certeza que se tiene sobre la medida que tiene el estadístico muestral.

Dependiendo del caso el nivel de confianza puede ser del 85, 90, 95, 97.5 y 99



por ciento. Es usual utilizar el 95% de confianza como nivel de referencia.

(Montgomery, 2007)

### **2.1.9 Pruebas de bondad y ajuste**

Estas pruebas tienen como objetivo determinar si los datos se ajustan o tienen semejanza y similitud de tendencia con una distribución de probabilidad.

(Montenegro, 2012)

Se pueden utilizar diferentes pruebas de bondad y ajuste dependiendo del tamaño de la muestra, por ejemplo si este tamaño es grande se recomienda utilizar pruebas Chi Cuadrado, mientras que si es mediano y corto es preferente utilizar una prueba Kolmogorov-Smirnov. Sin embargo se debe obtener un tamaño de muestra representativo, puesto que si este es muy pequeño la prueba rechazará todas las distribuciones que se esté probando. (Banks, 2005)

#### **2.1.9.1 Prueba Chi Cuadrado**

Comparación mediante histogramas de una distribución observada con el de una distribución teórica. Prueba no paramétrica, que es apta cuando el tamaño de muestra es grande y se distribuyen las observaciones en un número de intervalos, después se procede a contabilizar las incidencias en cada uno de los intervalos, para determinar la frecuencia y se comparan estos datos contra los valores esperados.

(Banks, 2005)

$$X_o^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.1.9.1.1)$$

Donde:

$O_i$  es la frecuencia observada en el intervalo  $i$ .

$E_i$  es la frecuencia esperada en el intervalo  $i$ . (Banks, 2005)

$H_0$ : Se define como hipótesis nula cuando no existe evidencia estadística significativa para decir que las distribuciones no se asemejan la una de otra.

$H_1$ : Se define como hipótesis alternativa, cuando existe evidencia significativa que la distribución observada no se asemeja a la distribución probada.

#### 2.1.9.1.1 Criterio de aceptación o rechazo Prueba Chi Cuadrado

La hipótesis nula no puede ser aceptada, simplemente no es rechazada, sin embargo cuando la  $H_0$  es rechazada el criterio es:

$$X_o^2 > X_{\alpha, k-s-1}^2 \quad (2.1.9.1.1.2.)$$

(Banks, 2005)

#### 2.1.9.2 Prueba Kolmogorov-Smirnov

La prueba KS, es más útil cuando el tamaño de muestra es mediano y pequeño, también se trata de una prueba no paramétrica. Se aplica a distribuciones continuas. Es una comparación entre distribuciones teóricas y empíricas. (Banks, 2005)

Cuando los parámetros de la distribución se conocen, es una prueba más poderosa que la prueba Chi-cuadrado (menor probabilidad de un error tipo II). (Banks, 2005)

$$D_n = \max(D_n^+, D_n^-)$$

donde

$$D_n^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \hat{F}(x_{(i)}) \right\} \quad (2.1.9.2.1)$$

$$D_n^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \hat{F}(x_{(i)}) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

$x_{(i)}$  = el valor ordenado  $i$  – *ésimo* de los  $x_i$ 's

(Banks, 2005)

#### 2.1.9.2.1 Criterio de aceptación o rechazo Prueba KS

La hipótesis nula es cuando la proporción de valores observados menores o iguales a  $x$   $F_e(x)$  son cercanos a la proporción real  $F(x)$ . La  $H_0$  se rechaza en función al valor  $p$ , cuando este es inferior al nivel de certidumbre esta se rechaza y se procede a la  $H_1$ . El valor  $p$  es mayor a alfa la distribución se asemeja a la teórica, mientras que si el valor  $p$  es cercano a cero, los datos no se asemejan a la distribución probada.

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si: } p < \alpha \quad (2.1.9.2.2.)$$

(Banks, 2005)

#### 2.1.10 Simulación de sistemas de producción

Se define al término simular, como una representación del sistema real, en esta herramienta se puede realizar cambios sin afectar el desempeño o funcionamiento del sistema real y se pueden observar escenarios alternos para tomar decisiones influyentes. Como el proyecto debe ser una propuesta para solucionar problemas reales, que tengan un potencial incremento, se requiere

simular escenarios para la toma de decisiones; para esto se propone construir ambos modelos de manera virtual para poder ser modelados y tomar decisiones en función a pruebas de tiempo (análisis de las métricas entre corridas). (Banks et. al, 2005, p. 201 – 249, p. 305 – 354 – 375)

Mediante la comparación relativa entre las propuestas y el sistema actual, se pueden definir los parámetros de interés para poder analizar qué escenario sería mejor; para esto se debe tomar en cuenta:

- Utilización de los recursos
- Colas en las estaciones de procesos
- Tiempos de ciclo
- Tiempos de viaje
- Número de entidades trabajadas durante el período. (Banks, 2005)

Los pasos a seguir en un estudio de simulación son:

- Formular el problema
- Definir objetivo principal y objetivos específicos
- Plantear el modelo
- Recolectar los datos
- Programar el modelo en el software
- Verificar el modelo
- Validar los resultados
- Analizar estadísticamente los resultados
- Determinar el número de corridas
- Documenta y reportar
- Implementar (Banks, 2005)

### **2.1.10.1 Software a utilizar**

Para poder analizar el sistema de Quito Motors, es necesario utilizar un software de análisis estadístico denominado Arena ®, el cual incluye un paquete de herramientas de análisis para los tiempos, las distribuciones de probabilidad de los tiempos de estaciones, tiempos de arribo, entre otros; esta herramienta es Input Analyzer ®.

El procedimiento a utilizar es primero realizar la recolección de datos, estaciones, entidades, cargas unitarias, tiempos de estaciones, tiempos de proceso. Una vez determinada esta información, se procede a realizar el modelo mediante un boceto de cómo funciona la planta de Quito Motors, con el cual se procederá a utilizar las herramientas del software Arena ® para realizar el modelo computacional. (Banks, 2005)

Los elementos de la simulación serán bloques de procesos, existe una manera de simular el sistema mediante elementos, sin embargo, para este caso se utilizaran los elementos, se definirán las variables, las entidades y cualidades de cada una de las mismas. Para verificar el modelo, es necesario correrlo con un número inicial de réplicas; en esta fase de prueba se determinan posibles errores que haya en la programación, para validar el modelo es necesario comparar los resultados con los estadísticos del taller. (Kelton, 2009)

### **2.1.10.2 Métricas necesarias para realizar la simulación**

Es necesario realizar ciertas medidas para poder validar el modelo y sus resultados, estas mediciones requieren un mínimo de corridas para poder ser

determinadas, de acuerdo a Banks y Kelton un número valido de réplicas iniciales para un modelo de simulación es 10, esto permite obtener la mitad del ancho del intervalo, con un nivel de confianza previamente determinado, que para el caso de análisis será del 95%.

$$H = t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \left( \frac{S}{\sqrt{R}} \right) \quad (2.1.10.2.1.)$$

(Banks, 2005)

Se reemplaza el valor de H, para determinar S de la siguiente manera:

$$S = \frac{(H*\sqrt{R})}{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}} \quad (2.1.10.2.2.)$$

(Banks, 2005)

Donde:

H Half Width, mitad del ancho del intervalo de confianza resultante de correr 10 réplicas en el software Arena ®

$t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$  Distribución t student, con nivel de confianza 95% y R-1 grados de libertad.

S Desviación estándar muestral.

R Número de réplicas inicialización del modelo (Banks, 2005)

Con S, se procede a calcular  $\epsilon$  de la siguiente manera, utilizando la siguiente ecuación:

$$R \geq \left( \frac{Z_{\alpha/2} * S_0}{\epsilon} \right)^2 \quad (2.1.10.2.3.)$$

Donde:

R Réplicas probadas

$Z_{\alpha/2}$  Distribución de Gauss, con nivel de confianza 95%

$S_0$  Desviación estándar del parámetro.

$\epsilon$  Error permitido (Banks, 2005)

$$\epsilon = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * S_0}{\sqrt{R}} \right) \quad (2.1.10.2.4.)$$

(Banks, 2005)

Una vez con estas métricas definidas se procede a utilizar la ecuación de número de réplicas con la desviación estándar poblacional (paramétrica).

$$R \geq \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{\epsilon} \right)^2 \quad (2.1.10.2.5.)$$

(Banks, 2005)

Mediante el algoritmo iterativo de prueba y error se determina cuantas réplicas son necesarias.

Para determinar el tiempo de calentamiento necesario del modelo se toman en cuenta los valores de  $R_0$  (réplicas iniciales (10)) y el de R (réplicas necesarias), mediante la ecuación siguiente:

$$T = T_0 \left( \frac{R}{R_0} \right) \quad (2.1.10.2.6.)$$

(Banks, 2005)

Donde:

$T_0$  Tiempo de calentamiento inicial (ejemplo 30 minutos)

$Z_{\alpha/2}$  Distribución de Gauss, con nivel de confianza 95%

$R_0$  Réplicas iniciales

$R$  Réplicas necesarias (Banks, 2005)

El tiempo total de la corrida se determina mediante el tiempo de calentamiento y el tiempo esperado de la corrida, como se muestra a continuación:

$$T_T = (T_0 + T_E) \left( \frac{R}{R_0} \right) \quad (2.1.10.2.7.)$$

(Banks, 2005)

Donde:

$T_0$  Tiempo de calentamiento inicial (ejemplo 30 minutos)

$T_E$  Tiempo esperado de corrida.

$R_0$  Réplicas iniciales

$R$  Réplicas necesarias (Banks, 2005)

### 2.1.11 Manufactura esbelta

Manufactura esbelta se centra en la reducción del desperdicio, en utilizar de mejor manera los recursos y de aprovechar el equipo, el espacio, los recursos. Esta herramienta permite mejorar el entorno de trabajo al operario y a los clientes de



manera que sea más visible a los ojos del cliente el esfuerzo que hace la organización por satisfacer de mejor manera sus expectativas. (Womack, 2005)

#### **2.1.11.1 Sistema 5S**

Esta herramienta propone mantener una estación de trabajo limpia, en orden y facilita la búsqueda y recolección de herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo la tarea asignada. (Hoobs, 2004)

Las 5S, provienen del idioma Japonés, son las siguientes;

Seiri (Organizar): la estación de trabajo debe contener todas las herramientas y materiales necesarios para realizar una tarea, el exceso de ítems solo causa el desorden y la anarquía.

Seiton (Ordenar): identificar de forma clara y visual las herramientas y materiales de cada estación, para evitar pérdidas y confusión a la hora de trabajar.

Seiso (Limpiar): mantener la estación de trabajo limpia, para garantizar la comodidad de cada operario en su trabajo y mantener una estación de trabajo agradable a los ojos del cliente.

Seiketsu (Estandarizar): se refiere que por medio de normas y estandarización se pueden reducir los desperfectos y situaciones no usuales para todos los operarios.

Shitsuke (Mantener): controlar que los principios antes mencionados se cumplan y evitar caer en el desorden, la falta de limpieza y organización en la estación de trabajo. (Hoobs, 2004)

### **2.1.11.2 Software para propuesta de sistemas 5S**

Para poder ilustrar una propuesta gráfica de cómo deberían estar las instalaciones una vez realizada las mejoras en cada área, es necesario utilizar el software de dibujo mecánico y arquitectónico AUTOCAD®, además de utilizar Google SketchUp 7® para poder ilustrar como podrían quedar las instalaciones a cierto nivel medio de detalle, con esto se quiere ilustrar los principales elementos de cada departamento, implementos de seguridad industrial, accesos, salidas, herramientas de trabajo.

## **2.2 Revisión literaria**

### **2.2.1 Utilización de herramientas de simulación para el diseño y planificación de la disposición. (Tearwattanakattikal et. al, 2008)**

Este estudio se basa en la aplicación de un modelo de simulación, que ayudará en la decisión de expandir la capacidad y el diseño de la disposición de una planta de empaquetado. (Tearwattanakattikal et. al, 2008)

Pochamarn Tearwattanakattikal (2008), describe que “primeramente se inicializa el diseño de la disposición física de la planta, seguida de la simulación para comprobar la capacidad de la instalación, mediante medidas de desempeño, tales como: el porcentaje de utilización y el trabajo en proceso (WIP); y correr el modelo diariamente para de ésta forma llegar a la mejor decisión para la planta”.

Una vez obtenidas las soluciones para expandir la capacidad de la instalación, se selecciona la distribución física de la planta en base al criterio de espacio disponible, que facilite el flujo de materiales. Tearwattanakattikal et. al, 2008)

### **2.2.2 Un enfoque alternativo al algoritmo de búsqueda para el problema de diseño de disposiciones. (Gholizadeh et. al, 2010)**

Se utilizará el algoritmo de búsqueda secuencial para de esta manera resolver el problema de asignar un conjunto de predeterminadas instalaciones, a un grupo de localidades. (Gholizadeh et. al, 2010)

Según Roozbeh Gholizadeh (2010), “la ubicación de las instalaciones pueden proporcionar un impacto esencial, en el tiempo de producción y los costos asociados, especialmente en el caso de proyectos de gran tamaño, por lo que la localización de los departamentos es fundamental para lograr el desempeño más eficiente”.

Haciendo una variedad de cambios en el algoritmo, se pueden obtener diferentes soluciones que incrementen la productividad de la línea de fabricación. (Gholizadeh et. al, 2010)

### **2.2.3 Simulación de los sistemas flexibles de manufactura. (Srinivas et. al, 2011)**

Para maximizar el rendimiento de las operaciones, se deben tomar varias consideraciones, tales como: la secuencia del flujo, los tipos de partes a producir, costo de transporte de materiales entre estaciones, para de esta manera plantear un modelo a resolver. (Srinivas et. al, 2011)

Srinivas (2011) fundamenta que, “la simulación del modelo proporciona una mejor visión del sistema de producción, donde se pueden realizar modificaciones al modelo, antes de aplicarlas al sistema real”.

El resultado más importante obtenido de la simulación, es que al momento de modelar el sistema, se tiene con una herramienta para determinar la solución

óptima y establecer la ubicación de las máquinas para obtener un sistema de producción flexible. (Srinivas et. al, 2011)

#### **2.2.4 Optimización del manejo de materiales en una empresa fabricante de cremas dentales mediante métodos evolutivos. (Maneiro et. al, 2005)**

Mediante la utilización de algoritmos evolutivos, se requiere ubicar seis diferentes tipos de materiales en tanques que sirven como fuente de alimentación de las líneas de producción en una empresa que elabora cremas dentales. (Maneiro, 2005)

Ninoska Maneiro (2005), establece que “el manejo de materiales representa una actividad que no agrega valor al producto y por lo tanto se debe en lo posible de eliminar. Por lo tanto, el costo mínimo calculado por el modelo, genera un menor tramo de transporte de material, lo que genera menores tiempos de traslado y un mayor tiempo productivo”.

El algoritmo proporciona la ubicación óptima de los tanques, produciendo menores costos de manejo de materiales y tiempos para la preparación de las líneas para la fabricación de cada uno de los lotes. (Maneiro, 2005)

#### **2.2.5 Adoptar la iniciativa de la industria automotriz para la transformación de la cultura. (Davis, 2011)**

Se describe en cómo usar los principios de la cultura de manufactura esbelta, para la reducción de desperdicios y retrasos en los procesos, tal y como lo implementaron las principales industrias automotrices. (Davis, 2011)

Carol Davis (2011) describe, “el primer paso del programa es implementar el principio de las 5s, para ayudar a tener una estación de trabajo ideal mediante la organización, limpieza, reducción de desperdicios en el ambiente laboral”.

La meta de la implementación es llegar a utilizar ayudas visuales, para monitorear el desempeño de la línea de producción, mediante pizarras de control de calidad de la instalación. (Davis, 2011)

### **2.2.6 Mejora del flujo de material en líneas de montaje automatizadas usando logísticas esbeltas. (Bulej et. al, 2011)**

De acuerdo con los autores Bulej, Stoainovici y Peppeova (2011), para un adecuado manejo de materiales y maximizar la inspección de materias primas se pueden utilizar conceptos de manufactura esbelta de mantener mínimos niveles de inventario, no solo para asegurar la calidad de los productos haciendo un control total de las materias, sino también para poder controlar los defectos que pueden suceder en la línea evitando desperdicios innecesarios. Un flujo adecuado es aquel que se maneja en la menor cantidad de movimientos, es decir, evitar que las partes en proceso se muevan innecesariamente, o se mantengan en posiciones como inventario no terminado, para lo cual se sugiere utilizar conceptos de mercados pequeños en los que se abastece lo necesario y se reabastece las perchas en función a lo que se va terminando, es decir, mantener pedidos solo en base a lo requerido y tal vez se puede considerar un pequeño porcentaje para casos especiales. (Bulej et. al, 2011)

El diseño de las rutas debe ser en función al sistema, es decir, identificar las necesidades de producción para determinar estrategias hábiles y eficientes que puedan, como establece Bulej (2011), “mejorar los flujos de las partes en proceso,

reduciendo tiempos de ciclo altos mediante sincronización, equilibrio de actividades y flujo eficiente”.

En varios casos se puede requerir una reestructuración de las áreas de la planta en función a los flujos, que deben ser constantes, es decir, proponer mejoras en los recorridos de las partes en producción, requiere de un análisis del producto que está haciéndose y el sistema que se está utilizando, pero es importante mantener tiempos de ciclo adecuados, que no consideren excesos de tiempos de transporte entre estaciones o departamentos productivos; ya que un tiempo de ciclo alto causa flujos ineficientes, esto puede un efecto denominado abastecimiento continuo para mantener operativas las estaciones de trabajo. (Bulej et. al, 2011)

Como último se puede concluir que es necesario evaluar el cambio, para determinar si el tiempo de producción y la tasa de productividad han mejorada después de implementar estos pequeños conceptos de flujo, material, abastecimiento y tiempos de ciclo. (Bulej et. al, 2011)

### **2.2.7 Un nuevo enfoque para el análisis automático y control de sistemas de manejo de materiales: un análisis integrado de diseño de flujo.**

**(Gamberi, 2008)**

En la mayoría de las pequeñas y medianas empresas, los costos directos de manejo de materiales no se pueden medir claramente. Existen varias razones para esto, incluyendo el gran número de diferentes tipos de productos, la complejidad de su ciclo de producción, y el cambio continuo en los mercados. Por lo tanto, los gerentes de producción requieren de herramientas flexibles para crear un adecuado modelo de manejo de materiales, que de forma explícita y rápida calcule los índices requeridos. (Gamberi, 2008)

Mauro Gamberi (2008), propone que “se debe utilizar un enfoque integrado para el análisis y control de las operaciones de manipulación de materiales en una planta de fabricación industrial. Para esto, se presenta un modelo de manejo de materiales con una metodología única, el cual proporcionará a los gerentes de producción información extensa y significativa”.

El enfoque de concentrarse en determinar el espacio necesario para optimizar los requisitos del sistema de transporte, los índices de desempeño y el tiempo con los costos de los flujos de material empleados en el diseño es de vital importancia al momento de realizar una propuesta de mejora de instalaciones. (Gamberi et al. 2008)

### **2.3 Contraste de la revisión literaria**

De acuerdo con la opinión de Maneiro es importante utilizar algoritmos evolutivos para proponer una mejor disposición de las estaciones de trabajo, de manera que esto mejore el flujo de productos e información durante el proceso productivo, en adición con Tearwattanarattikal que presenta que estos cambios en las instalaciones pueden verse modelados en software de simulación para evitar excesivos costos de prueba y error al momento de querer cuantificar flujos, tiempos de operario, tiempos de procesado y definir cuál sería la mejor propuesta en un rediseño de instalaciones; estos dos autores complementan sus investigaciones con la opinión de Gholizadeh quién plantea que es importante que en proyectos de gran tamaño, el impacto esencial es el tiempo de producción y los costos asociados a la disposición de los departamentos, de manera que la productividad en la línea no se vea afectada y la calidad se conserve siempre como un factor crítico del éxito corporativo.

De acuerdo a Davis, la industria automotriz tiene un enfoque muy adecuado al momento de realizar sus operaciones, es de esta industria que se han generado cambios al resto de las industrias que han impactado en la productividad, calidad y capacidad de respuesta. Como se ha utilizado pizarras para monitorear el desempeño de la línea productiva ha impactado al desempeño de los trabajadores de las plantas automotrices y en adición con Bulej quien propone el uso de herramientas de manufactura esbelta es crítico para líneas de producción de cualquier tipo, sin embargo, en líneas productivas de mantenimiento no existen implementaciones de herramientas como Kanban, Anden o inclusive una cultura de las 5S; por esto es importante tomar estos valiosos aportes para mejorar las estrategias productivas, de manera que sean hábiles y eficientes para generar un servicio adecuado en el caso de talleres de servicio automotriz.

De acuerdo a Robin Owens (2011), “en la práctica se utiliza el método SLP muy pocas veces, debido mayormente a que su aplicación toma demasiado tiempo. Además, al momento de diseñar una instalación, la mayor parte de empresas no se enfocan en optimizar la distribución de los diferentes departamentos”. Mediante implementar tecnología en la práctica, como por se pueden combinar varias herramientas para analizar flujos, costos, movimientos, esfuerzos del diseño de las instalaciones en base a archivos .DWG a escala en AUTOCAD al diseñar la distribución de instalaciones, se puede determinar en cualquier momento el tiempo, las distancias y los costos de mantener y manejar inventarios, mediante aplicaciones tecnológicas se puede agilizar, flexibilizar e innovar áreas de la ingeniería que contribuyen de mejor manera a la industria. (Owens, 2011).



### **3 RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL ESTUDIO**

De acuerdo con lo acordado con la gerencia de servicio de Quito Motors S.A.C.I. se establecieron parámetros significativos para la toma de datos, es importante determinar que la muestra analizada represente al sistema de taller matriz, por este motivo pese a tener información de otras sucursales, solo se va a enfocar el estudio en los datos de esta localidad.

Todos los datos proporcionados por la organización utilizados para el análisis de la demanda provienen de un horizonte de dos años plazo, es decir de octubre 2010 al 10 de octubre del 2012. Sin embargo dado que la muestra escogida tiene más de 20000 datos, se reducirá la muestra a los datos de octubre 2011 a octubre 2012; la información representa cuantitativa y cualitativamente los servicios realizados a los clientes en cuanto a mantenimiento preventivo, correctivo, ingresos y salidas de vehículos en el periodo seleccionado.

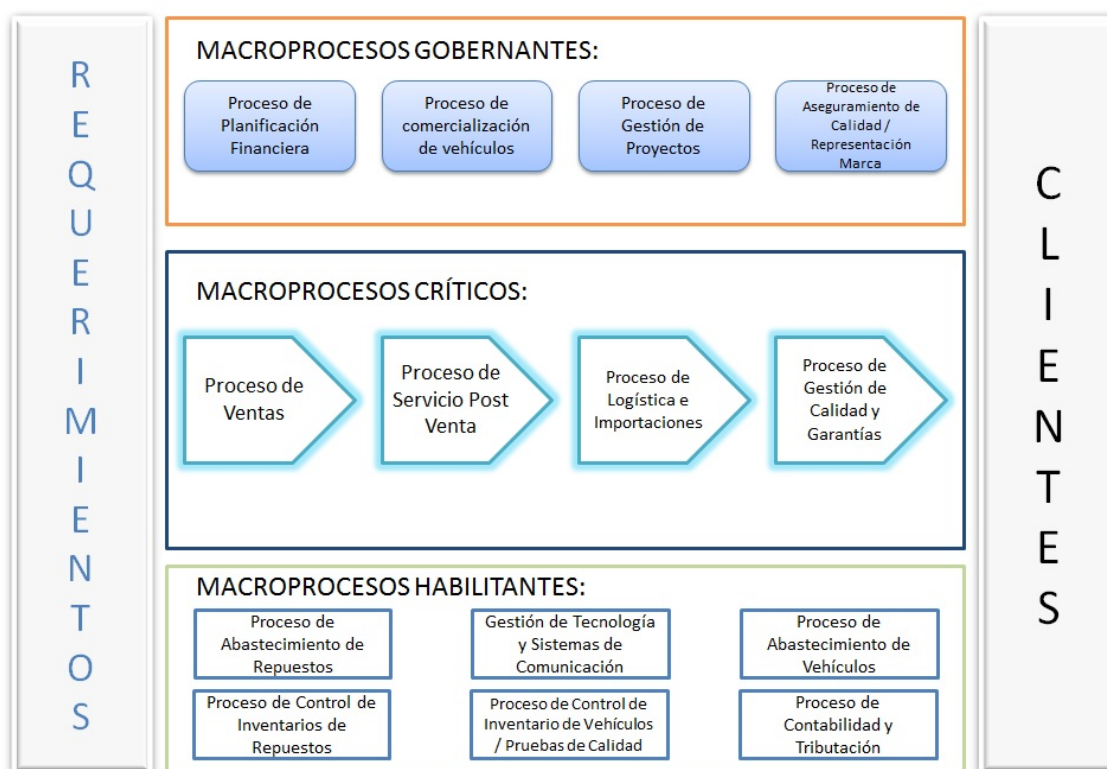
Los datos provienen del departamento de servicio post venta de Quito Motors, las bases de datos se encuentran en el servidor ASX400, fueron migrada a Microsoft Excel ® para poder ser analizados estadísticamente. (Gerencia de servicio Quito Motors S.A.C.I.)

#### **3.1 Descripción del proceso**

De acuerdo con el enfoque del proyecto es importante analizar el comportamiento normal del sistema, teniendo en cuenta los procesos, subprocesos y actividades que se realizan cotidianamente para poder ofrecer servicios de calidad a los clientes. En la siguiente sección se analizarán los procesos para el taller de servicios de Quito Motors S.A.C.I.

### 3.1.1 Cadena de Valor

Para identificar los macro procesos gobernantes, críticos y habilitantes, se procedió a una charla con el auditor interno, el jefe de servicio de taller, la colaboración de los departamentos administrativos de ventas, logística y repuestos para poder levantar los procesos principales para poder elaborar la figura a continuación.



**Figura 9.** Cadena de Valor Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia.

Para una organización como Quito Motors S.A.C.I. que su principal negocio es la comercialización de vehículos, representación de marca, talleres genuinos y servicio post venta, los principales procesos se basan en una planificación de uso de recursos monetarios, aseguramiento de calidad, por lo que estos macro procesos se definen como gobernantes.

Los procesos que intervienen de manera productiva en la organización son ventas, servicio post venta (centro de colisiones, mantenimiento planificado, comercialización de repuestos, entre otros); logística, importación y gestión de garantías son los macro procesos críticos de Quito Motors.

Mientras que los macro procesos de apoyo son abastecimiento de repuestos y vehículos, gestión de sistemas de comunicación, control de inventarios, prueba de vehículos y gestión de contabilidad.

### 3.1.2 Lista maestra de procesos

En la siguiente figura se presentan los procesos, subprocesos y las actividades se detallarán más adelante por efectos de formato, esta información va de acuerdo al levantamiento realizado bajo la colaboración del jefe de servicio durante el mes de octubre de 2012.

**Tabla 1.** Lista Maestra de Procesos Quito Motors S.A.C.I.

NIVEL	MACROPROCESOS	PROCESOS	CÓDIGO
Gobernantes	MPG1.1 Proceso Planificación Financiera	Planificación Estratégica	PG1.1.1
		Planificación de Gestión	PG1.1.2
		Planificación operativa	PG1.1.3
		Manejo del Presupuesto	PG1.1.4
	MPG2.1 Proceso de Comercialización de Vehículos	Análisis Situación Mercado Nacional	PG2.1.1
		Planificación de Compras	PG2.1.2
		Programación de actividades	PG2.1.3
		Despacho y entrega a sucursales	PG2.1.4
		Seguimiento de las actividades	PG2.1.5
	MPG3.1 Proceso de Gestión de Proyectos	Realización del cronograma de actividades de adquisición y mejora de instalaciones	PG3.1.1
		Definición de requerimientos de instalaciones y personal	PG3.1.2
	MPG4.1 Proceso de Aseguramiento de Calidad / Representación de Marca FORD	Normas Internas y externas	PG4.1.1
		Gestión de Garantía de Vehículos Pre - Venta	PG4.1.2
		Gestión de Garantía de órdenes Post venta	PG4.1.3

NIVEL	MACROPROCESOS	PROCESOS	CÓDIGO
Críticos	MPC1.1 Proceso de Ventas	Estudios de Mercado y Situación País	PC1.1.1
		Información de precios Productos (competencia)	PC1.1.2
		Detallar los Productos que se venden en el Mercado	PC1.1.3
		Gestión de costeo y mercadeo de productos	PC1.1.4
	MPC2.1 Proceso de Servicio Post venta	Atención al cliente	PC2.1.1
		Orden de pedido	PC2.1.2
		Mantenimiento preventivo	PC2.1.3
		Mantenimiento correctivo	PC2.1.4
	MPC3.1 Proceso de Logística e Importaciones	Locales Comerciales y Sucursales	PC3.1.1
		Definir las cuotas por sucursales	PC3.1.2
		Gestión de compra de repuestos	PV3.1.3
		Importaciones (Marítima, Aérea y HOT-LINE)	PC3.1.4
	MPC4.1 Proceso de Gestión de Calidad y Garantías	Prueba de Vehículos previo a la entrega	PC4.1.1
		Reclamos	PC4.1.2
		Devoluciones	PC4.1.3
		Recepción de Quejas	PC4.1.4
NIVEL	MACROPROCESOS	PROCESOS	CÓDIGO
Habilitantes	MPH1.1 Proceso de abastecimiento de repuestos	Verificación de existencias	PH1.1.1
		Análisis de pedido sugerido por el sistema vs. Pedido propuesto por analistas	PH1.1.2
	MPH2.1 Proceso de abastecimiento de vehículos	Determinación de cuotas de importación	PH2.1.1
		Negociaciones internacionales	PH2.1.2
		Importación y aduanas	PH2.1.3
	MPH3.1 Gestión de tecnología y sistemas de comunicación	Mantenimiento de Equipos	PH3.1.1
		Control del sistema ASX400	PH3.1.2
		Manejo de Redes y Almacenamiento de Datos	PH3.1.3
		Mantenimiento Software Interno ASX400, SAP	PH3.1.4
	MPH4.1 Proceso de control de inventarios de repuestos	Determinación de existencias disponibles	PH4.1.1
		Asignación de espacios en estanterías (ubicación fija y aleatoria)	PH4.1.2
		Manejo de promociones para liquidación de stock	PH4.1.3

Fuente: Gerencia de Servicio Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia.

En la tabla se muestran los macro procesos gobernantes que se enfocan en la parte del manejo del presupuesto de la compañía, las acciones necesarias para poder cumplir con el propósito de la organización, mientras que las actividades que

generan valor al cliente como el mantenimiento preventivo, la importación de repuestos y servicios de venta - post venta se reflejan dentro de los procesos críticos (productivos), los procesos de apoyo están para facilitar el desempeño y cumplimiento de los procesos gobernantes y críticos, además de gestionar controles internos de la institución.

De acuerdo con el estudio los subprocesos que intervienen en los procesos de taller, que implican la actividad de mantenimiento y servicios post venta se presentan en la siguiente Tabla:

**Tabla 2.** Lista Maestra de Subprocesos Productivos del Taller Quito Motors  
S.A.C.I.

<b>Proceso Mantenimiento Preventivo PC2.1.3</b>	
<b>Subprocesos:</b>	<b>Tareas:</b>
Cambio	Aceite
	Aceite de caja
	Aceite diferencial delantero
	Aceite diferencial posterior
	Banda de distribución
	Banda de motor
	Bujías
	Filtro de aceite
	Filtro de aire
	Filtro de combustible
	Líquido de dirección hidráulica
	Líquido de frenos
	Pastillas
	Termostato
	Zapatillas

<b>Subprocesos:</b>	<b>Tareas:</b>
Revisión	Alternador
	Batería
	Frenos
	Luces
	Niveles
	Sistema EBD
	Sistema eléctrico
	Suspensión
Limpieza y Lubricación	Cuerpo de aceleración
	Frenos
	Inyectores
	Mecanismos
	Motor
	Sistema PVC
Regulación	Frenos
Reajuste	Carrocería
	Suspensión
	Tapicería
Ajuste y/o rectificación	Discos de freno
Otros	Alineación
	Balanceo
	Rotación de ruedas

**Fuente:** Gerencia de Servicio Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia.

### **3.1.3 Diagrama de flujo del proceso productivo actual del Taller de Quito Motors S.A.C.I.**

El proceso productivo es una actividad compleja que involucra varios operarios de la línea de servicio, entre los responsables y departamentos involucrados están:

- Cliente (A)
- Coordinadora de Citas (B)
- Ayudante de recepción (C)
- Asesor de servicio rápido, mantenimiento y reparación (E)

- Jefe de taller (F)
- Supervisor de taller (G)
- Técnicos de servicio rápido (H)
- Técnicos de mantenimiento (I)
- Técnicos de reparación (K)
- Líder de calidad (K)
- Bodeguero de herramientas y materiales (L)
- Jefe técnico (M)
- Fabricante (O)
- Repuestos (P)
- Analista de garantías (Q)
- Caja (R)

Conforme se muestra en el Anexo 1: Diagrama de flujo de los procesos de taller de Quito Motors S.A.C.I. Se puede observar cómo el cliente puede acceder a diferentes tipos de servicio y como éste interactúa en el sistema, adicionalmente se puede observar cómo el resto de responsables toman parte en sus roles y funciones dentro de los procesos de taller.

En el Anexo 1, también se muestran los diferentes procesos que están a cargo del área de servicio post venta, repuestos, logística y ventas de la organización.

#### **3.1.4 Descripción del sistema de manejo de materiales**

Para su correcto uso y utilización, existe un manejo de materiales en lo que se encuentran los repuestos y materiales que intervienen en la realización de los mantenimientos respectivos, para lo cual el jefe de servicio autoriza a los técnicos

que se acerquen a repuestos y estos soliciten lo que necesitan; también cuando se trata de reparaciones adicionales que no constan dentro del mantenimiento se requiere una aprobación verbal por parte del cliente, que en su caso el asesor de servicio debe pedir mediante vía telefónica o personal.

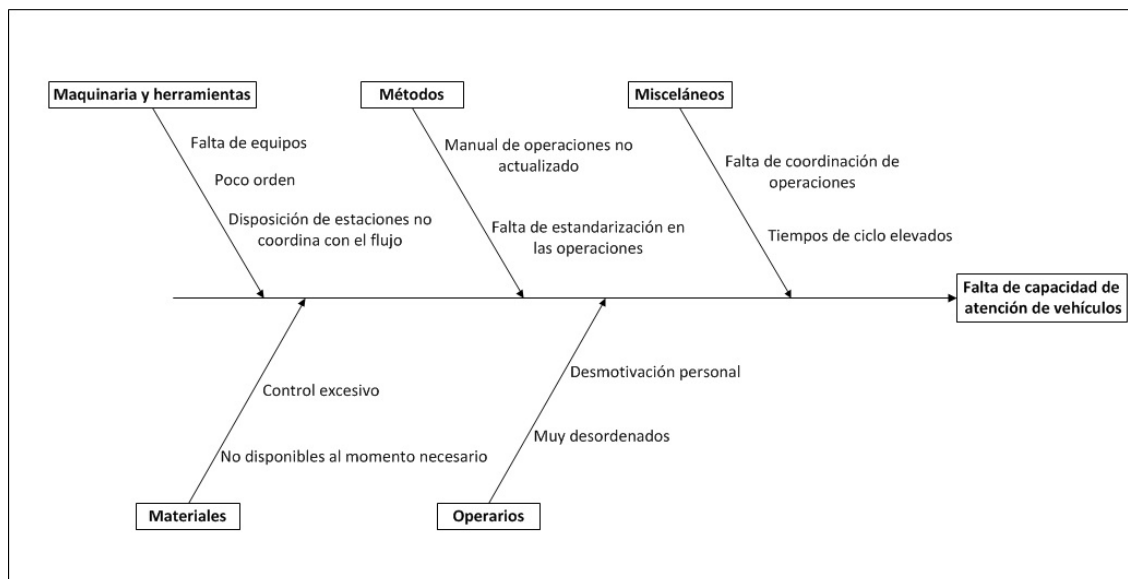
En el caso de estudio las entidades que fluyen entre las estaciones son vehículos, por lo que las cargas unitarias para el análisis del flujo entre departamentos son vehículos, el segundo flujo es de repuestos y como tercer flujo es la información, la cual está detallada en una hoja física denominada orden de trabajo (OT), estos flujos deben ser analizados para determinar las cargas unitarias que se tratan, se mueven y se almacenan como una sola.

El sistema de trabajo es tipo taller, por lo que en cada estación existen operarios y maquinaria especializada para realizar procesos, subprocesos y actividades específicas; si se requiere equipo adicional existe una bodega de herramientas y materiales necesarios para realizar cierto tipo de operaciones menos comunes, puesto que cada operario ha sido provisto con un kit de herramientas que permiten cumplir con sus roles y funciones.

### **3.2 Identificación del problema**

De acuerdo a lo acordado en varias conversaciones con la gerencia de servicio, se determinó que el problema es la falta de capacidad del taller para atender la demanda actual de clientes; para lo cual se elaboró un diagrama espina de pescado que ilustra las causas que fomentan este inconveniente.





**Figura 10.** Diagrama espina de pescado Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia.

Para la elaboración de este diagrama se acudió a entrevistas personales con los operarios de taller, visita en las instalaciones y conversaciones personales con el jefe de servicio y jefe de taller.

Entre estas causas, se pueden identificar falencias en común, es decir, que una falencia es la causante de otra; como que la falta de un manual de operaciones actualizado, es causante de que no haya coordinación de operaciones, esto a su vez causa tiempos elevados de ciclo. En otro caso la falta de orden, falta de equipos, el flujo no adecuado en la planta y la falta de materiales en los momentos precisos es también causante de tiempos elevados de ciclo servicio.

La administración ha determinado incrementar la capacidad de atención de vehículos para el 2013, pero si no se flexibiliza el flujo de vehículos entre estaciones de trabajo y no se reducen los tiempos de ciclo, es prácticamente imposible aumentar el nivel de atención de unidades por mes.

Dado que estas causas entorpecen el flujo dentro de las instalaciones, se procedería a proponer una nueva disposición que facilite la corrección de estos asuntos, minimice el tiempo de ciclo de las actividades de mantenimiento y adicionalmente maximice la capacidad operativa del taller, para lo cual es importante analizar la demanda actual del taller, determinar su comportamiento, entender que vehículos son los que más acuden a servicio y poder cuantificar que modelos son los más influyentes en el comportamiento del sistema de la organización.

### 3.3 Identificación de productos y servicios del Taller de Quito Motors S.A.C.I.

#### 3.3.1 Productos representativos

Quito Motors ofrece la siguiente gama de vehículos a nivel nacional, que se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla 3.** Presentación de vehículos Quito Motors de Venta Actual

<u>Tipo:</u>	<u>Vehículo:</u>	<u>Presentación:</u>
Autos SEDAN	Fiesta	XL / Gasolina
	Focus	XLS / Gasolina
	Fusion	XLS / Híbrido
Todo Terreno JEEP	Escape	4X2/ 4X4 / Gasolina
	Edge	4X2 XLT / Gasolina
	Explorer	4X2 ; 4X4 / Gasolina
	Expedition	4X4 / Flex Fuel
Camionetas PICK UP	Ranger	4X2 / Gasolina
	Ford F150	CS 4X4; CD 4X2 ; CD 4X4

**Fuente:** Departamento de Ventas Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

En cuanto al servicio de mantenimiento preventivo, para garantizar la vida útil de su vehículo, los talleres también tienen servicio de mantenimiento correctivo

con repuestos originales y con la garantía de la fábrica. En cuanto a los productos utilizados para los mantenimientos se encuentra la línea de repuestos originales Motorcraft ® para vehículos Ford, con una extensa variedad en pastillas de frenos, filtros de aceite, filtros de aire, filtros de combustible, bujías, mangueras y bandas, plumas, etc.. Existen otras marcas de repuestos originales como MLH Vernet ®, Valeo ®, Crammer ®, entre otros embragues, bandas, sistemas eléctricos y sistemas de frenos, etc. (Gerencia de repuestos Quito Motors S.A.C.I.)

### **3.3.2 Servicios que ofrece el Taller de Quito Motors S.A.C.I.**

Entre los servicios de mantenimiento se encuentran:

- I. Sincronización y ABC del motor, mediante chequeos cada 10000 – 30000 Km. Se puede afinar al motor para que este en sus óptimas condiciones.
- II. Revisión de frenos cada 10000 Km. Y se cambian pastillas, discos y zapatas de acuerdo a su uso; es muy importante para la seguridad de los clientes realizar una inspección periódica de los mismos.
- III. Revisión e instalación de kit de embrague, contiene plato, disco y rodamiento, esto permite mantener en óptimas condiciones la transmisión del vehículo, haciendo que la fuerza del motor se propague al eje; revisiones periódicas cada 10000 Km a partir de los 30000 Km de circulación del vehículo.
- IV. Mantenimiento y cambio de aceite y filtro de motor, corresponde a limpieza y evita la fricción entre los componentes del motor, mantenimientos programados cada 5000 Km.
- V. Mantenimiento y cambio de amortiguadores y ajuste de carrocería, es importante para mantener la seguridad al momento de la conducción sobre caminos difíciles,

se realiza una revisión periódica cada 10000 Km para verificar la estabilidad del vehículo.

- VI. Alineación y rotación de ruedas, es para maximizar la vida útil de los neumáticos y evitar fallas en la estabilidad de los vehículos ocurridas por el desgaste de las llantas. Se recomienda cada 10000 Km.
- VII. Revisión y cambio de bandas y correas, es importante revisarlas para que la vida útil del motor sea la adecuada, se inspeccionan cada 10000 Km a partir de los 40000 Km de circulación del vehículo.
- VIII. Revisión y cambio de filtro de aire y filtro de combustible, evitan la contaminación de los componentes del vehículo, se recomienda su cambio cada 10000 Km en caso del filtro de aire y cada 30000 Km el filtro de combustible.
- IX. Revisión y cambio de bujías, se recomienda cambiarlas cada 10000 Km, estas ayudan a reducir el consumo de combustible cuando se encuentra en óptimas condiciones.
- X. Revisión y cambio de baterías y sistemas eléctricos, son reemplazados según el uso, el tiempo útil de una batería se estima en dos años a condiciones regulares, se recomienda un chequeo del sistema eléctrico cada 15000 Km para evitar fallas inapropiadas en el vehículo. (Servicio Total FORD, 2012)

Adicional a estas actividades de mantenimiento existe un chequeo de 10 puntos que se recomienda realizar a todos los vehículos que ingresan al taller, para garantizar la seguridad de los mismos para sus clientes.

Los 10 puntos a considerar son:

- 1 Funcionamiento de frenos, freno de parqueo, discos delanteros, tambores posteriores.

- 2 Funcionamiento del sistema de calefacción y ventilación.
- 3 Funcionamiento de limpiaparabrisas y aspersores. Estado de parabrisas delantero, posterior y ventanas.
- 4 Funcionamiento y calibración de luces delanteras, posteriores.
- 5 Chequeo de líquido de frenos, refrigerante y fugas en mangueras y radiador.
- 6 Chequeo de líquido de dirección y fugas en el sistema.
- 7 Chequeo de fugas en la caja, diferencial y transmisión.
- 8 Chequeo de posición y ruido del escape.
- 9 Chequeo de abolladuras o golpes en los amortiguadores y suspensión delantera y posterior.
- 10 Alineación y ajuste de carrocería (Servicio Total FORD, 2012)

Estos puntos analizados anteriormente son altamente recomendados por expertos en análisis de vibraciones en vehículos, que recomiendan que el mantenimiento planificado debe implementar una estación para verificar que se cumplan los 10 puntos de inspección sugerida, actualmente en la ciudad de Quito se cuenta con una revisión vehicular realizada por la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE) y la Revisión Municipal toma en cuenta estos 10 puntos como defectos de tipo I, II y III. Todos los ciudadanos residentes en Quito están obligados a realizar dicha revisión y Quito Motors S.A.C.I. en su búsqueda por mejorar la atención al cliente realiza dicha inspección para mejorar la experiencia de servicio de los clientes.

Además de estos servicios, Quito Motors cuenta con un servicio de latonería y pintura para raspones, golpes y choques leves, mientras que para todo proceso de siniestros y reparaciones complejas se encuentra el taller AUTO EXPRESS Cía.

Ltda. Como centro de colisiones representante de la Marca FORD a nivel de Quito, existen otros talleres de servicio para las demás ciudades del País.

En el Anexo 2: Tabla de Mantenimiento Planificado para vehículo FORD F150 / Explorer, puesto que estos vehículos son los de mayor asistencia a taller, de acuerdo a los análisis presentados en la sección 4.1 Análisis de la demanda de taller en el período 2011 – 2012. El Anexo 2 muestra las tareas a realizar en cada mantenimiento planificado desde los 5000 hasta los 100000 Km, pasado este recorrido los mantenimientos son especiales y se recurre al manual del vehículo para realizar tareas que perduren la vida útil del mismo. Toda esta información fue levantada mediante la colaboración del jefe de taller, además de consulta mediante entrevistas personales a los técnicos del taller.

### **3.4 Levantamiento de datos de taller para análisis**

El taller de Quito Motors atiende cualquier tipo de vehículos (Camionetas, Pick Up, Jeep, SUB, Berlinas, Hatchback, entre otros), sin embargo al ser representante oficial de FORD y de VOLVO en Ecuador, la mayor incidencia de vehículos atendidos de ambas marcas, pero especialmente vehículos FORD. Para realizar el análisis respectivo se levantaron todas las órdenes atendidas desde 1ero. De octubre de 2011 hasta el 31 de octubre de 2012, con un total de 19838 vehículos atendidos de varias marcas como Chevrolet, BMW, Audi, VW, Volvo, Ford, entre otras. En el análisis se consideraron únicamente los vehículos FORD, con un total de 17016 autos atendidos. En un promedio de 1260 vehículos atendidos por mes para todo tipo de servicio de taller. (Gerencia de servicio Quito Motors S.A.C.I. 2012)

Para esto se determinó la demanda a partir de una migración de las bases del sistema operativo de Quito Motors S.A.C.I. denominado ASX400 a una plataforma de Microsoft Excel ® para realizar los siguientes análisis de demanda, de incidencias a taller y las segregaciones respectivas del estudio para este proyecto.

### 3.5 Vehículos atendidos en taller en el período seleccionado

El taller de Quito Motors en el periodo octubre 2011 a 2012 atendió a los siguientes tipos de autos y su cantidad conforme se presenta en la siguiente Tabla 4:

**Tabla 4.** Vehículos atendidos en taller en periodo 2011 a 2012

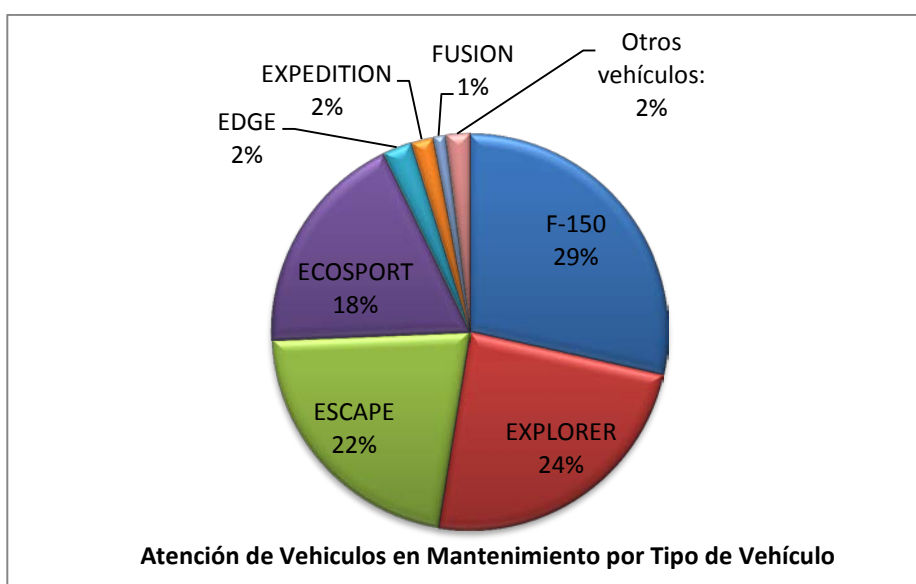
Vehículo	Tipo	Modelo	Año	
			Desde	Hasta
ECOSPORT	JEEP	XLT 4X2	2003	2009
		XLT 4X4	2003	2009
EDGE	JEEP	4X4 LIMITED	2010	2012
		4X2 LIMITED	2010	2012
ESCAPE	JEEP	4X4	2005	2012
		4X2	2002	2006
		2.5 HIBRIDO	2008	2012
		4X2 XLS	2000	2004
EXPEDITION	JEEP	EDDIE BAUER	2002	2012
		4X4 XLT	2010	2012
EXPLORER	JEEP	4X2	1997	2012
		4X4	1997	2012
		4,0 V6 XLT	2004	2012
		4.0 XLS 4X4	2002	2012
	PICK UP	SPORTRAC	2002	2012
FOCUS	SEDAN / BERLINA	XL	2010	2012
FUSION	SEDAN / BERLINA	XLS	2010	2012

Vehículo	Tipo	Modelo	Año	
			Desde	Hasta
F-150	PICK UP	4X2 CS	2000	2012
		4X4 CS	2004	2012
		4X2 CD	2008	2012
		LARIAT 4X4 CS	2006	2008
		LARIAT 4X4 SUPERCAB 5,4	2006	2012
		4X4 VENEZUELA	2001	2009

Fuente: Departamento de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

En la Figura 11. Se muestra la representación de atención de vehículos en función a los tipos de vehículos, además se muestran los porcentajes.



**Figura 11.** Distribución de población de vehículos de taller en función a tipo de vehículo

Elaboración propia.

Mediante esta gráfica de pastel se puede concluir que los vehículos de mayor asistencia a taller son F-150, Explorer, Escape y Ecosport con un total de 95% del total; mientras que los vehículos Expedition, Edge, Fusion y Focus son de



baja asistencia (inferior al 5%) por lo que pueden ser precedidos de su análisis en este caso.

### 3.6 Trabajos realizados en taller en el periodo seleccionado

Para realizar un análisis que sea representativo del sistema del taller, es importante determinar de manera cuantitativa, las asistencias de los vehículos a taller y determinar que trabajos realizados son los más representativos, de manera que se pueda mantener un control sobre los servicios de mayor prestación, para lo cual se analizó la base de datos del período de enero 2011 hasta mayo 2013 y se presentan los servicios del taller en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Trabajos realizados en Taller Matriz

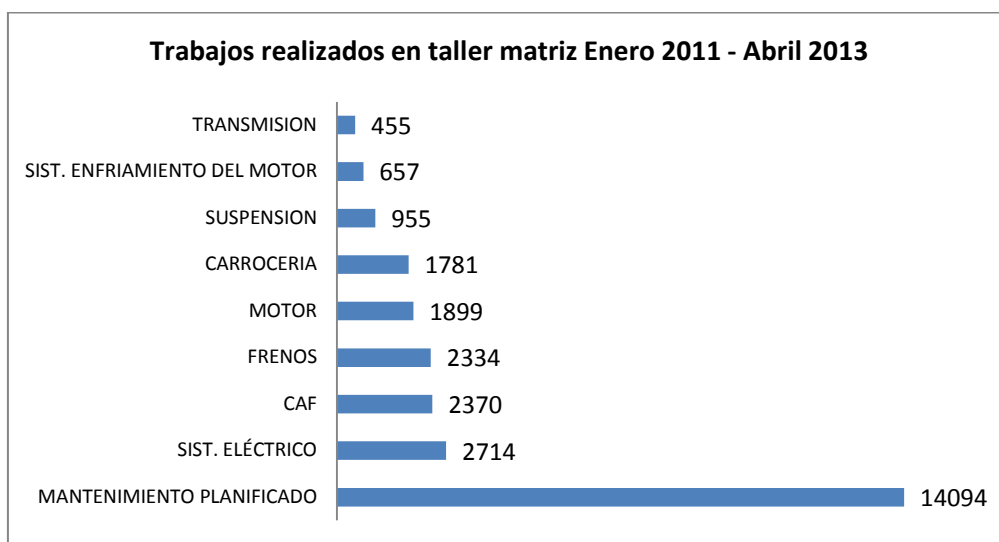
<b>SISTEMAS REPRESENTATIVOS MATRIZ</b>			
	<b>Tipo (descripción)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Total</b>
<b>SERVICIOS REALIZADOS</b>	INSPECCIÓN / MANTENIMIENTO PLANIF.	52%	14094
	SIST. ELÉCTRICO	10%	2714
	CAF	9%	2370
	FRENOS	9%	2334
	MOTOR	7%	1899
	CARROCERIA	7%	1781
	SUSPENSION	4%	955
	SIST. ENFRIAMIENTO DEL MOTOR	2%	657
	TRANSMISION	2%	455
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>27258</b>

**Fuente:** Departamento de Servicio Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

Se puede observar que el proceso de inspección / mantenimiento planificado tiene un 52% del total de vehículos atendidos, mientras que los otros procesos como inspección y reparación de sistema eléctrico, calefacción, frenos, motor, carrocería, suspensión, sistema de enfriamiento de motor y transmisiones pertenecen a mantenimientos correctivos. Latonería, pintura y lavados especializados no se realizan dentro del taller.

La siguiente Figura, representa los trabajos realizados de manera más visual, para determinar la importancia del mantenimiento preventivo (inspección) en el taller.



**Figura 12.** Distribución de los trabajos de taller en función a asistencia de vehículos

Elaboración propia.

Con esta información se puede determinar que del total de vehículos atendidos más del 50% acuden a mantenimiento planificado, el restante acude a chequeos de mantenimiento correctivo. Es muy importante para el estudio adecuar las instalaciones mejorar el flujo de vehículos para tener mejores tiempos de servicio y ofrecer una mayor capacidad de atención para el mantenimiento

preventivo; como se había mencionado con anterioridad la meta de la gerencia es poder atender a 1200 vehículos por mes en esta área de mantenimiento planificado. (Andrade, 2012)

### **3.7 Disposición actual de las instalaciones de Quito Motors S.A.C.I.**

Actualmente las instalaciones del taller, se encuentran sobre utilizadas, por lo que es importante realizar un análisis de la utilización de las mismas, el trabajo en proceso es elevado y el tiempo de ciclo para realizar las tareas de mantenimiento es elevado también, por esta problemática se propone un análisis a las instalaciones actuales y una propuesta de mejora de la disposición de las mismas, de manera que se pueda mejorar el flujo entre estaciones, para lo cual los análisis pertinentes se desarrollan en el próximo capítulo; la construcción de las propuestas se encuentra en el capítulo 5.

Las instalaciones actuales cuentan con un área de 11000 metros cuadrados aproximadamente. (Gerencia de Servicio Quito Motors S.A.C.I. 2012)

Los departamentos involucrados en las instalaciones son:

- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Vehículos terminados         | 9. Motores                  |
| 2. Vehículos en proceso         | 10. Transmisión automática  |
| 3. Bodega de lubricantes        | 11. Aire acondicionado      |
| 4. Bodega de repuestos          | 12. Oficina de supervisores |
| 5. Área de ingreso de vehículos | 13. Baños para técnicos     |
| 6. Mantenimiento preventivo     | 14. Camerinos para técnicos |
| 7. Mecánica específica          | 15. Bodega de herramientas  |
| 8. Electricidad y electrónica   | 16. Mecánica general        |

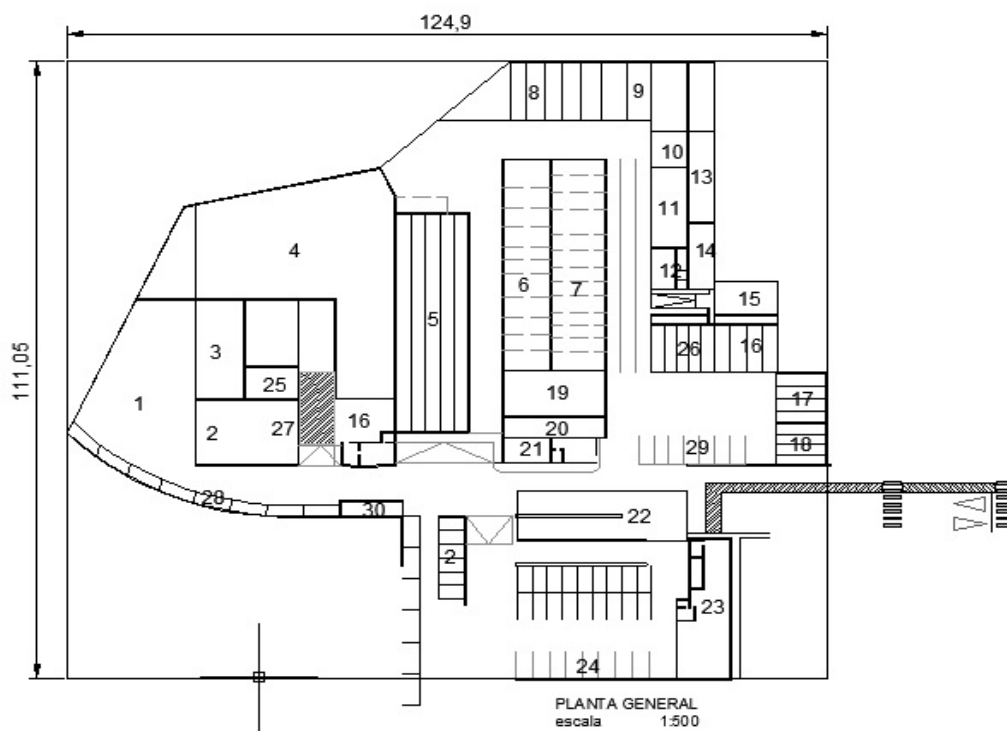
- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 17. Tapicería             | 24. Parqueaderos (Gerentes) |
| 18. Vidrio                | 25. Bodega de garantías     |
| 19. Lavado de vehículos   | 26. Servicio Express        |
| 20. Cambio de aceite      | 27. Mecánica general        |
| 21. Alineación y balanceo | 28. Espera de repuestos     |
| 22. Recepción             | 29. Secado                  |
| 23. Oficinas post venta   | 30. Tratamiento de aguas    |

\* Quito Motors satelital (SHERLOCK)

(Gerencia de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I. 2012)

En función a las disposiciones actuales, se procedió a graficar las instalaciones en AUTOCAD® en escala 1:500 las instalaciones, se utilizó como base los planos realizados en el 2010 entregados por la Gerencia de Servicio, dichos planos cuentan en el departamento de Bomberos de Quito con un plan de contingencia para incendios como exigencia de la Municipalidad de Quito. Estas instalaciones se encuentran en el Anexo 3: Diagrama de disposición de Quito Motors Matriz 2010

En la Figura 13 se puede observar cómo se encuentra la planta y los departamentos a los que corresponden con su área.



**Figura 13.** Instalaciones actuales de taller de Quito Motors

Fuente: Gerencia de Servicio Post venta. 2012

## 4 ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE QUITO MOTORS MATRIZ

### 4.1 Análisis de la demanda de taller

Para estimar una muestra que represente significativamente a la población de vehículos FORD, es necesario realizar un análisis de las ventas, de la participación de la marca en el mercado nacional, verificar en que ciudades del País se realizaron estas ventas y también analizar las asistencias a taller por tipo de vehículo.

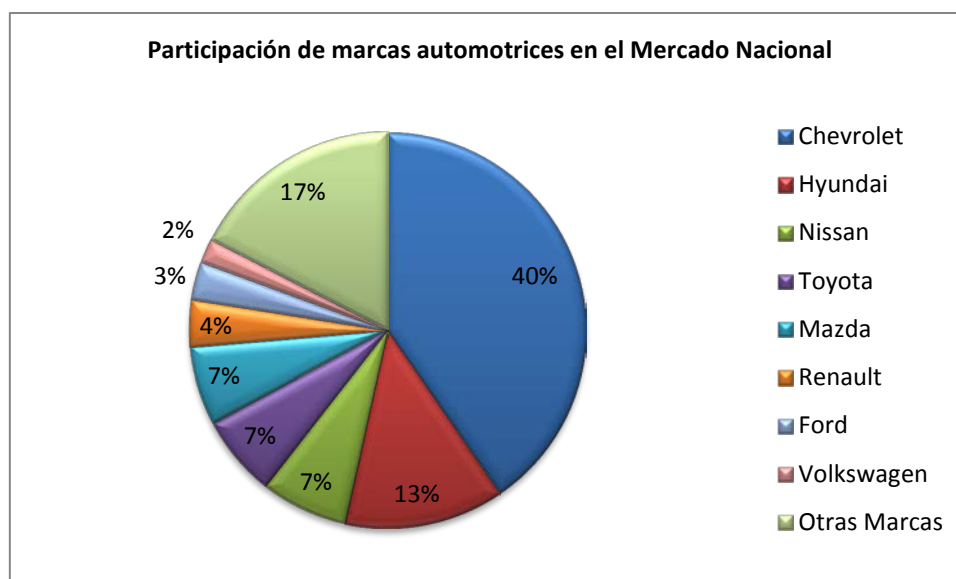
Es importante determinar cómo está compuesta la población de vehículos en el Ecuador, para lo cual se investigó la participación de mercado en base a las cifras de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en su anuario de cifras del 2010 que es el más reciente se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 6.** Participación de Marcas Automotrices en Ecuador año 2010

No.	Marca	Porcentaje
1	Chevrolet	40,42%
2	Hyundai	13,04%
3	Nissan	7,12%
4	Toyota	6,60%
5	Mazda	6,50%
6	Renault	3,79%
7	Ford	3,09%
8	Volkswagen	1,97%
9	Otras Marcas	17,47%
	Total:	100%

**Fuente:** <http://www.aeade.net/web/images/stories/images/anuario2010.pdf>

Elaboración propia



**Figura 14.** Participación de marcas automotrices en el Mercado Nacional año 2010

Elaboración propia

De acuerdo a las cifras de la AEADE, se puede identificar a CHEVROLET como la marca con mayor participación en el mercado ecuatoriano, mientras que FORD ocupa el puesto número 7 con un 3.09% del parque automotor en el 2010.

Tomando un horizonte de 8 años, es decir, a partir del 2005 hasta el 2013, las ventas de vehículos FORD son las siguientes:

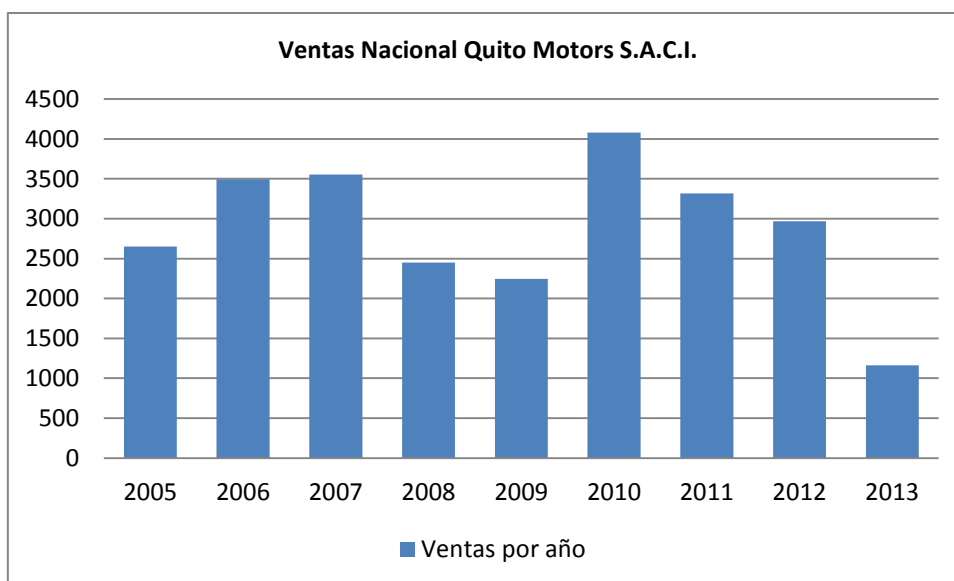
**Tabla 7.** Ventas Nacionales Quito Motors S.A.C.I. 2005 - 2013

Ventas Nacionales Quito Motors S.A.C.I.									
<b>Año:</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Vehículos:</b>	2650	3494	3554	2452	2245	4080	3319	2968	1160

**Fuente:** Departamento de Servicio Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

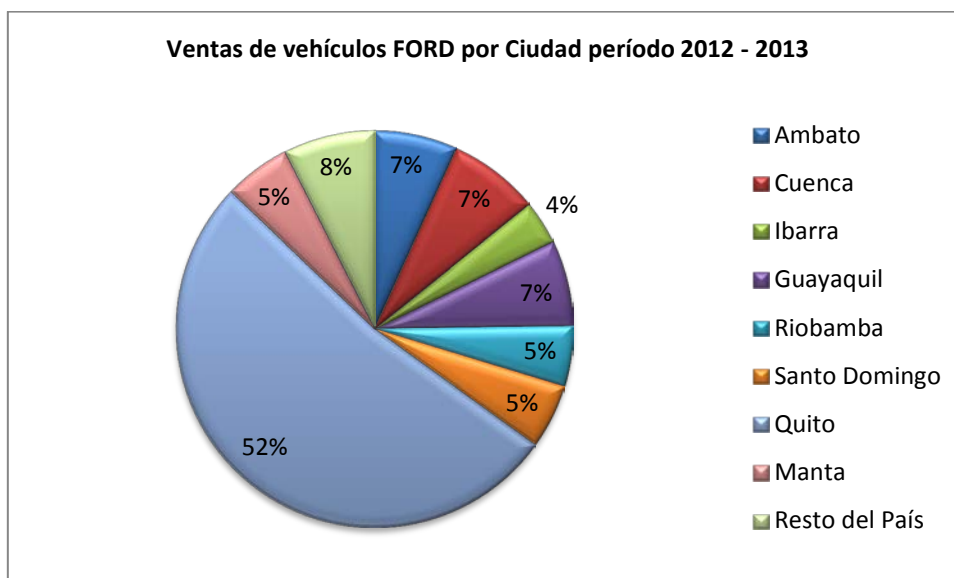
En la figura 14, se puede observar las ventas en el período analizado:



**Figura 15.** Ventas Nacionales período 2005 - 2013

Elaboración propia

Con base a estas ventas es importante determinar en qué ciudades se encuentra la mayor cantidad de las ventas en el período más reciente, que para el caso es de enero 2012 hasta mayo 2013, además es importante determinar la composición de vehículos en función al tipo (autos, jeeps y camionetas).

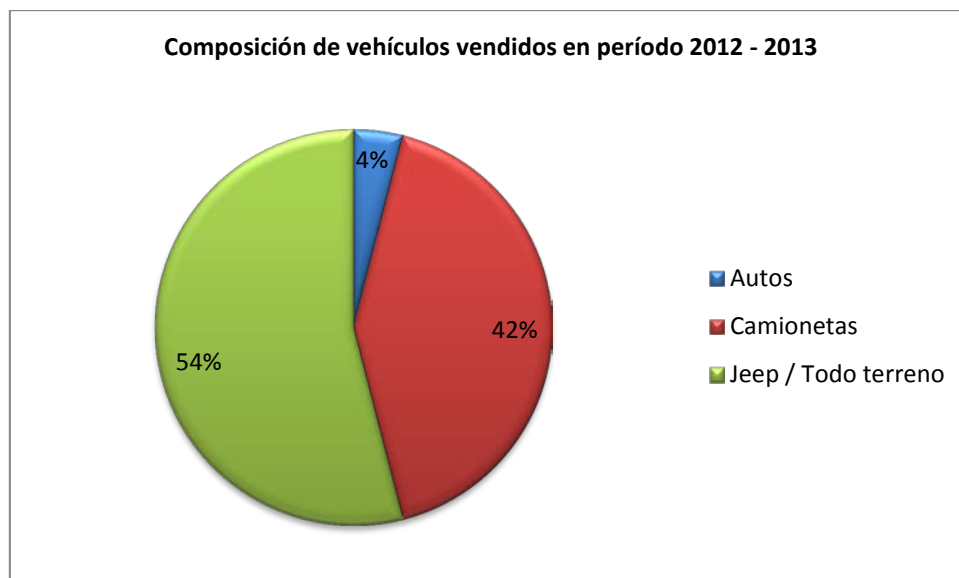


**Figura 16.** Ventas Nacionales por Ciudad período 2012 - 2013

Elaboración propia



En la figura 15, se puede observar que la mayor cantidad de autos vendidos está en la ciudad de Quito, con un 52% de las ventas totales en el Ecuador; en el resto de ciudades se observa que no llegan a venderse más del 8% de los vehículos importados.



**Figura 17.** Composición de vehículos vendidos en período 2012 - 2013

Elaboración propia

La figura 16 muestra que el 4% del total de vehículos vendidos corresponde a automóviles, el 42% a camionetas y el 54% a vehículos todo terreno.

Además de la información pasada es necesario determinar los vehículos que han acudido a taller en el periodo 2011 – 2013, para estimar cuales son los vehículos más atendidos y poder enfocar el estudio de tesis a los mismos. Para esto en la tabla 8, se muestran los datos de atención por vehículo:

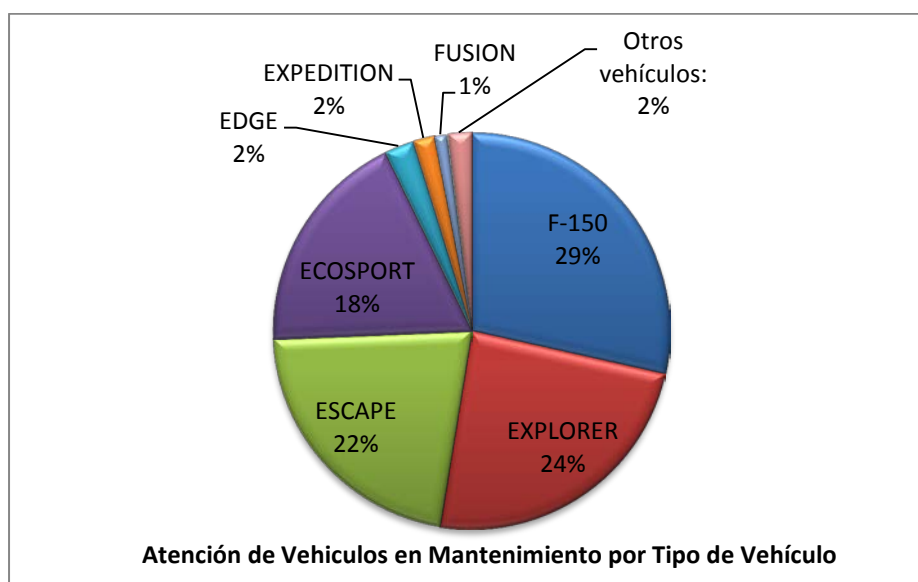
**Tabla 8.** Cantidad de entidades en mantenimiento planificado por tipo de vehículo

Vehículo	Cantidad	Porcentaje
F-150	7768	29%
EXPLORER	6561	24%
ESCAPE	5937	22%
ECOSPORT	5031	18%
EDGE	654	2%
EXPEDITION	496	2%
FUSION	267	1%
Otros vehículos:	544	2%
Total:	27258	100%

**Fuente:** Departamento de Servicio Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

La siguiente figura representa la distribución de vehículos por tipo:



**Figura 18.** Atención de entidades en Mantenimiento por tipo de Vehículo

Elaboración propia

De acuerdo al procedimiento de garantía de Quito Motors cumple con la garantía de sus vehículos FORD por un período de 3 años o 30000 Km, con la política de “Lo que suceda primero”, es decir, si el vehículo pasa de tres años se vence la condición de garantía sin importar que no haya superado los 30000 Km y viceversa. Es importante recalcar que la política de FORD Venezuela para el 2013, es la siguiente en cuanto a los vehículos FORD en Ecuador:

## Garantías de Vehículos

COBERTURA DE GARANTIA FORD MOTOR DE VENEZUELA

VEHÍCULOS	COBERTURA PÓLIZA (1)	
	KILOMETRAJE	TIEMPO
EDGE	20,000	1 AÑO
ESCAPE	20,000	1 AÑO
EXPEDITION	20,000	1 AÑO
EXPLORER	20,000	1 AÑO
F-150	20,000	1 AÑO
RANGER	20,000	1 AÑO
SPORT TRAC	20,000	1 AÑO

VEHÍCULOS	COBERTURA PÓLIZA (1)		COBERTURA COMPONENTES HÍBRIDOS (2)	
	KILOMETRAJE	TIEMPO	KILOMETRAJE	TIEMPO
Escape Hybrid AWD	20,000	1 AÑO	80,000	4 AÑOS
Fusion Hybrid	20,000	1 AÑO	80,000	4 AÑOS

(1) Prevalciendo lo que ocurra primero.

(2) Prevalciendo lo que ocurra primero. La Cobertura sobre las partes híbridas se limita exclusivamente a: Batería de alto voltaje, Transmisión ECVT y Convertidor DC/DC.

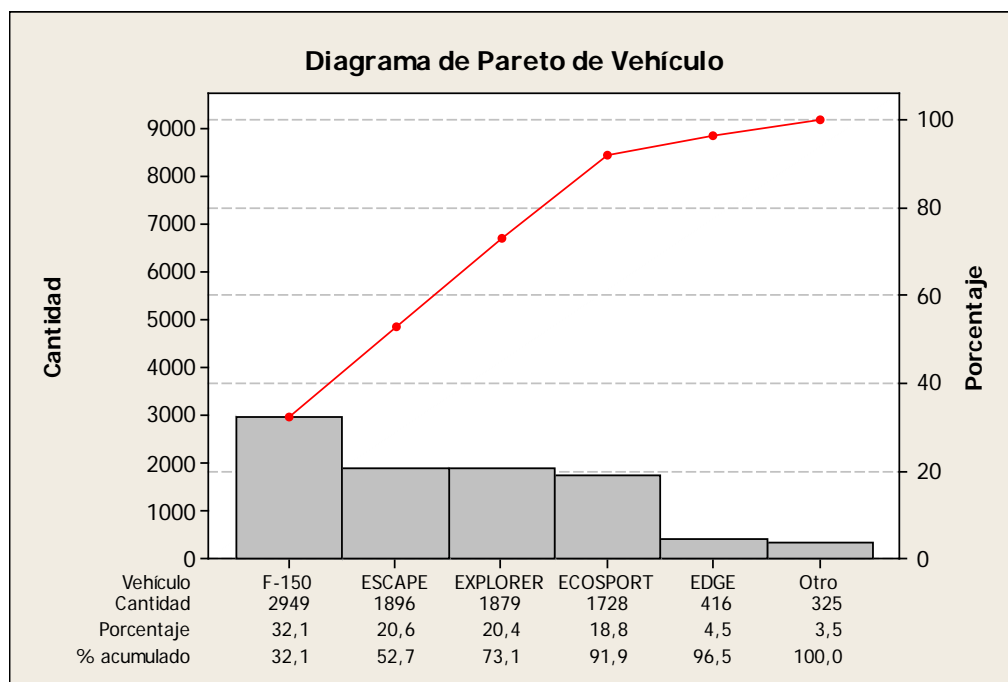
**Figura 19.** Garantías FORD VENEZUELA por tipo de Vehículo

Fuente: <http://www.ford.com.ec/Servicios>

Esta figura indica que existen discrepancias entre las políticas de Ford Motor Venezuela y las políticas que se presentan por Quito Motors S.A.C.I.

En la figura 18, se puede evidenciar que los vehículos con mayor asistencia a taller son: F-150 (29%), EXPLORER (24%), ESCAPE (22%); ECOSPORT (18%). Estos vehículos representan el 93% de las asistencias a taller, los otros vehículos representan el 7% restante.

De acuerdo a un análisis de Pareto se puede comprobar la importancia de estos vehículos como mayoritaria:



**Figura 20.** Diagrama de Pareto para incidencias de Mantenimiento por tipo de Vehículo

Elaboración propia

En función a este análisis se utilizan los porcentajes de los vehículos con mayores incidencias de mantenimiento, para realizar una segregación por kilometraje de cada tipo de vehículo.

Con la información previamente analizada, se elaboró la siguiente Tabla, con las frecuencias y porcentajes de asistencia a taller de mantenimiento en el periodo 2011 – 2013.

**Tabla 9.** Ingresos de Mantenimiento por Vehículo y Frecuencia

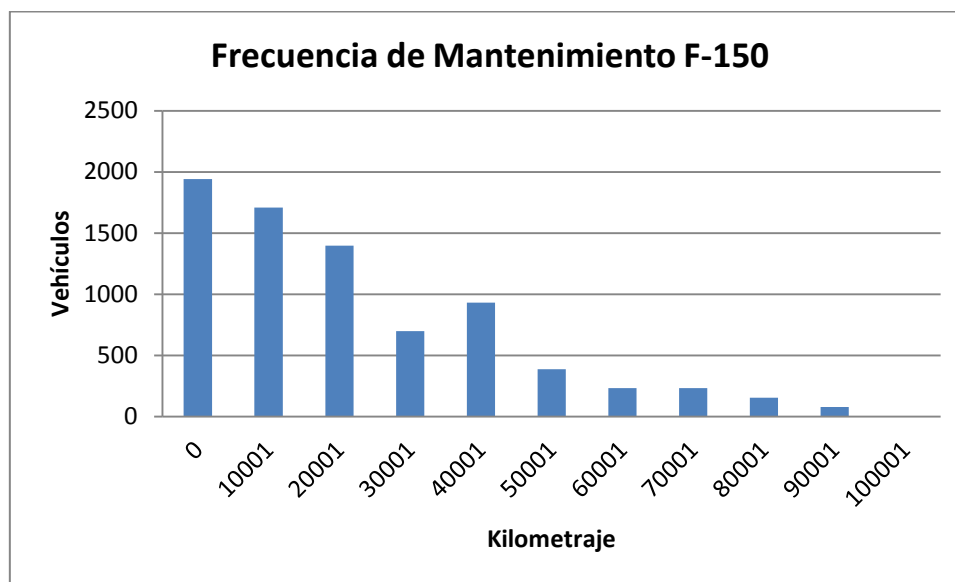
<b>Vehículo</b>	<b>Rango de Kilometraje</b>		<b>%</b>
<b>F-150</b>	0	10000	25
	10001	20000	22
	20001	30000	18
	30001	40000	9
	40001	50000	12
	50001	60000	5
	60001	70000	3
	70001	80000	3
	80001	90000	2
	90001	100000	1
	100001	110000	0
	Total:	100	
<b>Vehículo</b>	<b>Rango de Kilometraje</b>		<b>%</b>
<b>EXPLORER</b>	0	10000	23
	10001	20000	18
	20001	30000	14
	30001	40000	16
	40001	50000	19
	50001	60000	2
	60001	70000	1
	70001	80000	1
	80001	90000	0
	90001	100000	6
	100001	110000	0
	Total:	100	
<b>Vehículo</b>	<b>Rango de Kilometraje</b>		<b>%</b>
<b>ESCAPE</b>	0	10000	40
	10001	20000	17
	20001	30000	21
	30001	40000	6
	40001	50000	8
	50001	60000	1
	60001	70000	0
	70001	80000	3
	80001	90000	0
	90001	100000	2
	100001	110000	2
	Total:	100	

Vehículo	Rango de Kilometraje		%
ECOSPORT	0	10000	27
	10001	20000	22
	20001	30000	24
	30001	40000	8
	40001	50000	11
	50001	60000	3
	60001	70000	2
	70001	80000	1
	80001	90000	1
	90001	100000	1
	100001	110000	0
	Total:	100	

**Fuente:** Departamento de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I.

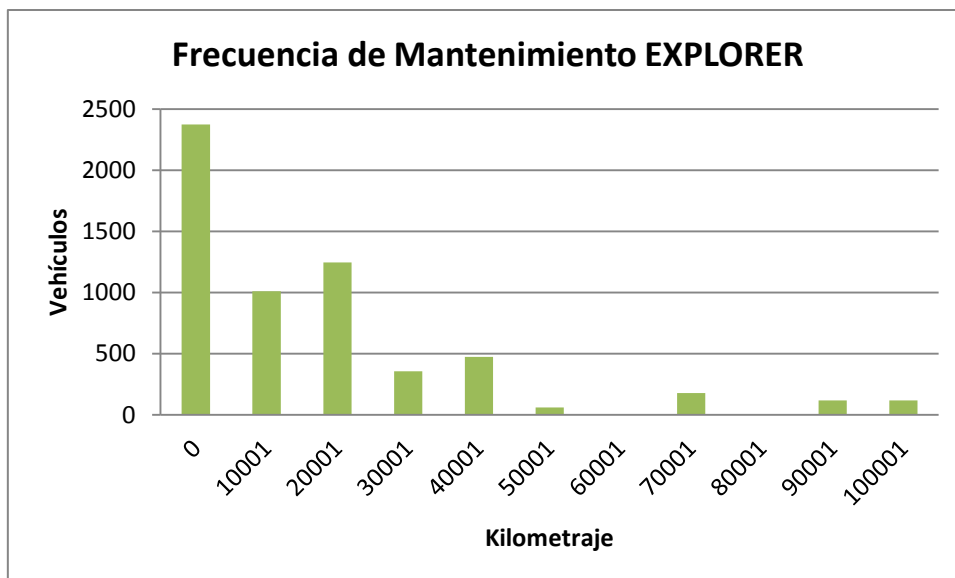
Elaboración propia

Para visualizar de mejor manera, se realizaron las siguientes figuras, de cada incidencia de mantenimiento por vehículo:



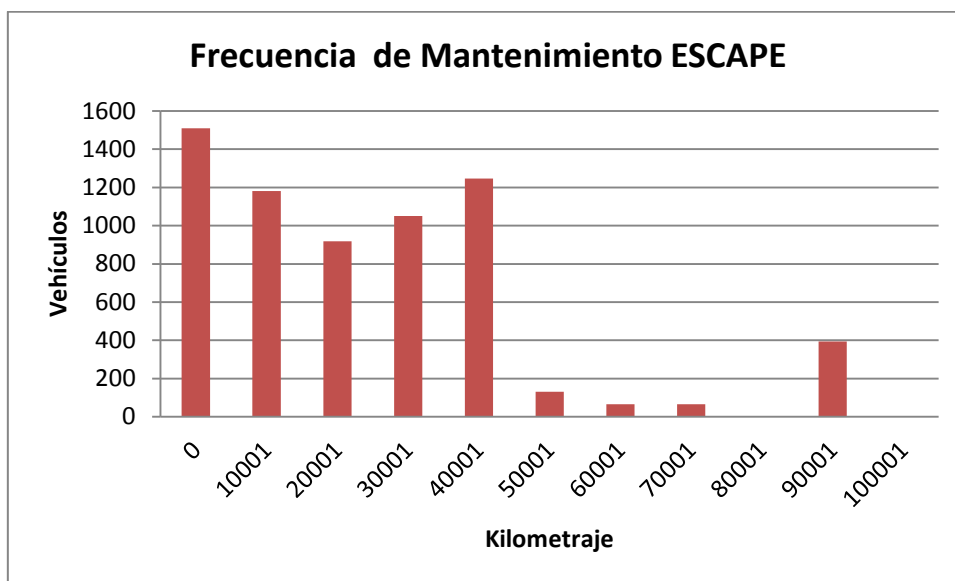
**Figura 21.** Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo F-150

Elaboración propia



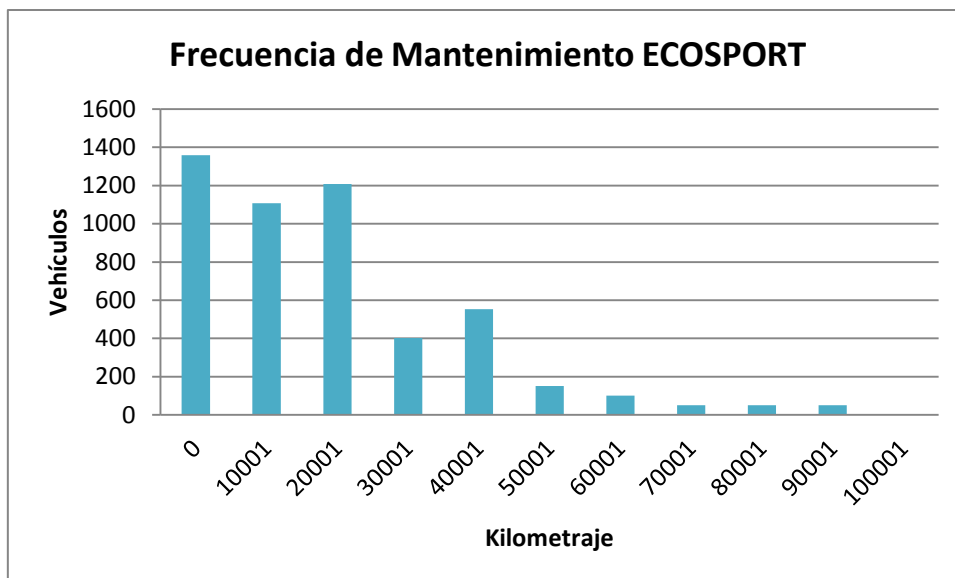
**Figura 22.** Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo EXPLORER

Elaboración propia



**Figura 23.** Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo ESCAPE

Elaboración propia



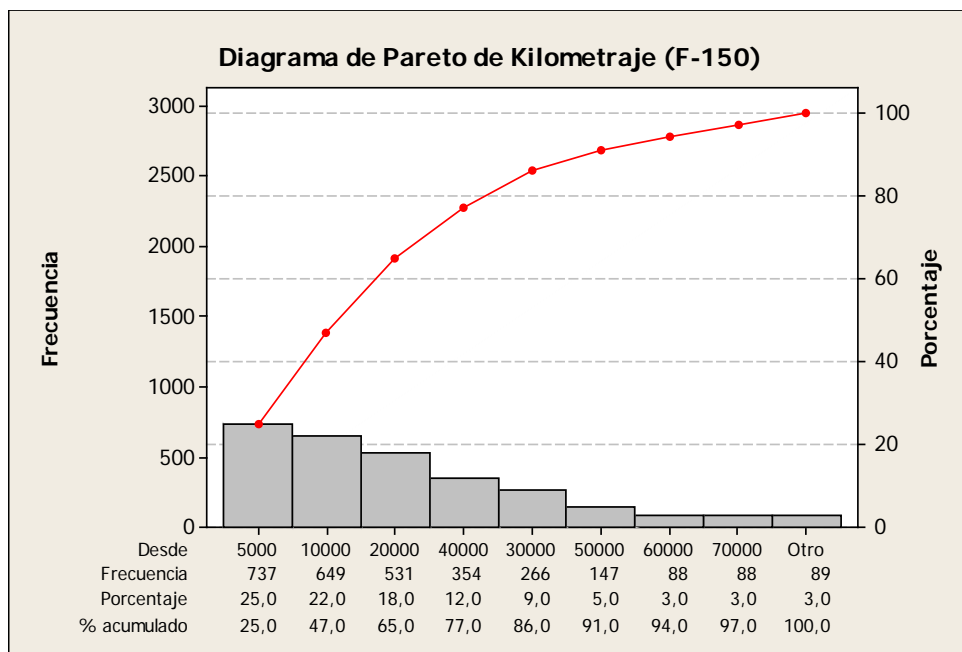
**Figura 24.** Diagrama de Frecuencias de Mantenimiento por Vehículo ECOSPORT

Elaboración propia

#### **4.2 Análisis de servicio de mantenimiento preventivo por kilometraje para vehículos seleccionados para el estudio.**

Se determinó que en todos los vehículos (F-150, ESCAPE, EXPLORER y ECOSPORT, las frecuencias mayoritarias de mantenimiento están entre los 5000 y 40000 Km. Para lo cual se realizó un análisis de Pareto para todas las frecuencias de los vehículos y comprobar analíticamente.

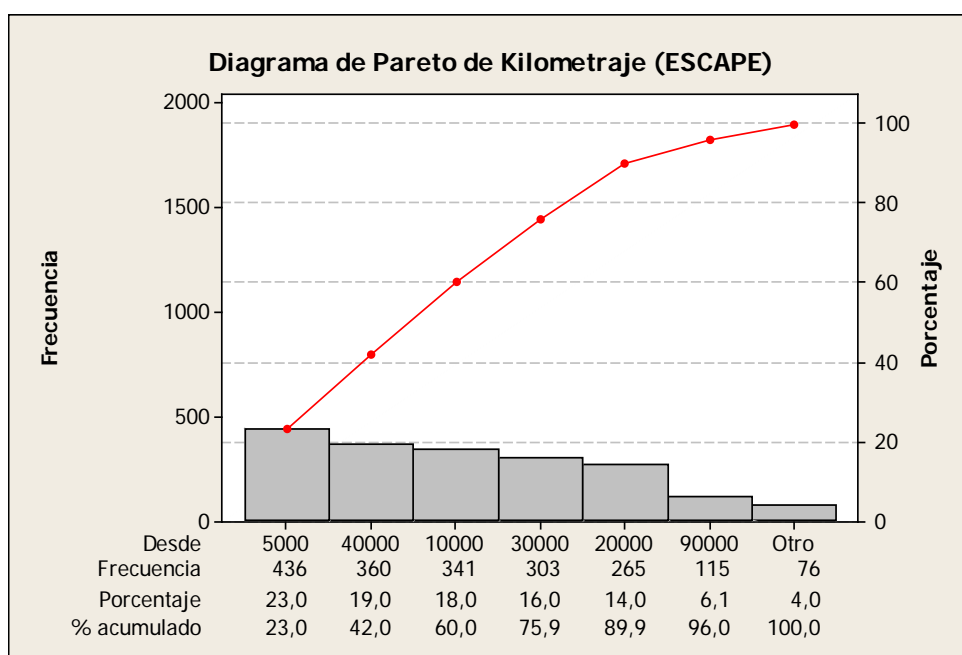




**Figura 25.** Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford F-150

Elaboración propia

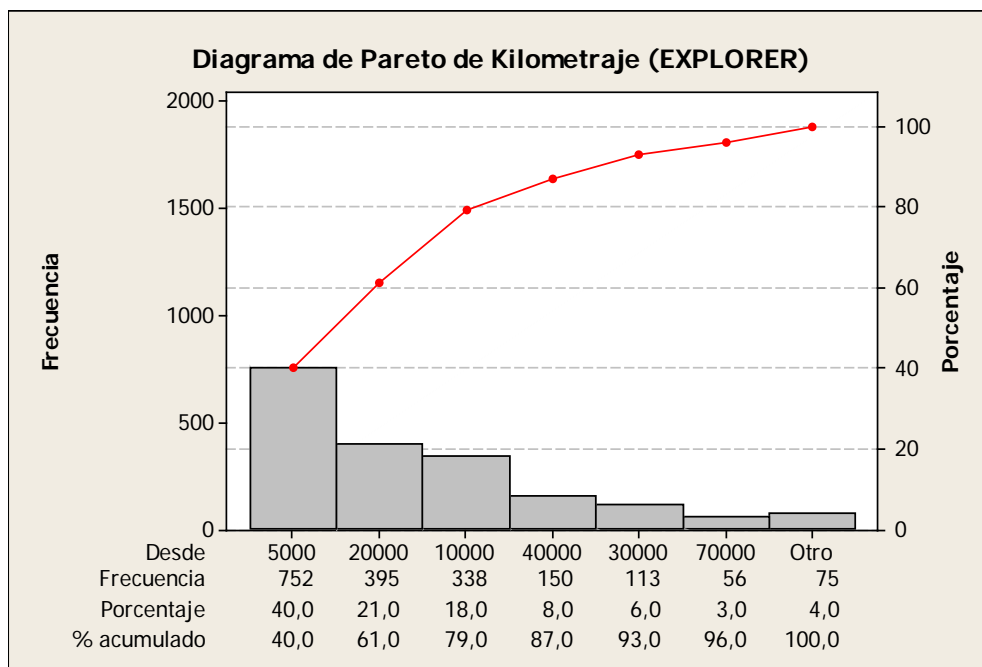
De acuerdo a este análisis se puede determinar que el 80% de las incidencias de mantenimiento están entre los 5000 y 40000 Km para las camionetas Ford F-150.



**Figura 26.** Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford ESCAPE

Elaboración propia

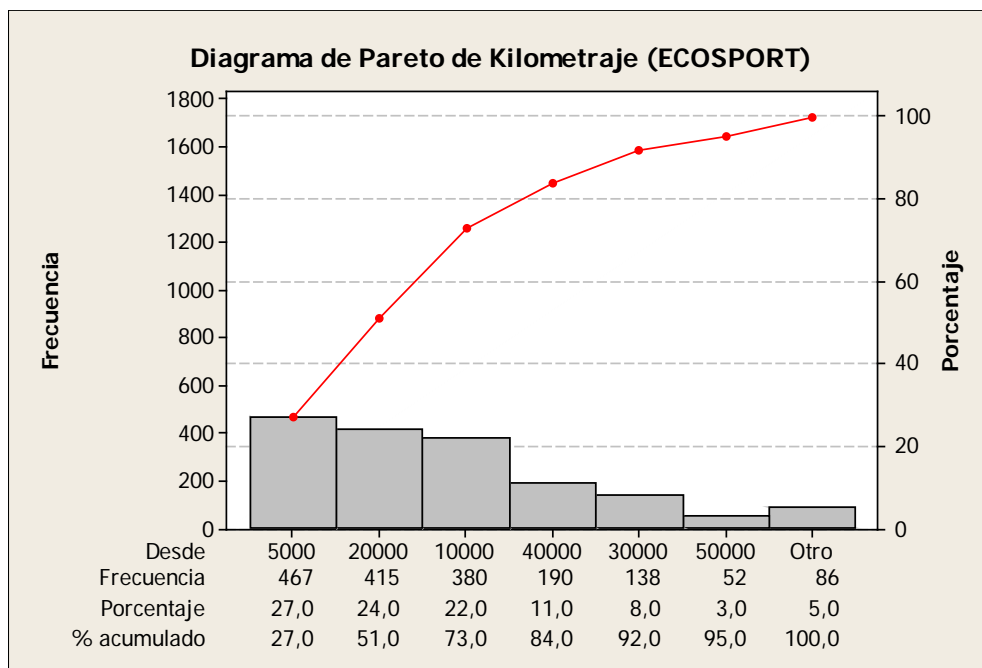
De acuerdo a este análisis se puede determinar que el 80% de las incidencias de mantenimiento están entre los 5000 y 40000 Km para los jeep Ford ESCAPE.



**Figura 27.** Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford EXPLORER

Elaboración propia

De acuerdo a este análisis se puede determinar que el 80% de las incidencias de mantenimiento están entre los 5000 y 40000 Km para los jeep Ford EXPLORER.



**Figura 28.** Diagrama de Pareto para Servicio de Mantenimiento por Kilometraje de Ford ECOSPORT

Elaboración propia

De acuerdo a este análisis se puede determinar que el 80% de las incidencias de mantenimiento están entre los 5000 y 40000 Km para los jeep Ford ECOSPORT.

En las comparaciones mediante la herramienta de Pareto, se pudo determinar que el mayor número de asistencias a taller sucede desde los 5000 Km hasta los 40000 Km para los vehículos con mayores asistencias a taller; Por lo que se tomaran datos de los tiempos en función a estos resultados.

#### **4.3 Operaciones realizadas en mantenimiento preventivo para vehículos seleccionados para el estudio.**

En los vehículos del estudio se realizan las siguientes operaciones en común para los mantenimientos realizados a los modelos analizados en el estudio, estas operaciones, su codificación y nombre se presentan en la Tabla 8,

mientras que el nivel de importancia, zona y frecuencia de realización de la operación se detallan dentro del Anexo 2: Operaciones de mantenimiento planificado para vehículos Ford F-150/ESCAPE/EXPLORER y ECOSPORT

**Tabla 10.** Operaciones realizadas a Vehículos Ford F-150/ESCAPE/EXPLORER/ECOSPORT en mantenimiento planificado

<b>Tipo de operación</b>	<b>Código de Operación</b>	<b>Nombre</b>
Cambio	OP1	Cambio de aceite de motor y filtro de aceite
	OP2	Cambio de aceite de caja
	OP3	Cambio de aceite diferencial delantero
	OP4	Cambio de aceite diferencial posterior
	OP5	Cambio de banda de distribución
	OP6	Cambio de banda de motor
	OP7	Cambio de bujías
	OP8	Cambio de filtro de aire
	OP9	Cambio de filtro de combustible
	OP10	Cambio de líquido de dirección hidráulica
	OP11	Cambio de líquido de frenos
	OP12	Cambio de pastillas
	OP13	Cambio de termostato
	OP14	Cambio de zapatas
Revisión	OP15	Revisión de alternador
	OP16	Revisión de batería
	OP17	Revisión de frenos
	OP18	Revisión de luces
	OP19	Revisión de niveles
	OP20	Revisión de sistema EBD
	OP21	Revisión sistema eléctrico
	OP22	Revisión de suspensión
Limpieza y Lubricación	OP23	Limpieza y lubricación de cuerpo de aceleración
	OP24	Limpieza y lubricación de frenos
	OP25	Limpieza de inyectores con ultrasonido
	OP26	Limpieza y lubricación de mecanismos
	OP27	Limpieza y lubricación de motor
	OP28	Limpieza y lubricación de sistema PVC
	OP29	Regulación de frenos
	OP30	Reajuste de carrocería

Otros	OP31	Reajuste de suspensión
	OP32	Reajuste de tapicería
	OP33	Rectificación de discos de freno
	OP34	Alineación
	OP35	Balanceo
	OP36	Rotación de ruedas

**Fuente:** Departamento de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I.

Elaboración propia

Esta tabla representa las operaciones realizadas en los diferentes mantenimientos, lo cual involucra a operarios y estaciones de trabajo por las cuales deben pasar los vehículos para ser atendidos, es importante tener en cuenta el nivel de importancia de cada operación, la zona del vehículo donde se realiza la operación y la frecuencia con la que se realiza la misma, esta información se encuentra en el Anexo 2: Operaciones de mantenimiento planificado para F-150/ESCAPE/EXPLORER/ECOSPORT.

#### **4.4 Determinación de tamaño de muestra para análisis de tiempos de servicio de mantenimiento preventivo de los vehículos seleccionados para el estudio**

Para realizar un adecuado estudio de tiempos es necesario determinar un tamaño de muestra apropiado para el estudio, de manera que se procede a utilizar la información de la sección 4.1; para determinar el tamaño de muestra se utilizaron las formulas descritas en el capítulo 2 para definir una muestra robusta y apropiada que represente de manera real el comportamiento de la población de vehículos del taller de Quito Motors.

Para realizar estos cálculos es necesario determinar la proporción esperada de vehículos que ingresen al taller, además definir un nivel confianza alto y un error permisible que sea adecuado para que la muestra sea lo suficientemente robusta.

#### 4.4.1 Determinación de la proporción esperada

La población de vehículos que están en capacidad de asistir al taller de Quito Motors S.A.C.I; son todos los vehículos FORD de la ciudad de Quito; utilizando los datos del parque automotor de la ciudad, se generó la siguiente tabla:

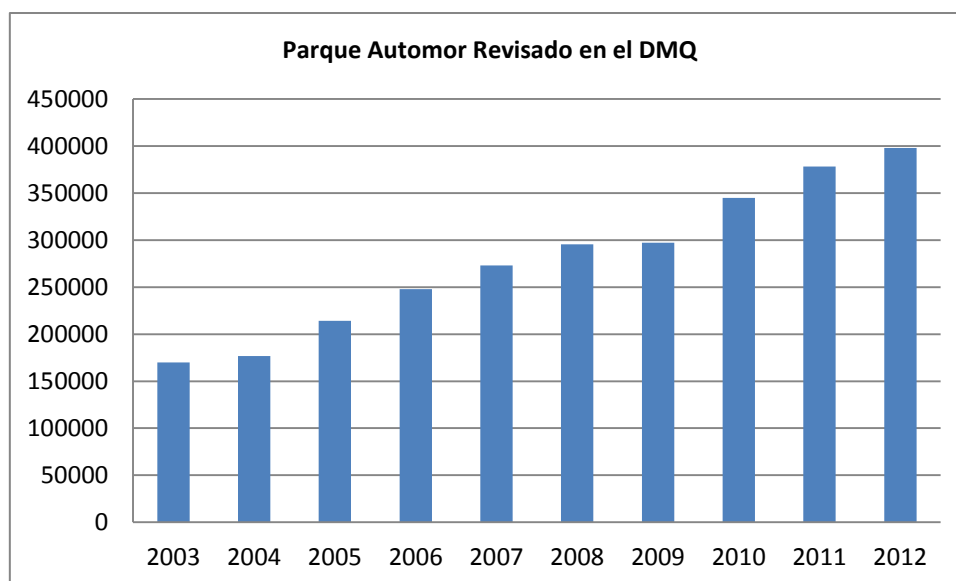
**Tabla 11.** Parque Automotor Revisado en DMQ en 2012

PARQUE AUTOMOTOR REVISADO EN EL DMQ		
No.	Año:	Cantidad:
1	2003	170023
2	2004	176662
3	2005	214173
4	2006	247725
5	2007	273077
6	2008	295446
7	2009	297217
8	2010	344747
9	2011	378184
10	2012	398077

**Fuente:** Secretaría de Movilidad Distrito Metropolitano de Quito

Elaboración propia

En la figura 25 se puede observar el crecimiento del parque automotor, desde el año 2003 hasta el 2012, de acuerdo a la información obtenida en la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, el parque automotor creció en más del 200% en menos de una década, por este y otros motivos es que se pusieron cupos de importaciones y se redujo la producción local de vehículos en el País. (Calderón, M. 2013)



**Figura 29.** Parque Automotor Revisado 2003 - 2012

Elaboración propia

De acuerdo a los datos obtenidos por la Secretaría de Movilidad, en total se revisaron 32417 vehículos FORD en el 2012, por lo que este dato sirve como la población de vehículos de la ciudad de Quito. (Calderón, M. 2012)

La proporción esperada se obtiene con la siguiente fórmula:

$$p = \frac{\text{Vehículos FORD Atendidos en el Taller Período 2011-2013}}{\text{Población de Vehículos FORD en la ciudad de Quito}} \quad (4.4.1.1)$$

$$p = \frac{27258 \text{ vehículos}}{32417 \text{ vehículos}}$$

$$p = 0.8408$$

Es decir, la proporción de clientes que ingresan al taller es del 84%.

Con este dato se procede a obtener la proporción restante que no asiste al taller.

$$q = 1 - p \quad (4.4.1.2)$$

$$q = 1 - 0.84 = 0.16$$

La proporción no esperada es del 16%.

#### 4.4.2 Nivel de confianza

Conforme se indica en la literatura es adecuado utilizar un nivel de confianza del 95%, sin embargo, cuando se procedió a utilizar este nivel de confianza el número de observaciones era muy elevado, por lo que se procedió a conversar con el analista de calidad de Quito Motors Matriz, indicó que un nivel de confianza del 90% es aceptable para este tipo de estudios, por lo que se definió el cálculo del tamaño de muestra con el 90% como nivel de confianza.

#### 4.4.3 Determinación de la precisión

Tomando en consideración la experiencia en proyectos de este tipo, se tomó como precisión un valor del 4%, conforme una recomendación personal de Daniel Merchán MS, catedrático de la Universidad San Francisco de Quito; de manera que la muestra sea lo suficientemente robusta y represente adecuadamente a toda la población de vehículos FORD atendidos en el taller.

#### 4.4.4 Cálculo del tamaño de muestra

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (4.4.4.1)$$

Donde:

N = tamaño de la población (32417 vehículos FORD en Quito)

Z = nivel de confianza (curva de Gauss) (90%) (1.64)

p = proporción esperada (84%)



$q = 1 - q$  (proporción no esperada) (16%)

$d =$  error permisible (4%)

$$n = \frac{32417 * 1.64^2 * 0.84 * 0.16}{0.10^2 * (32416) + 1.64^2 * 0.84 * 0.16}$$

$$n = 224.36$$

$n \approx 225$  observaciones

Se deben tomar 225 observaciones para todas las actividades del proceso de mantenimiento planificado de 5000 KM.

Para el caso de los tiempos de la recolección de tiempos para la operación de mantenimiento preventivo de los vehículos escogidos del estudio, no es factible realizar una toma de tiempos de 225 observaciones para cada tipo de vehículo, por lo que se procedió a segregar de la siguiente manera:

**Tabla 12.** Datos a recolectar por vehículo

<b>Vehículo:</b>	<b>Datos:</b>
F-150	62
EXPLORER	58
ESCAPE	55
ECOSPORT	50
TOTAL:	225

Elaboración propia

Una vez realizado esta segregación se procedió al levantamiento de los datos de tiempos de servicio para mantenimiento preventivo en el taller, los resultados obtenidos se analizaron para determinar si se cumplen los tiempos establecidos en los temparios de cada uno de los vehículos, mediante una prueba

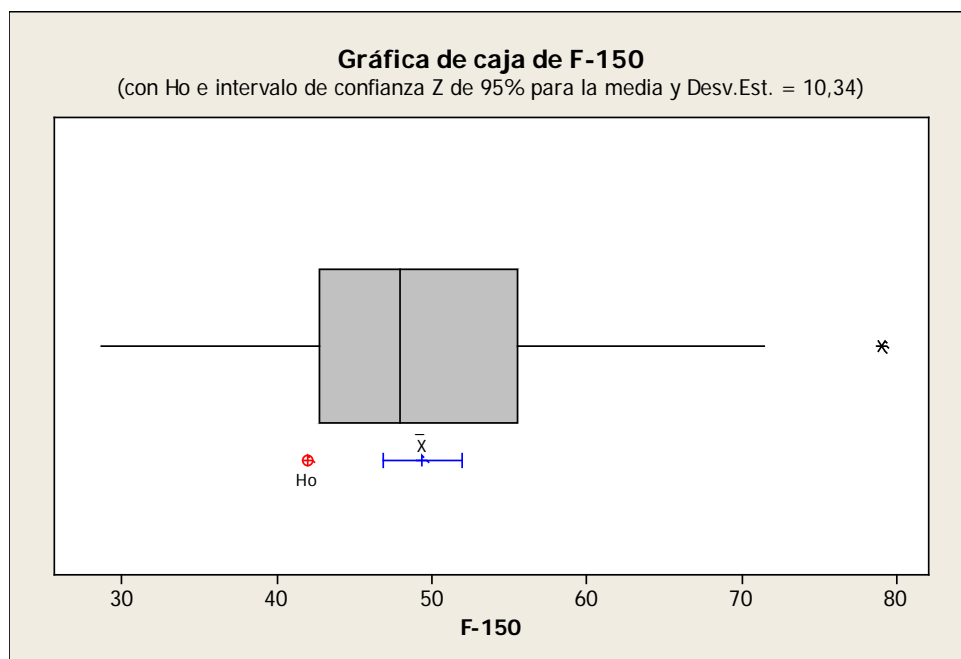
de hipótesis en la que realiza la comparación de los datos con la media supuesta (valor obtenido en los temparios), los resultados de este análisis son los siguientes:

**Tabla 13.** Prueba Z para muestras levantadas de tiempos de mantenimiento

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	IC de 95%		Z	P	Temparios
F-150	62	49,39	10,34	1,31	46,82	51,97	5,63	0,00	42
EXPLORER	58	48,85	10,32	1,22	46,45	51,24	5,6	0,00	42
ESCAPE	55	50,87	10,19	1,37	48,18	53,56	4,28	0,00	45
ECOSPORT	50	50,44	11,09	1,57	47,37	53,51	5,39	0,00	42

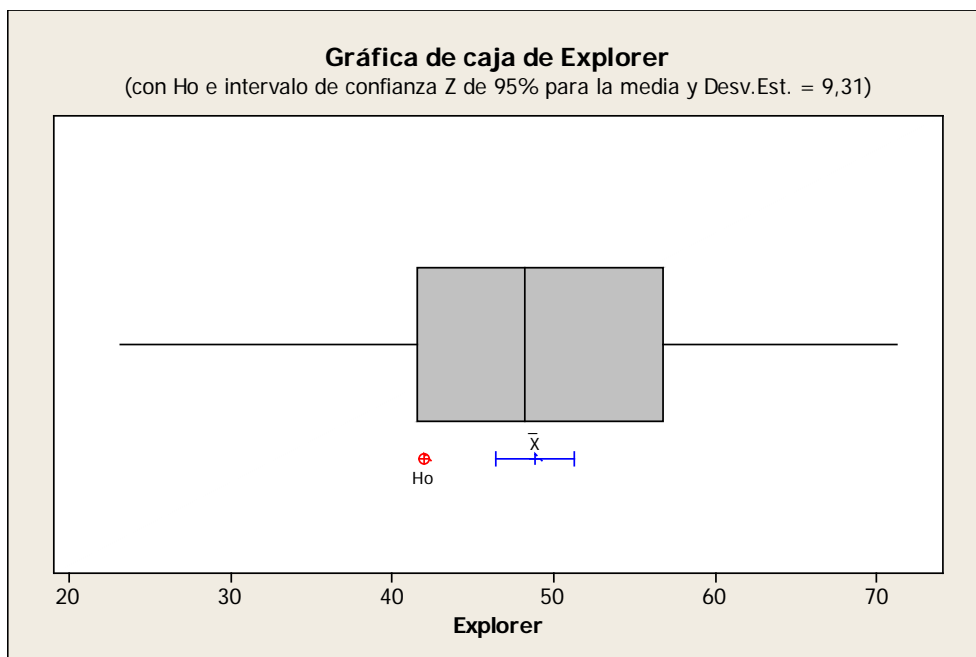
Fuente: Minitab 16 ®

Los diagramas de caja obtenidos para cada tratamiento individual se presentan a continuación:



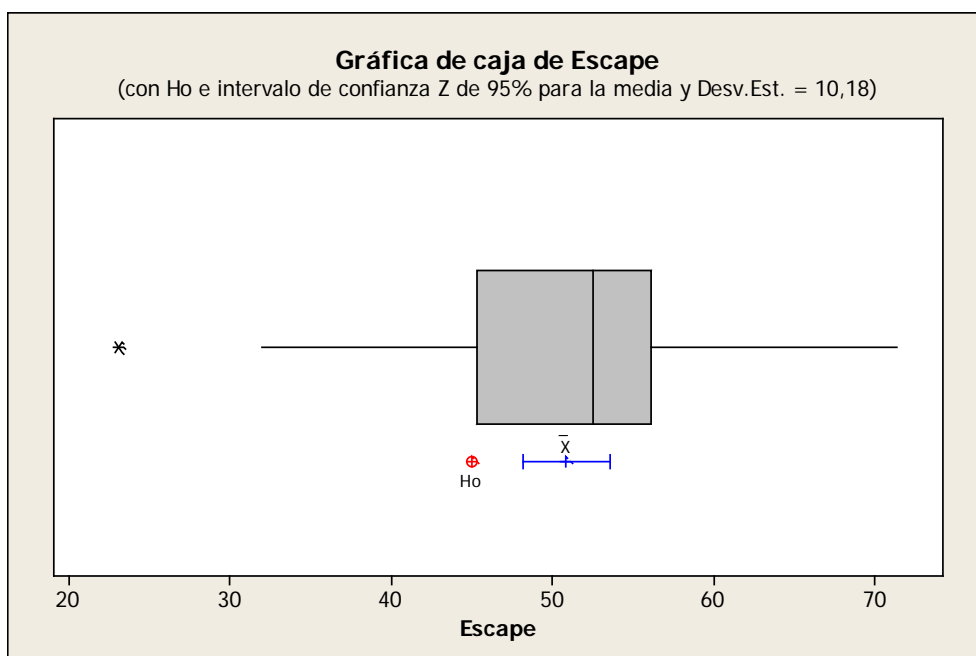
**Figura 30.** Gráfica de caja de F-150

Fuente: Minitab 16 ®



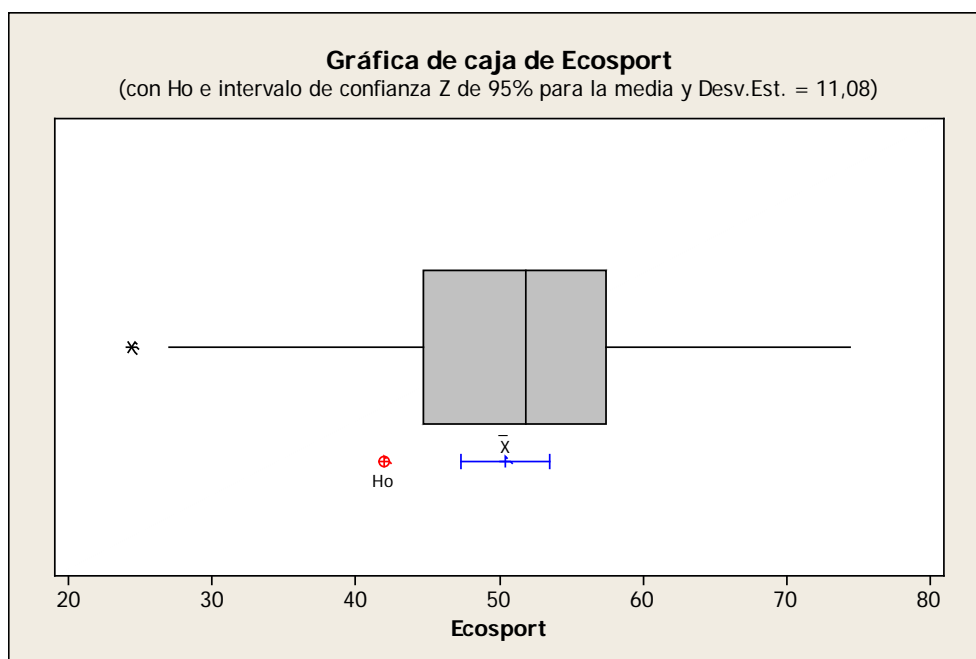
**Figura 31.** Gráfica de caja de EXPLORER

Fuente: Minitab 16 ®



**Figura 32.** Gráfica de caja de ESCAPE

Fuente: Minitab 16 ®



**Figura 33.** Gráfica de caja de ECOSPORT

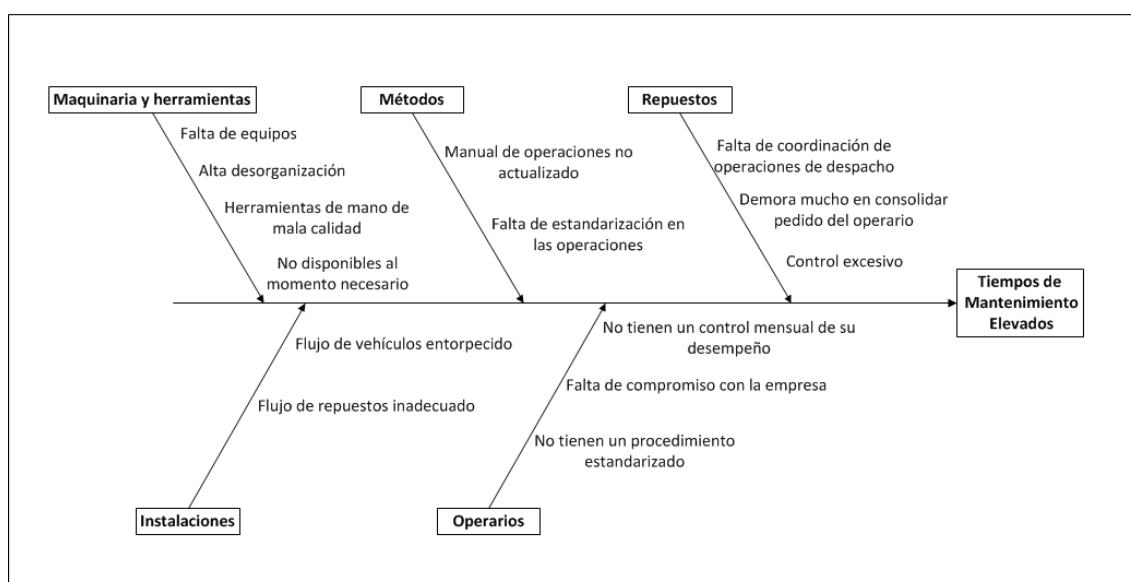
Fuente: Minitab 16 ®

Una vez realizado este análisis, se pudo determinar que no se cumplen los tiempos establecidos por parte de la marca FORD, con los tiempos observados en el taller, esto representa que existen varios factores, que afectan el desempeño de las actividades y operaciones de mantenimiento y no permiten el cumplimiento de los tiempos establecidos por la marca.

Es importante recalcar que los tiempos tomados, corresponden desde que el operario toma el vehículo del pulmón de ingreso de vehículos y lo lleva a través de las estaciones de trabajo conforme el mantenimiento planificado correspondiente en función al recorrido (kilometraje) del vehículo; el proceso concluye cuando el vehículo va a la sección de autos terminados e informa al asesor de servicio que el vehículo está listo para que procedan a realizar la

facturación por servicios realizados y contactar al cliente para retirar el vehículo de las instalaciones.

Para determinar las causas que pueden ser las causantes de que no se cumplen los tiempos de mantenimiento especificados en los temparios es necesario identificar los factores para lo que se construyó un diagrama espina de pescado que ilustra los mismos.



**Figura 34.** Diagrama espina de pescado para los tiempos de mantenimiento elevados

Elaboración propia

Un factor que afecta a los resultados es que el flujo de vehículos y repuestos es inadecuado en la planta, además de una falta de estandarización de las actividades; durante la toma de tiempos se pudo observar que hay distracción por parte de los operarios al no tener las herramientas listas al momento de realizar las operaciones, además de esto no hay un mismo método de realizar la

operación, los manuales operativos se encuentran desactualizados y algunos técnicos nuevos desconocen de los mismos.

Para poder determinar métricas que describan al sistema actual, una herramienta muy útil es la simulación, puesto que se pueden definir las estaciones, los operarios, las entidades que ingresan y las entidades que salen del sistema atendidas.

#### **4.5 Parámetros para la simulación del sistema actual de la planta taller de**

##### **Quito Motors**

El sistema del taller, consta en recibir el vehículo del cliente, inspeccionar el estado del vehículo con un escáner, solicitar los repuestos a bodega, realizar el mantenimiento planificado de acuerdo al pedido del cliente, lavar el vehículo y entregar el vehículo al cliente.

##### **4.5.1 Definición del sistema conceptual**

Entidades: Vehículos que ingresan a taller desde 7h00 hasta 12h00.

Recursos: Coordinadora de citas

Asesores de servicio

Operario de repuestos

Operarios de inspección

Operarios de mantenimiento

Operarios de lavado de vehículos

##### **4.5.2 Mediciones de desempeño**

- Tiempo total de servicio en taller (TIS)

- Entidades atendidas (N. OUT).
- WIP (Entidades en proceso de atención (promedio))
- Utilización de recursos.

#### **4.5.3 Identificación de eventos, variables y actividades del sistema:**

##### *Actividades del sistema:*

- Recibir el vehículo
- Inspeccionar el vehículo
- Solicitar repuestos
- Realizar el cambio de aceite y filtro de motor (cada 5000 Km)
- Realizar mantenimiento planificado del vehículo
- Lavar el vehículo

##### *Eventos:*

- Arribo de vehículos al sistema.
- Salida de vehículos del sistema.

##### *Variables:*

- Tiempos de arribos de vehículos
- Tiempos de recepción de vehículos
- Tiempo de inspección de vehículos
- Tiempo de mantenimiento de vehículos
- Tiempo de lavado de vehículos

Para iniciar una simulación es importante tomar los tiempos de las estaciones que intervienen en el sistema, para lo cual primero se debe establecer un tamaño de muestra.

## 4.6 Análisis de datos de entrada

### 4.6.1 Análisis de medias para tiempos de arribo

Para determinar si el comportamiento de ingreso de vehículos al sistema es el mismo de lunes a viernes, es necesario realizar pruebas pareadas en función a la frecuencia de cada día, es decir, determinar si la frecuencia de los días lunes es igual a la de los martes, miércoles, jueves y viernes, de esta manera iterativamente ir probando cada combinación posible. Para realizar este análisis se utilizó todos los ingresos a taller para servicio de mantenimiento planificado desde el viernes 1ero. De febrero de 2013 hasta el viernes 31 de mayo del mismo año. Los resultados de la prueba hecha en software estadístico Minitab 16 ® son:

#### Prueba T e IC de dos muestras: Lunes. Martes

	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la media
Lunes	17	18,18	4,67	1,1
Martes	17	20,94	4,39	1,1

Diferencia =  $\mu$  (Lunes) -  $\mu$  (Martes)

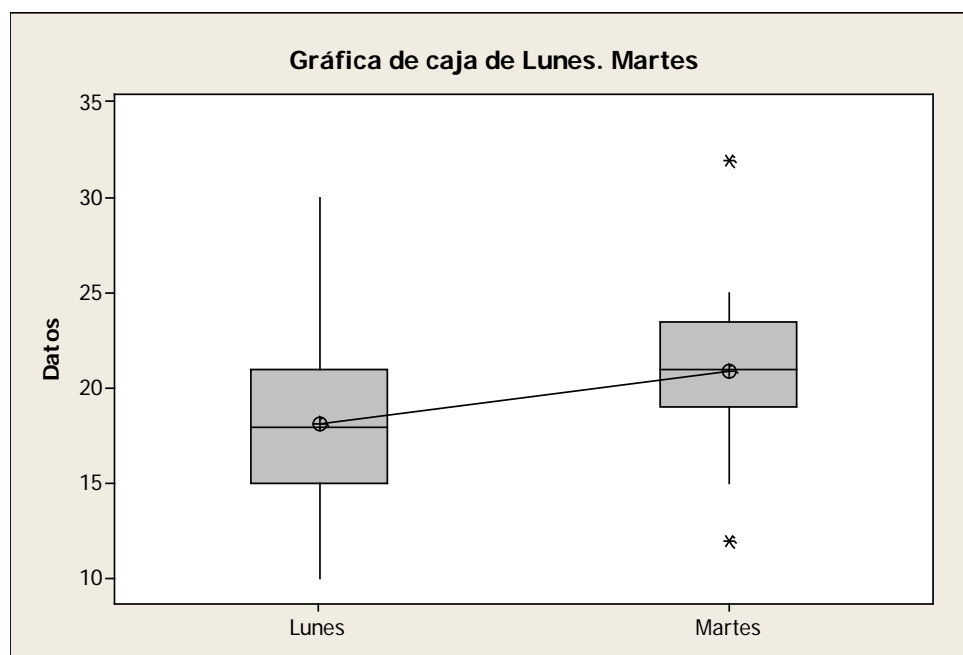
Estimado de la diferencia: -2,76

IC de 95% para la diferencia: (-5,93. 0,40)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1,78 Valor P = 0,085 GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,5326 (Minitab 16 ®)





**Figura 35.** Gráfica de caja de Lunes, Martes

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.085$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

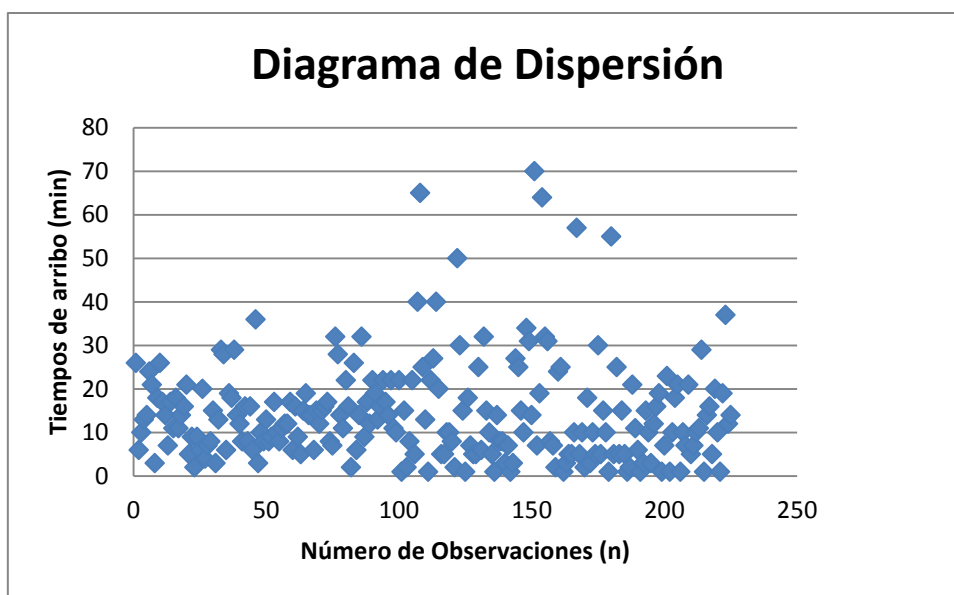
Este proceso se muestra como Anexo 3: Análisis de los tiempos de arribo.

#### **4.6.2 Análisis de aleatoriedad e independencia de las observaciones de las estaciones de servicio**

Es importante validar la independencia y aleatoriedad de la muestra; para esto se utilizan herramientas gráficas de dispersión y pruebas de corrida.

- **Tiempo entre arribos:**

**Independencia:**



**Figura 36.** Análisis de independencia para tiempos de arribo lunes - jueves

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

#### **Aleatoriedad:**

Prueba de corridas: T. Arribos L,M,Mi,J  
Corridas por encima y por debajo de  $K = 14,3556$

El número observado de corridas = 116  
El número esperado de corridas = 109,391  
91 observaciones por encima de  $K$ ; 134 por debajo  
Valor  $P = 0,359$  (Minitab 16 ®)

Con un valor  $p$  de 0,307 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

El mismo procedimiento de analizar los datos mediante gráficas de dispersión para determinar si existe independencia de los datos y mediante pruebas de corrida para determinar la aleatoriedad, se presenta como Anexo 3: Análisis de independencia y aleatoriedad de los datos.

Los resultados del análisis se presentan a continuación:

**Tabla 14.** Resultados para el análisis de aleatoriedad e independencia

		A. independencia	A. Aleatoriedad
#	Descripción:	Resultado:	Valor P:
1	Tiempos entre arribos lunes – jueves	Independiente	0,359
2	Tiempos entre arribos viernes	Independiente	0,857
3	Tiempos de recepción de vehículos	Independiente	0,181
4	Tiempo de inspección de vehículos	Independiente	0,825
5	T. Pedido y despacho de repuestos	Independiente	0,312
6	T. Cambio de aceite y filtro	Independiente	0,687
7	Tiempos de mantenimiento 5000 Km	Independiente	0,736
8	T. Lavado de vehículos	Independiente	0,309

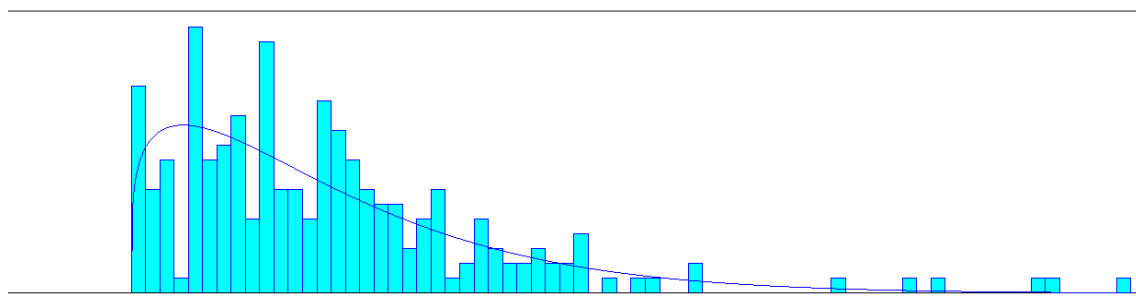
Elaboración propia

Ninguna muestra de datos presenta patrones o tendencias, por lo que se concluye que son independientes y en las pruebas de aleatoriedad el valor p para todos los resultados es superior al nivel de confianza (0.05), lo que demuestra que las muestras son aleatorias.

#### **4.6.3 Análisis de distribuciones de probabilidad y pruebas de bondad y ajuste para las estaciones de servicio**

Para poder realizar la simulación es necesario identificar las distribuciones de probabilidad que las muestras de los diferentes tiempos presentan, de manera que se pueda establecer un comportamiento en el sistema y obtener las métricas de desempeño del taller, por lo que se realiza este análisis y además este software Input Analyzer ® hace pruebas de bondad y ajuste sobre la distribución identificada.

- **Tiempo de arribos:**



**Figura 37.** Distribución resultante para tiempos de arribo lunes - jueves

Fuente: Input Analyzer ®

#### Distribution Summary

Distribution: Weibull

Expression:  $0.5 + \text{WEIB}(14.8, 1.22)$

Square Error: 0.008060

Chi Square Test

Number of intervals = 17

Degrees of freedom = 14

Test Statistic = 25.2

Corresponding p-value = 0.1348

#### Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 1

Max Data Value = 70

Sample Mean = 14.4

Sample Std Dev = 11.6

#### Histogram Summary

Histogram Range = 0.5 to 70.5

Number of Intervals = 70 (Input Analyzer ®)

El resultado del análisis muestral que hay una distribución Weibull de forma  $0.5 + \text{WEIB}(14.8, 1.22)$  para la muestra de los tiempos de arribo y se con

una prueba Chi Cuadrado con un valor  $p = 0.1348$  mayor al nivel de confianza (0.05) se comprueba que el resultado es consistente.

El mismo procedimiento de analizar los datos mediante el software Input Analyzer ® y hacer las pruebas de bondad y ajuste para validar la distribución, se presenta como Anexo 3: Análisis de distribuciones de probabilidad para las estaciones de servicio y pruebas de bondad y ajuste.

Los resultados para este análisis se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Resultados para el análisis de distribuciones de probabilidad

#	Descripción:	Dist. Probabilidad	Expresión:	Tipo de prueba:	Valor P:
1	Tiempos entre arribos L-J	Weibull	$0.5 + WEIB(14.8, 1.22)$	Chi Cuadrado	0.135
2	Tiempos entre arribos V	Weibull	$0.5 + WEIB(14.5, 1.03)$	Chi Cuadrado	0.150
3	Tiempos de recepción de vehículos	Weibull	$2 + WEIB(4.64, 1.89)$	Chi Cuadrado	0.568
4	Tiempo de inspección de vehículos	Beta	$5 + 17 * BETA(2.14, 3.48)$	Chi Cuadrado	0,412
5	T. Pedido y despacho de repuestos	Weibull	$1 + WEIB(10.4, 2.71)$	Kolmogorov Smirnov	0,150
6	T. Cambio Aceite y Filtro	Weibull	$6 + WEIB(10.2, 2.44)$	Kolmogorov Smirnov	0,150
7	T. Mantenimiento	Beta	$23 + 57 * BETA(3.03, 3.41)$	Chi Cuadrado	0,218
8	T. Lavado de vehículos	Beta	$7 + 38 * BETA(2.63, 2.74)$	Chi Cuadrado	0,342

Elaboración propia

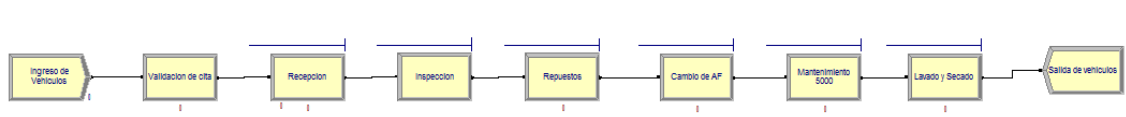
#### 4.6.4 Sistema simulado en Arena ®

Dentro del proyecto de simulación se consideró establecer una simulación para el mantenimiento más recurrente en todos los vehículos escogidos para el estudio, este es el caso del servicio de 5000 Km.

Dentro del mantenimiento de 5000 Km, se involucran las siguientes estaciones de trabajo:

- Ingreso de vehículos
- Recepción de vehículos
- Inspección de vehículos
- Espera de repuestos
- Cambio de aceite y filtro
- Mantenimiento planificado
- Lavado de vehículos
- Salida de vehículos

La siguiente figura muestra el modelo de simulación propuesto para la planta de Quito Motors Matriz, este sistema toma en cuenta las distribuciones de probabilidad determinadas en el inciso anterior.

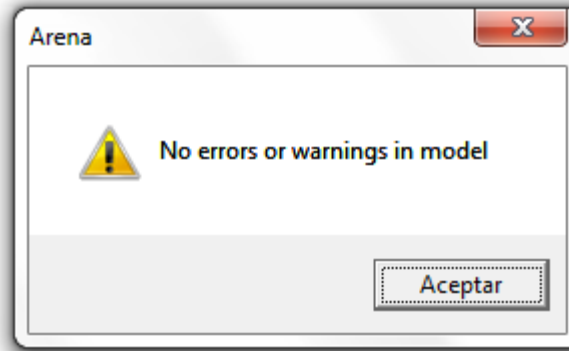


**Figura 38.** Modelo de Simulación para Quito Motors Matriz

Fuente: Arena ®

#### 4.6.5 Verificación y validación del sistema simulado

Para verificar el modelo de simulación se utilizó la herramienta propia del software Arena ® que realiza una depuración del sistema y determina si existen errores.



**Figura 39.** Pantalla resultante de la depuración del modelo de simulación

Fuente: Arena ®

Para validar el modelo es necesario analizar los resultados, puesto que dichos resultados del sistema simulado en Arena® deben representar al sistema real del taller, es decir las métricas deben ser lo más cercanas a los resultados de desempeño actuales, para realizar la validación del modelo, se utilizó una métrica de vehículos que salen del sistema por día en ambos modelos (real y simulado), para verificar si las medias de ambos sistemas son iguales y se utilizó una prueba t de dos muestras, haciendo la suposición de igual tamaño de muestra y varianzas iguales para que sea más robusto el resultado.

Al correr el modelo con 10 réplicas, los resultados son:

**Tabla 16.** Comparación inicial de resultados de sistema simulado vs. Real

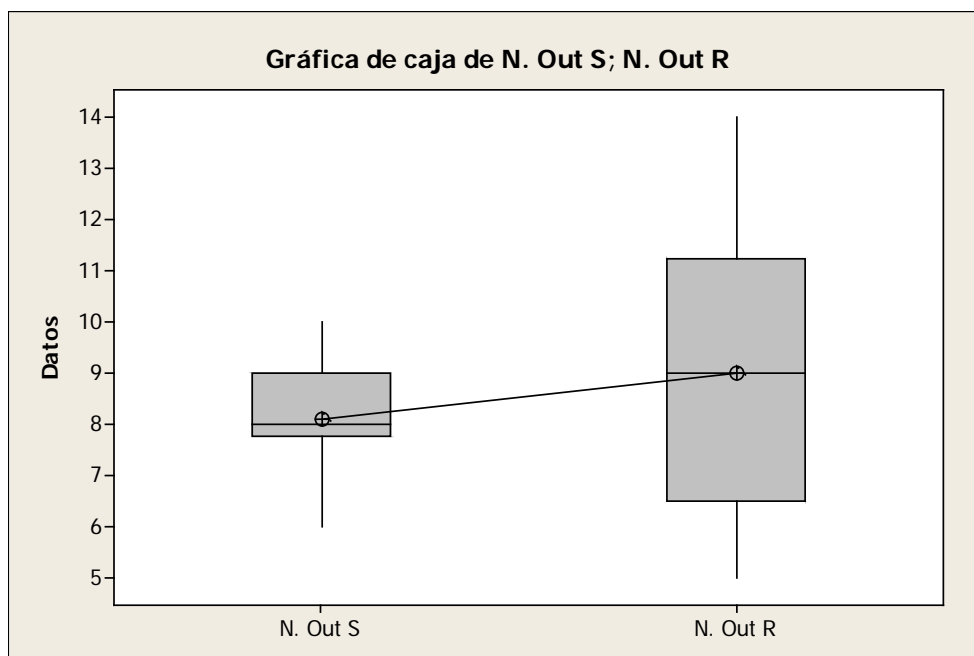
Modelo Simulado		Modelo Real	
No.	N. Out	No.	N. Out
1	8	1	12
2	10	2	8
3	8	3	5
4	9	4	9
5	8	5	7
6	9	6	5
7	6	7	9
8	8	8	11
9	7	9	14
10	8	10	10

Elaboración propia

## Prueba T de dos muestras para N. Out S vs. N. Out R

	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la media
N. Out S	10	8,10	1,10	0,35
N. Out R	10	9,00	2,91	0,92

Diferencia =  $\mu$  (N. Out S) -  $\mu$  (N. Out R)  
 Estimado de la diferencia: -0,900  
 IC de 95% para la diferencia: (-2,964; 1,164)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -0,92 Valor P = 0,372 GL = 18  
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 2,1972 (Minitab 16 ®)

**Figura 40.** Pantalla resultante de la depuración del modelo de simulación

Fuente: Minitab 16 ®



Al haber validado los resultados del modelo simulado, es necesario determinar el número de réplicas y determinar la longitud de la corrida de cada réplica para obtener las métricas necesarias para el análisis del sistema actual y poder comparar estos resultados con el modelo propuesto.

#### 4.6.6 Ejecución del modelo

##### 4.6.6.1 Longitud de la corrida

Se consideró un tiempo de calentamiento de 30 minutos, a partir de que inicia el sistema a las 7:00 horas, esto ayuda a estabilizar el sistema, en cuanto al tiempo de corrida se determinó que es de 510 minutos (8 ½ horas) a partir que termina el período de calentamiento.

##### 4.6.6.2 Número de réplicas

Es necesario determinar el número de réplicas de manera que los resultados para las medidas de desempeño del sistema simulado, sean significativamente representativas; de manera que para realizar este cálculo se inicializó la simulación con 10 réplicas. Para calcular el número de replicaciones del sistema es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$H = t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \frac{S_0}{\sqrt{R}} \leq \varepsilon \quad (4.6.6.2.1)$$

Se resuelve para R:

$$R \geq \left( \frac{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} S_0}{\varepsilon} \right)^2 \quad (4.6.6.2.2)$$

Dado que  $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \geq z_{\alpha/2}$ , una inicial estimación para R es:

$$R \geq \left( \frac{z_{\alpha/2} S_0}{\varepsilon} \right)^2 \quad (4.6.6.2.3)$$

Donde:

R Réplicas probadas

$Z_{\alpha/2}$  Distribución de Gauss, con nivel de confianza 95%

$S_0$  Desviación estándar del parámetro.

$\varepsilon$  Error permitido (Banks, 2005)

Se definió un 10% de error respecto al tiempo promedio en sistema.

$$P(|\bar{Y}_{..} - \theta| < \varepsilon) \geq 1 - \alpha \quad (4.6.6.2.4)$$

Donde:  $\bar{Y}_{..}$  es la variable de desempeño, tiempo en sistema.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de las réplicas mediante el uso de Microsoft Excel ®.

**Tabla 17.** Cálculo del número de réplicas para modelo actual

Réplicas	TIS
1	263,15
2	255,04
3	256,01
4	258,06
5	242,75
6	215,49
7	262,27
8	248,31
9	223,32
10	245,06

<b>Varianza:</b>	<b>259,920</b>
<b>Promedio:</b>	<b>246,946</b>
<b>alfa sobre 2</b>	<b>0,025</b>
<b>Error:</b>	<b>24,695</b>
<b>z (alfa/2)</b>	<b>-1,960</b>
<b>R0</b>	<b>4</b>

Elaboración propia

De acuerdo al cálculo realizado es necesario utilizar un mínimo de 7 réplicas para obtener el comportamiento adecuado del sistema.

**Tabla 18.** Comparación de número de réplicas para diferentes R iniciales

<b>R</b>	<b>3</b>
<b>t(0.025,r-1)</b>	<b>3,495</b>
<b>t(0.025,r-1)*S<sup>2</sup>/e<sup>2</sup></b>	<b>3.397</b>
El valor R es menor que la expresión, se debe aumentar R hasta alcanzar la desigualdad	
<b>R</b>	<b>6</b>
<b>t(0.025,r-1)</b>	<b>3,163</b>
<b>t(0.025,r-1)*S<sup>2</sup>/e<sup>2</sup></b>	<b>3.498</b>
Debido a que el R es mayor a la expresión se lo asume como el número de réplicas a realizar	

Elaboración propia

El número de réplicas utilizado para obtener las métricas del sistema es 10, pese a que con 4 corridas como mínimo para el modelo actual, se escogió utilizar 10 corridas para maximizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

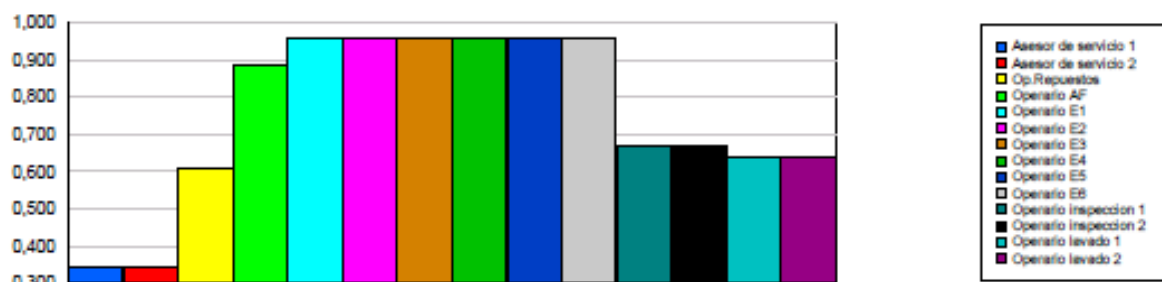
#### 4.6.7 Resultados de mediciones de desempeño actuales de la planta taller

Es necesario tener mediciones del sistema actual, para que puedan ser comparadas con los resultados del sistema propuesto, de esta manera, se podrá

determinar si las modificaciones de capacidad de los recursos en las estaciones de trabajo generan una mejora para el sistema del taller.

- Número de vehículos atendidos por día: 12 autos
- TIS: tiempo que el vehículo está en el sistema:  
225.69 ± 13.98 Minutos
- TIQ: tiempo promedio que el vehículo está en cola:  
116.79 ± 12.93 Minutos
- WIP: el número promedio de vehículos en el sistema:  
13.44 ± 1.68 Autos
- Utilización: de los recursos en las estaciones de trabajo:
  - Asesor de servicio 1: 34.50 ± 2%
  - Asesor de servicio 2: 34.50 ± 2%
  - Operario de repuestos: 61.03 ± 3%
  - Operario de inspección 1: 66.58 ± 5%
  - Operario de inspección 2: 66.58 ± 5%
  - Operario Cambio de aceite y filtro: 88.42 ± 5%
  - Operario Mantenimiento Elevador 1: 95.87 ± 1%
  - Operario Mantenimiento Elevador 2: 95.87 ± 1%
  - Operario Mantenimiento Elevador 3: 95.87 ± 1%
  - Operario Mantenimiento Elevador 4: 95.87 ± 1%
  - Operario Mantenimiento Elevador 5: 95.87 ± 1%
  - Operario Mantenimiento Elevador 6: 95.87 ± 1%
  - Operario de lavado 1: 63.74 ± 3%
  - Operario de lavado 2: 63.74 ± 3%

En la figura a continuación se muestran las utilizaciones resultantes del software:



**Figura 41.** Resultados de la utilización de recursos para 10 réplicas

Fuente: Arena ®

Con estas métricas es necesario realizar un análisis de las instalaciones y determinar mediante el uso de algoritmos una mejor disposición de las instalaciones de manera que se pueda no solo aumentar la capacidad de las medidas de desempeño, sino que también se pueda mejorar el flujo, mejorar la organización de los departamentos y también se aumenten recursos para mejorar el nivel de servicio de las instalaciones de mantenimiento planificado, para que sea factible proponer un sistema diferente para el taller, es necesario un rediseño que modifique ciertos departamentos de manera que se flexibilice la ruta de los vehículos, se minoren las colas y se pueda mejorar el desempeño general del sistema.

## **5 ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES ACTUALES Y REDISEÑO DE LA PLANTA TALLER**

### **5.1 Consideraciones de la disposición actual**

Para un correcto análisis de la disposición actual, fue necesario realizar un levantamiento de la disposición de la maquinaria, de las modificaciones a los departamentos de la planta, para iniciar esto se utilizó una diagrama de la disposición que se muestra como Anexo 3: Diagrama de disposición de Quito Motors Matriz 2010; este plano muestra como estaba el taller y sus departamentos hasta junio de 2012, mientras que el Anexo 4: Diagrama de disposición de Quito Motors Matriz levantado, muestra los departamentos y áreas conforme se encuentran a partir de junio de 2012, con sus respectivos cambios y muestra también los elevadores, fosas y otros equipos necesarios para realizar los labores de mantenimiento, reparación, alineación, lavado de vehículos, entre otros servicios.

Para esto se realizó un levantamiento de las áreas de la planta, que se presenta a en la tabla 16:

**Tabla 19.** Nomenclatura y áreas taller Quito Motors Matriz

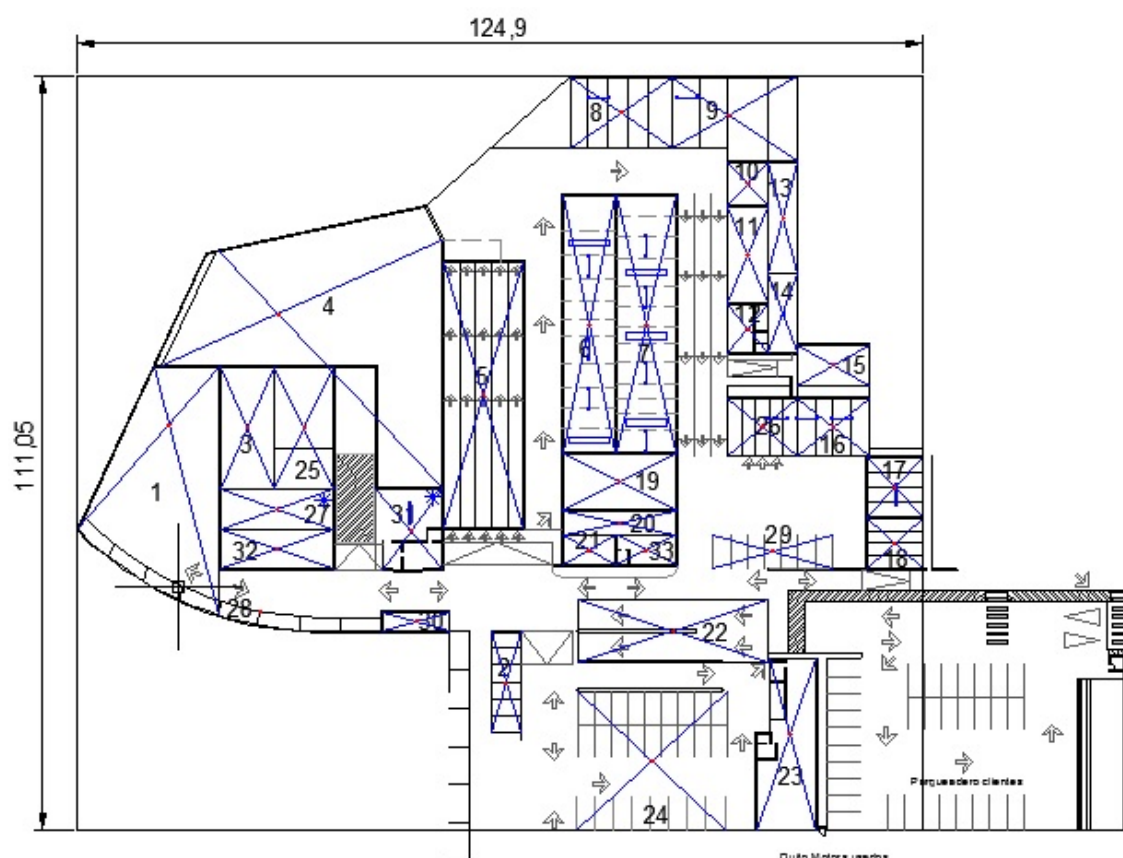
<b>Nomenclatura:</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Descripción:</b>
1	473,70	Vehículos terminados
2	61,75	Vehículos en proceso
3	140,71	Bodega de Lubricantes
4	834,60	Bodega de Repuestos
5	464,50	Pulmón de ingreso de vehículos
6	294,30	Mantenimiento
7	332,10	Mecánica
8	257,30	Electricidad electrónica
9	170,00	Motores
10	37,15	Transmisión automática
11	84,00	Aire acondicionado
12	42,00	Oficinas de Supervisores
13	69,00	Baños para técnicos
14	49,00	Camerinos para técnicos
15	79,00	Bodega de Herramientas
16	88,00	Mecánica general
17	72,60	Tapicería
18	60,30	Vidrio
19	137,00	Lavado de vehículos
20	61,40	Cambio de aceite
21	33,50	Alineación y Balanceo
22	250,65	Recepción
23	197,60	Oficina de Ventas
24	447,00	Parqueaderos Gerentes
25	51,00	Bodega de garantías
26	86,20	Express
27	97,70	Mecánica General VOLVO
28	72,60	Espera Repuestos
29	87,50	Secado
30	27,75	Tratamiento de aguas
31	73,00	Lavado y Secado
32	41,40	Inspección / Mecánica General VOLVO
33	39,16	Archivo / Sala de Reuniones
Otras Áreas:	24,30	Basureros
	103,00	Área de Montacargas
	873,00	Parqueadero Clientes
	155,40	Rampa de exposición de vehículos
	4,20	Guardianía
<b>Espacio total circulación:</b>	<b>4381,13</b>	
<b>Espacio total utilizado:</b>	<b>6473,37</b>	
<b>Espacio total disposición:</b>	<b>10854,50</b>	

Elaboración propia.

Fuente: Gerencia de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I.

## 5.2 Análisis del flujo de la disposición actual

Para poder realizar un análisis cuantitativo de la disposición actual, se procedió a requiere determinar las distancias entre departamentos. Las distancias rectilíneas entre departamentos se obtienen utilizando una técnica de cruce de diagonales para obtener los centroides de cada departamento para hacer un desplazamiento real y adecuado entre cada uno de los áreas del taller; esta matriz de distancias se presenta en el Anexo 5: Matriz de Distancias. La técnica de cruce de diagonales se aplicó conforme la geometría que cada departamento permitía; de manera que la siguiente Figura ilustra el procedimiento utilizado. (Herdoiza, 2003)



**Figura 42.** Diagrama de cruce de diagonales para determinar centroides

Elaboración propia



### **5.2.1 Definición de parámetros para el análisis de las instalaciones actuales**

Para poder realizar un análisis adecuado de las instalaciones, es necesario definir el flujo que hay entre departamentos y estaciones de trabajo, la carga unitaria que se maneja en las instalaciones y con esta información se puede proceder a la elaboración de tablas y matrices que intervienen en el análisis de las instalaciones actuales, así como también en la generación de las propuestas de rediseño de instalaciones.

### **5.2.2 Definición de flujo para la planta de Quito Motors S.A.C.I.**

Existen diferentes tipos de flujo entre los departamentos del taller, entre los que se utilizaron para analizar la planta son:

El flujo de vehículos entre las estaciones de trabajo. Por la configuración de taller se identifica que este flujo hace que los vehículos sean los que atraviesan por los departamentos, donde son atendidos por los operarios con sus herramientas y el uso de maquinaria especializada para realizar las actividades de mantenimiento.

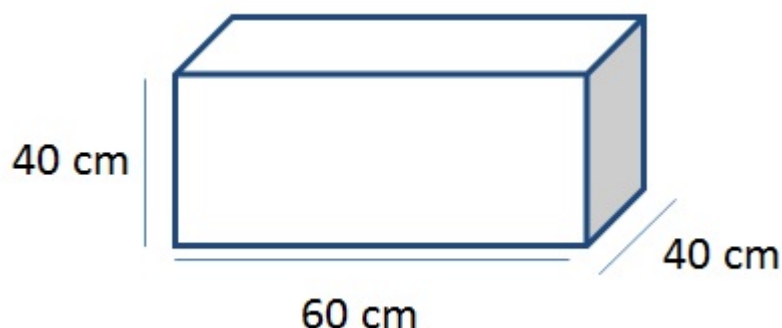
Además existe un flujo de repuestos que son partes, lubricantes y piezas entre las estaciones de trabajo, estos repuestos son la materia prima que hace factible las operaciones de mantenimiento preventivo.

### **5.2.3 Definición de carga unitaria para la planta de Quito Motors S.A.C.I.**

Para el caso del taller se pudieron identificar 2 tipos de carga unitaria.

Los vehículos son una carga unitaria que se desplaza entre las estaciones de servicio.

Los repuestos, trasladados y almacenados en una caja plástica de 60 cm de ancho, 40 centímetros de largo y 40 centímetros de profundidad.



**Figura 43.** Ilustración de la caja para manejo de repuestos en el taller

Elaboración propia

Es necesario determinar el flujo no solo entre las estaciones involucradas en el mantenimiento, sino también a lo largo de la planta taller, por lo que en el Anexo 4: Diagrama Espaguetti para los flujos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

### 5.3 Diseño de la carga unitaria unificada

Para poder utilizar un solo tipo de carga unitaria es necesario utilizar una transformación en superficie movilizada, es decir, un vehículo FORD se desplaza y ocupa una superficie, al igual que la caja de repuestos, sin embargo, se debe establecer una relación de conversión, de la siguiente forma:

Las dimensiones del vehículo más grande operado en el taller son las de la camioneta F-150 doble cabina, que son 3.670 metros de largo y 2.011 metros de ancho.

$$S = b * h \quad (5.3.1)$$

Donde:

$S$  = Superficie ocupada

$b$  = lado base (ancho)

$h$  = altura (alto)

$$S = 2.011 * 3.670$$

$$S = 7.38 \text{ metros cuadrados}$$

Las dimensiones de la caja utilizada para el transporte de repuestos son:

0.4 metros de largo y 0.60 metros de ancho.

$$S = 0.40 * 0.60$$

$$S = 0.24 \text{ metros cuadrados}$$

Es necesario determinar cuantas cargas unitarias de repuestos equivalen a una carga unitaria de vehículos, para lo cual se realiza la siguiente transformación:

$$\text{Cargas Unificadas} = \frac{7.38}{0.24} \quad (5.3.2)$$

$$\text{Cargas Unificadas} = 30.75 \text{ cargas}$$

Esto significa que 1 vehículo equivale a 30 cajas de repuestos en cuanto a superficie; con esta carga unificada se puede realizar todos los cálculos de eficiencia de las instalaciones.

#### **5.4 Matriz Desde – Hacia para cargas unificadas**

Con la carga unificada, se construyó la matriz desde – hacia para los flujos de carga unificadas se presenta como Anexo 5: Matriz de Desde - Hacia para flujo de carga unificada entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

A esta matriz, se le realiza una transformación lineal de manera que se convierta en una matriz de forma triangular superior, que para efectos del estudio se denomina matrices de flujo entre para carga unificada entre los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

### 5.5 Matriz de Flujo Entre para cargas unificadas

Para realizar los enfoques algorítmicos como BLOCPLAN es necesario utilizar las matrices dese – hacía y la matriz de flujo de carga unificada, los modelos de rediseño de instalaciones se presentan más adelante en el inciso 5.10, sin embargo las matrices de flujo entre se muestran como Anexo 5: Matriz de Flujo Entre para carga unificada.

### 5.6 Matriz de Relaciones

Para poder construir una matriz de relaciones, es necesario definir las categorías, las razones de importancia de cercanía y los pesos.

En cuanto a las categorías y razones de importancia, se ilustran en la Tabla 17.

**Tabla 20.** Categorías y ponderaciones de importancia para la matriz de relaciones

Valor	Cercanía	Código
A	Absolutamente necesaria	10
E	Muy Importante	7
I	Importante	5
O	Está bien, una cercanía normal	3
U	No es Importante	0
X	No es conveniente	-10

Elaboración propia.

En esta tabla se presentan mediante una ponderación cuantitativa la importancia de mantener una relación alfabética, entre los departamentos del taller, es importante que estos pesos al momento de analizar las cercanías de los departamentos.

Son importantes también las razones por las cuales se requiere que un departamento esté cerca de otro, así como también porque no debieran estar en cercanía unos de otros. Para esto se presenta las razones en la Tabla a seguir:

**Tabla 21.** Razones y ponderaciones de importancia para la matriz de relaciones

<b>Código</b>	<b>Razón</b>
1	Alta necesidad de llegar rápido
2	Media necesidad de llegar rápido
3	Baja necesidad de llegar rápido
4	Alto flujo de información
5	Bajo flujo de información
6	Distracción

Elaboración propia.

Mediante un código numérico se puede determinar una razón por la que se ha procedido a ponderar la relación interdepartamental con una determina letra (A,E,I,O,U,X).

La matriz de relaciones construida se presenta como Anexo 5: Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

### 5.7 Matriz de costos

Como último requerimiento para el análisis de las instalaciones es necesario asociar los flujos entre departamentos y los costos de moverse entre

los mismos, para lo cual se establecieron los costos de trasladar vehículos y repuestos de un departamento a otro. Se construyó una matriz de costos ilustrada en el Anexo 5: Matriz de Costos para viajes en Quito Motors S.A.C.I.

El costo promedio de un viaje entre estaciones es de 1.25 USD para un viaje corto, 2.50 USD para un viaje medio y 5.00 USD para un viaje largo, los cuales están definidos como el costo de transportar una carga unitaria unificada entre los departamentos del taller. Existe un costo de 10.00 USD para viaje de garantías o denominados viajes asegurados por motivos de que estas cargas son inusuales en el sistema.

## **5.8 Restricciones de espacio**

### **5.8.1 Departamentos con restricciones de espacio**

Ciertos departamentos se encuentran restringidos a no poder ser intercambiados, por los requerimientos de espacio, así como también por limitaciones de la planta como es el área de:

3. Bodega de lubricantes
4. Bodega de repuestos
13. Baños para técnicos
14. Camerinos para técnicos
15. Bodega de herramientas
23. Oficinas de Post venta
25. Bodega de garantías
30. Tratamiento de aguas (Gerencia de Servicio Post venta Quito Motors S.A.C.I. 2012)

### 5.8.2 Requerimientos de espacio

De acuerdo al análisis de las áreas y de los departamentos del taller Matriz, los requerimientos de espacio para la disposición propuesta no son los mismos que los de la disposición actual, por lo que en las instalaciones resultantes se modificarán los espacios de los departamentos, para aquellos que requieran de mayor capacidad por el flujo actual que manejan, el área aumentará; mientras que aquellos con un flujo pequeño, tendrán que disminuir su área departamental; estas consideraciones se tomarán en cuenta para las propuestas de rediseño de instalaciones.

## 5.9 Análisis de instalaciones actuales del taller

Es necesario evaluar la eficiencia de las instalaciones actuales, para poder comparar estos resultados con los resultados de los modelos construidos.

### 5.9.1 Eficiencia de las instalaciones actuales del taller

- Función Objetivo basada en distancias:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (5.1.1.1)$$

Donde:

$f_{ij}$  es el flujo del departamento  $i$  a  $j$

$c_{ij}$  es el costo del departamento  $i$  al  $j$

$d_{ij}$  es la distancia del departamento  $i$  al  $j$  (Tompkins et al. 2006, p. 311)

Para realizar este cálculo de eficiencia en distancias, se requiere la información del Anexo 5, la tabla flujo entre, la matriz de costos y la matriz de distancias; estos resultados sirven para comparar la eficiencia de las instalaciones actuales, con las instalaciones propuestas, resultantes del uso de los algoritmos planteados. El resultado de eficiencia para las instalaciones actuales del taller:

**Minimizar  $Z = 69540$  USD/cargas unificadas**

- Función Objetivo basada en adyacencias:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij} \quad (5.1.1.2)$$

Donde:

$f_{ij}$  es el flujo del departamento  $i$  a  $j$

$x_{ij}$  es una variable binaria (0,1) que asigna 0 si los departamentos no comparten orilla y 1 si los departamentos comparten orilla. (Tompkins et al. 2006, p. 311)

Para realizar este cálculo de eficiencia basada en adyacencias, se requiere la información del Anexo 5, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias; estos resultados sirven para comparar la eficiencia de las instalaciones actuales, con las instalaciones propuestas, resultantes del uso de los algoritmos planteados. El resultado de eficiencia para las instalaciones actuales del taller:

**Minimizar  $Z = 476.58$  cargas unificadas**

- Calificación de adyacencia normalizada:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}} \quad (5.1.1.3)$$



Donde:

$f_{ij}$  es el flujo del departamento  $i$  a  $j$

$x_{ij}$  es una variable binaria (0,1) que asigna 0 si los departamentos no comparten orilla y 1 si los departamentos comparten orilla. (Tompkins et al. 2006, p. 311)

Esta ecuación es necesaria para evaluar una disposición en una escala entre 0 y 1; siendo 0 ineficiente y 1 eficiente. Es importante determinar esta relación normalizada para contrastar los resultados con los modelos propuestos para determinar la mejora que se podría conseguir.

Para realizar este cálculo de eficiencia de adyacencias normalizada, se requiere la información del Anexo 5, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias; estos resultados sirven para comparar la eficiencia de las instalaciones actuales, con las instalaciones propuestas, resultantes del uso de los algoritmos planteados. El resultado de eficiencia para las instalaciones actuales del taller:

$$Z = 0.3015$$

La eficiencia resultante es de 30.15%, es decir, existen oportunidades de mejora para las instalaciones, al poder intercambiar los departamentos de la planta taller.

## **5.10 Algoritmos de rediseño de instalaciones**

Una vez determinada la eficiencia de las instalaciones actuales, se procede a utilizar 2 algoritmos de rediseño de instalaciones, para poder compararlos con los resultados de las instalaciones actuales, una vez construidos dichos modelos se pueden mejorar y obtener resultados más eficientes para la planta taller de Quito Motors S.A.C.I.

Los algoritmos a utilizar son Planeación Sistemática de Instalaciones (SLP) y BLOCPLAN.

### **5.10.1 Modelo SLP (Planeación Sistemática de Instalaciones)**

#### **5.10.1.1 Información necesaria para SLP**

Este modelo para la construcción de instalaciones, tiene como principio utilizar las ponderaciones e importancia de las adyacencias entre los departamentos y poder asociarlas a los flujos que hay entre los departamentos, para poder construir una nueva disposición de los departamentos en bloques y poder pasarlos estos a un plano conforme el área de terreno disponible. Para este modelo se requiere los resultados presentados en el Anexo 5, tanto la tabla flujo entre, la matriz de relaciones y matriz de costos.

En la construcción de este modelo, se presentan los resultados como Anexo 6: Diagrama SLP, sin embargo, dada la cantidad de relaciones entre los 30 departamentos de la planta, fue necesario realizar otros diagramas que representan únicamente las relaciones tipo A, tipo E, tipo I, tipo O y tipo X, cada una por separado para modelar de manera más clara lo presentado en la matriz de relaciones del Anexo 5; estos diagramas se presentan dentro del Anexo 6:

Diagrama SLP para las relaciones tipo A,E,I,O,U y X para la planta de Quito Motors S.A.C.I.

Finalmente se construyó el diagrama SLP con los bloques y sus áreas respectivas, dentro de un boceto de la planta actual, para facilitar la colocación y formación de bloques, para la construcción de una nueva alternativa de instalaciones, con el fin de contrastar las instalaciones existentes con este nuevo modelo y proceder a utilizar algoritmos que permitan mejorar las instalaciones mediante intercambios entre los departamentos de la planta.

El modelo SLP con cuadro de áreas se presenta como Anexo 6:

Diagrama SLP con cuadro de áreas para todos los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

#### **5.10.1.2 Diagrama de instalaciones resultante**

El modelo resultante, utiliza departamentos de forma rectangular, algunos tienen formas no uniformes debido a sus espacios y se presentan en un diagrama rectangular. Este resultado del modelo SLP se presenta como Anexo 6:  
Diagrama de instalaciones resultante del modelo SLP para la planta de Quito Motors S.A.C.I.

### 5.10.1.3 Eficiencia del modelo SLP resultante

Para realizar este cálculo de eficiencia basada en adyacencias, se requiere la información del Anexo 7, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo SLP:

$$\text{Minimizar } Z = \mathbf{609.13 \text{ cargas unificadas}}$$

Este resultado considerablemente mejor a la eficiencia de las instalaciones actuales.

Para realizar este cálculo de eficiencia de adyacencias normalizada, se requiere la información del Anexo 7, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo SLP:

$$Z = \mathbf{0.38.54}$$

La eficiencia resultante es de 38.54% es superior en 8% a la eficiencia de las instalaciones actuales del taller, por lo que se puede seguir mejorando dicha eficiencia con el uso del algoritmo CRAFT para mejoramiento de las instalaciones.

### 5.10.2 Modelo BLOCPLAN

Este algoritmo sirve tanto como un modelo de diseño de instalaciones, como también para mejora de instalaciones, para este caso BLOCPLAN funcionará como un algoritmo de mejora para las instalaciones actuales; se requiere una matriz de flujo entre, para convertirla en una matriz de relaciones y de esta manera poder colocar los departamentos de forma rectangular uniforme

sobre una disposición también de forma rectangular uniforme que se encuentra dividida en bandas para el caso de la planta taller es necesario dividirla en 3 bandas puesto que es una instalación grande (11.000 m<sup>2</sup> aproximadamente). Además de la información previa también requiere una matriz de distancias, que representa las distancias rectilíneas entre los centroides de los departamentos, esto se realiza para además de poder calcular la eficiencia de adyacencias de la ecuación (5.1.1.2), la eficiencia normalizada de la ecuación (5.1.1.3), también se pueda calcular esta métrica denominada “RELDIST”, que asocia la calificación entre las adyacencias, con el flujo entre los departamentos y las distancias entre los mismos. (Tompkins et al. 2006, p. 333)

Para la construcción de este modelo es necesario utilizar la información del Anexo 8: Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de la planta de Quito Motors S.A.C.I. Además utiliza el diagrama de bloques resultante, que define 3 bandas horizontales, 2 bandas de 28 metros de longitud a los extremos y una banda intermedia de 35 metros, este se presenta como Anexo 8: Diagrama BLOCPLAN Resultante para la planta de Quito Motors S.A.C.I. Dentro del Anexo 8, se encuentra también una tabla de flujo entre departamentos del taller y una matriz de adyacencias, con esta información se procede a calcular la eficiencia de adyacencias y también la eficiencia normalizada.

. El resultado de eficiencia de adyacencias para el modelo BLOCPLAN:

***Minimizar*  $Z = 532.93$  cargas unificadas**

Este resultado es un poco mejor a la eficiencia de las instalaciones actuales, sin embargo, no es mejor que el resultado del modelo SLP. Esto se debe a la forma de los departamentos que utiliza el modelo, ya que los

departamentos tienen formas regulares, mientras que el modelo SLP permite mantener mayor irregularidad en los departamentos, haciendo que estos compartan mayores esquinas unos con otros.

. El resultado de eficiencia normalizado para el modelo BLOCPLAN:

$$Z = 0.34.38$$

La eficiencia resultante es de 34.38% es un poco más eficiente que la calificación de eficiencia para las instalaciones actuales, sin embargo, no es mejor que el resultado del modelo SLP.

## **5.11 Algoritmos de rediseño para mejoramiento de algoritmos propuestos**

Con los resultados obtenidos de los algoritmos de construcción de instalaciones, se procede a utilizar el algoritmo CRAFT, para mejorar la eficiencia y comparar los resultados con las instalaciones actuales; de esta manera se puede escoger una instalación que maximice la eficiencia de adyacencias y adyacencias normalizadas.

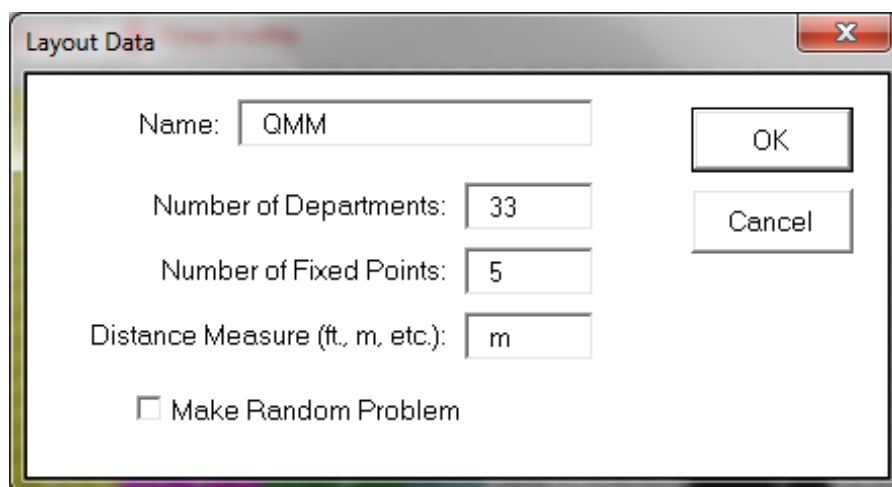
Esta disposición selecta es la propuesta final del proyecto de tesis y será graficada en AUTOCAD ® con las consideraciones de aumento de capacidad para los departamentos involucrados con las operaciones de mantenimiento planificado.

### **5.11.1 Modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo SLP**

Este modelo funciona como un algoritmo para mejorar los resultados del algoritmo SLP, como del modelo BLOCPLAN. Tiene como objetivo realizar intercambios pareados de manera iterativa con una función objetivo que minimice el costo de la instalación. Para realizar este modelo se utilizó un complemento de Microsoft Excel ® desarrollado por Jensen en 2004., esta plataforma es una base de aporte a la ingeniería industrial patrocinada por la Universidad de Texas.

Este modelo requiere la tabla de flujo entre los departamentos del taller que se presenta como Anexo 9: Tabla flujo entre los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

El modelo requiere inicializarse con la siguiente información:



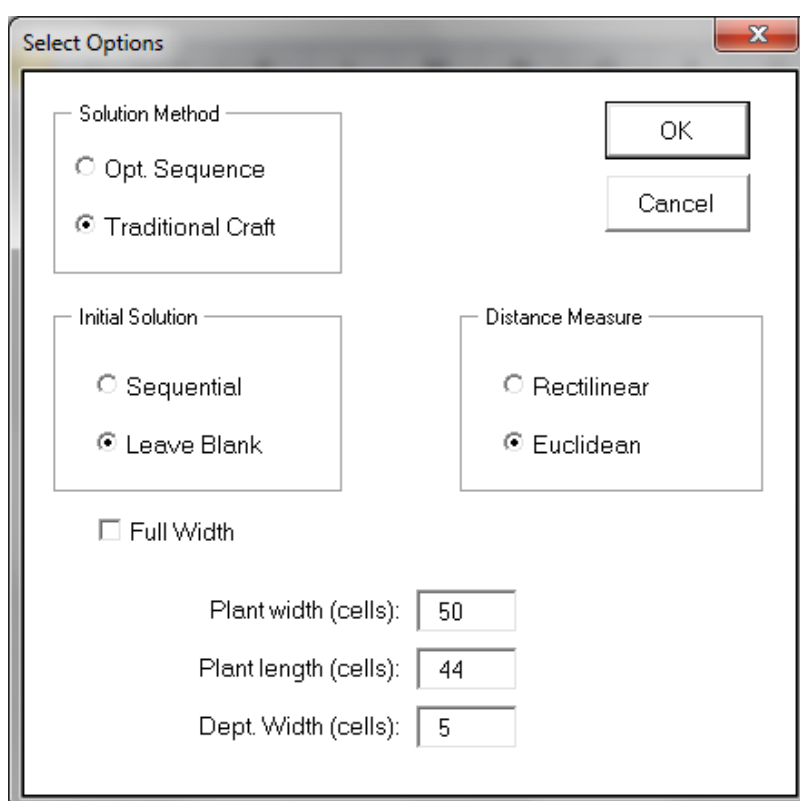
**Figura 44.** Pantalla de inicialización del modelo

Fuente: Jensen 2004

Al inicializar el modelo, abre una hoja de nueva que requiere la información de las áreas de los departamentos y adicional la información del flujo entre los departamentos.

Existe una restricción de acuerdo al tamaño de la planta, esta solo puede ser de hasta 100 unidades de largo y 50 unidades de ancho; la planta del taller tiene 111 metros de largo por 125 metros de ancho, por lo que es necesario escalar los departamentos, de manera que puedan caber en la planta. Para esto la relación de reducción de área debe realizarse al 33.33% del tamaño real.

Las unidades de la planta modelada en el software son de 50 metros de ancho por 44 metros de largo, como se muestra en la figura a continuación:



**Figura 45.** Pantalla de personalización del modelo

Fuente: Jensen 2004

Como se debieron modificar las áreas a una nueva escala, los resultados de las áreas para el modelo se presentan en la tabla 22.



**Tabla 22.** Nomenclatura y áreas a escala para el modelo CRAFT

<b>Nomenclatura:</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Descripción:</b>
1	158	Vehículos terminados
2	21	Vehículos en proceso
3	41	Bodega de Lubricantes
4	278	Bodega de Repuestos
5	155	Pulmón de ingreso de vehículos
6	98	Mantenimiento
7	111	Mecánica
8	86	Electricidad electrónica
9	57	Motores
10	12	Transmisión automática
11	28	Aire acondicionado
12	14	Oficinas de Supervisores
13	23	Baños para técnicos
14	16	Camerinos para técnicos
15	26	Bodega de Herramientas
16	29	Mecánica general
17	24	Tapicería
18	20	Vidrio
19	46	Lavado de vehículos
20	20	Cambio de aceite
21	11	Alineación y Balanceo
22	84	Recepción
23	66	Oficina de Ventas
24	149	Parqueaderos Gerentes
25	17	Bodega de garantías
26	29	Express
27	33	Mecánica General VOLVO
28	24	Espera Repuestos
29	29	Secado
30	9	Tratamiento de aguas
31	24	Lavado y Secado
32	14	Inspección / Mecánica General VOLVO
33	13	Archivo / Sala de Reuniones

Elaboración propia.

Estas áreas se encuentran a la escala del 33% de su valor real, además se muestran en formato discreto puesto que el modelo toma en consideración cuadrados para dar formas a los departamentos y por lo tanto solo se permiten valores de áreas discretas.

Para poder realizar el modelo, es necesario utilizar el resultado del algoritmo SLP, presentado en el Anexo 6. Se debe colocar los departamentos como se muestra en el SLP resultante en una plataforma vacía y con el número de cuadros que requiere cada departamento.

El modelo utilizado se ilustra en la figura 38.

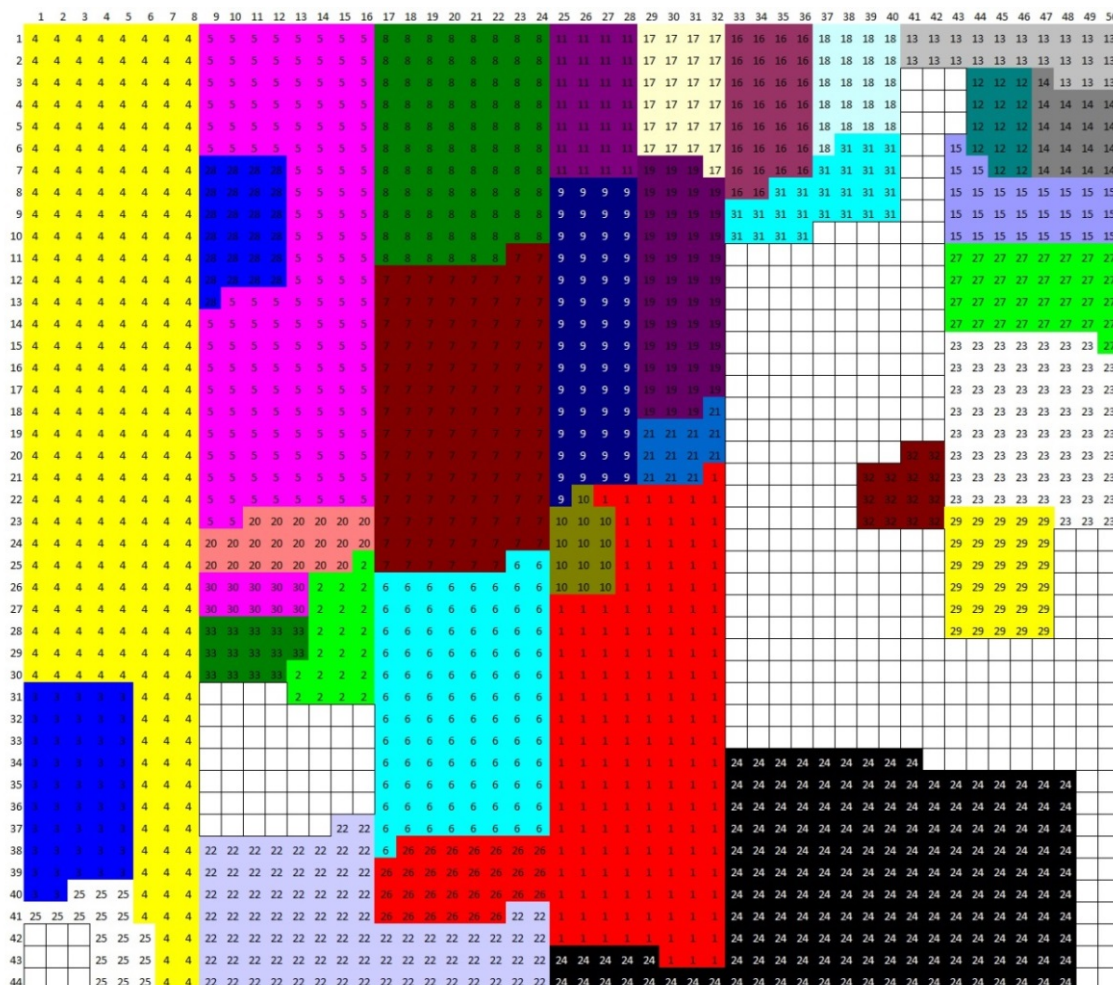
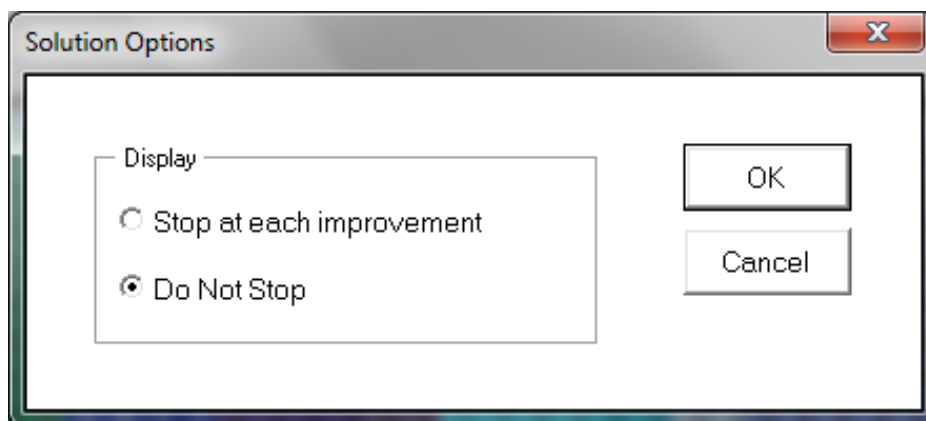


Figura 46. Disposiciones iniciales para el modelo CRAFT - SLP

Fuente: Jensen 2004

Se puede observar espacios en blanco, debido a que la planta no cuenta con una disposición regular, además al momento de realizar la escala de los departamentos al 33.33% de su tamaño real e ingresar los departamentos sobre la plantilla, esta muestra espacios sobrantes.

Con esta información es necesario correr el modelo, mediante el complemento para Excel, permite parar con cada iteración o no parar y obtener un resultado más eficiente.



**Figura 47.** Solucionar el modelo CRAFT

Fuente: Jensen 2004

Con un costo inicial de 80386.00 USD el algoritmo inicia, tiene 4 iteraciones y finaliza con un costo de 66073.00 USD. La tabla 20 presenta los resultados de las iteraciones:

**Tabla 23.** Resultados para el modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo SLP

Costo Inicial:		\$ 80.386,00	
Total de iteraciones:		4	
<b>Iteraciones:</b>	<b>Tipo:</b>	<b>Acción:</b>	<b>Costo:</b>
1	Cambio	12 con 32	\$ 75.553,00
2	Cambio	5 con 20	\$ 74.326,00
3	Cambio	5 con 6	\$ 66.051,00
4	Cambio	4 con 20	\$ 66.073,00

Fuente: Jensen 2004

Con los resultados de este modelo, se puede proceder a calcular la eficiencia resultante del modelo; los resultados de este algoritmo se presentan como Anexo 9: Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para

mejoramiento del modelo SLP y Anexo 9: Plantilla de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo SLP

#### **5.11.1.1 Eficiencia del modelo CRAFT para mejoramiento del modelo SLP**

Para realizar este cálculo de eficiencia basada en adyacencias, se requiere la información del Anexo 9, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo CRAFT - SLP:

$$\text{Minimizar } Z = \mathbf{829.17 \text{ cargas unificadas}}$$

Este resultado considerablemente mejor a la eficiencia de las instalaciones actuales.

Para realizar este cálculo de eficiencia de adyacencias normalizada, se requiere la información del Anexo 9, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo CRAFT - SLP:

$$Z = \mathbf{0.5245}$$

La eficiencia resultante es de 52.45% es superior en 14% a la eficiencia del modelo SLP, por lo que se puede evidenciar que el algoritmo de mejoramiento de instalaciones funciona efectivamente.

#### **5.11.2 Modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo BLOCPLAN**

El procedimiento de uso de la plantilla de Jensen es el mismo para el caso de mejoramiento del algoritmo BLOCPLAN; como datos de entrada se

requiere la tabla de flujo entre y las instalaciones en bloques resultantes del modelo BLOCPLAN presentes como Anexo 8.

El modelo utilizado se muestra en la figura 43:

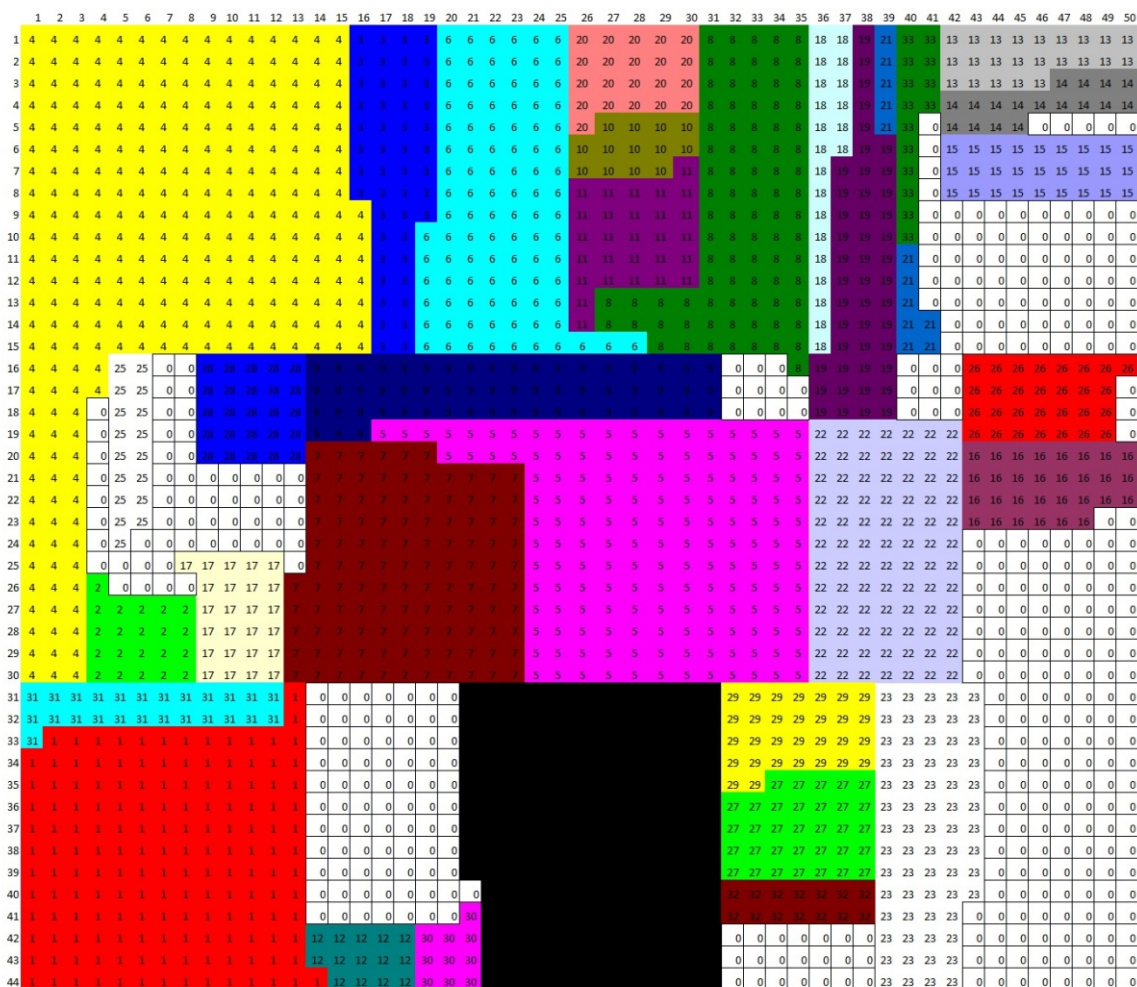
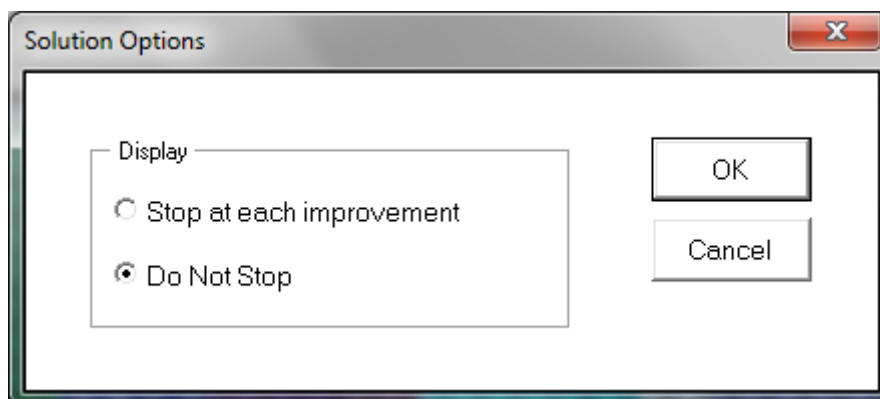


Figura 48. Disposiciones iniciales para el modelo CRAFT - BLOCPLAN

Fuente: Jensen 2004

Se puede observar espacios en blanco, debido a que la planta no cuenta con una disposición regular, además al momento de realizar la escala de los departamentos al 33.33% de su tamaño real e ingresar los departamentos sobre la plantilla, esta muestra espacios sobrantes.

Con esta información es necesario correr el modelo, mediante el complemento para Excel, permite parar con cada iteración o no parar y obtener un resultado más eficiente.



**Figura 49.** Solucionar el modelo CRAFT

Fuente: Jensen 2004

Con un costo inicial de 80386.00 USD el algoritmo inicia, tiene 4 iteraciones y finaliza con un costo de 66073.00 USD. La tabla a continuación presenta los resultados de las iteraciones:

**Tabla 24.** Resultados para el modelo CRAFT para mejoramiento del algoritmo BLOCPAN

Costo Inicial:		\$ 83.645,00	
Total de iteraciones:		4	
<b>Iteraciones:</b>	<b>Tipo:</b>	<b>Acción:</b>	<b>Costo:</b>
1	Cambio	17 con 32	\$ 77.126,00
2	Cambio	12 con 33	\$ 72.677,00
3	Cambio	4 con 3	\$ 66.868,00
4	Cambio	19 con 33	\$ 65.679,00
5	Cambio	5 con 7	\$ 64.225,00
6	Cambio	1 con 31	\$ 63.918,00
7	Cambio	19 con 21	\$ 62.908,00
8	Cambio	2 con 18	\$ 60.875,00
9	Cambio	5 con 9	\$ 59.351,00
10	Cambio	4 con 25	\$ 59.431,00

Fuente: Jensen 2004

Con los resultados de este modelo, se puede proceder a calcular la eficiencia resultante del modelo; los resultados de este algoritmo se presentan como Anexo 10: Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN y Anexo 10: Plantilla de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN.

#### **5.11.2.1 Eficiencia del modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN**

Para realizar este cálculo de eficiencia basada en adyacencias, se requiere la información del Anexo 9, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo CRAFT - BLOCPLAN:

*Minimizar*  $Z = 668.35$  **cargas unificadas**

Este resultado considerablemente mejor a la eficiencia de las instalaciones actuales.

Para realizar este cálculo de eficiencia de adyacencias normalizada, se requiere la información del Anexo 9, la tabla flujo entre y la matriz de adyacencias. El resultado de eficiencia para el modelo CRAFT - BLOCPLAN:

$Z = 0.42.29$

La eficiencia resultante es de 42.29% es superior en 8% a la eficiencia del modelo BLOCPLAN, por lo que se puede evidenciar que el algoritmo de mejoramiento de instalaciones funciona efectivamente.

### 5.11.3 Análisis y comparación de modelos y elección de la mejor propuesta

Es necesario elegir un modelo ganador, que sea el más eficiente para mejorar los flujos de la planta de Quito Motors Matriz, de manera que se pueda modificar las áreas de los departamentos para aumentar la capacidad de operaciones de mantenimiento planificado, para la elección de este modelo es necesario comparar las eficiencias como se muestra en la tabla a continuación:

**Tabla 25.** Resultados de eficiencias de adyacencias y eficiencias normalizadas para todos los modelos

No.	Modelo	Eficiencia AD (unidades)	Eficiencia Normalizada (%)
1	QUITO MOTORS MATRIZ	476.59	30.15
2	SLP	609.13	38.54
3	BLOCPAN	532.93	34.38
4	CRAFT - SLP	829.17	52.45
5	CRAFT - BLOCPAN	668.35	42.29

Elaboración: Propia

El modelo elegido es el Modelo CRAFT – SLP, puesto que mejora la eficiencia de las instalaciones actuales en 25.98%. Con una eficiencia de 60% aproximadamente se considera que el modelo ganador es representativamente mejor que las instalaciones actuales.

### 5.11.4 Diseño de las instalaciones propuestas

En base a este resultado, se procede a modificar ciertos departamentos de acuerdo al objetivo principal del proyecto de tesis, que es aumentar la capacidad de las operaciones de mantenimiento planificado; por lo que es necesario



agrandar ciertos departamentos y reducir el área de otros, de manera que se pueda mejorar el resultado del modelo SLP por bloques y proponer uno mejor que ayude a mejorar la eficiencia para la planta del taller.

Existen departamentos como el No. 20 – Cambio de aceite que son departamentos de soporte para el mantenimiento planificado, este departamento puede apoyar con sus operaciones y su área al departamento No. 6 – Mantenimiento para poder aumentar la capacidad del mismo. Por exigencia de marca, no se puede fusionar estos departamentos, pero el operario del departamento No. 20 puede ser capacitado para realizar otras operaciones de mantenimiento y dar mayor soporte al área de mantenimiento y realizar funciones combinadas.

Otro departamento que realiza las mismas actividades de mantenimiento planificado es el No. 26 – Servicio Express, sin embargo este departamento no funciona como un sistema Express, puesto que en la mayoría de casos, el sistema de mantenimiento planificado rápido, utiliza entre 2 y 3 operarios, para realizar operaciones de cambio de aceite, revisión de niveles, ajuste de carrocería, revisión de frenos y revisión de neumáticos; en el caso de Casabaca concesionario autorizado TOYOTA a nivel País, utilizan 3 operarios, el primero es centro y los otros dos operarios a cada lado del vehículo (izquierdo y derecho); los tres operarios realizan las operaciones de manera simultánea logrando que el servicio de 5000 km y 10000 km para cualquier tipo de vehículo Toyota se pueda lograr entre 45 minutos y 80 minutos; mientras que para Quito Motors taller matriz el área de servicio Express es un requerimiento de la marca FORD, sin embargo dentro de esta estación solo hay un operario que realiza

cualquier tipo de mantenimiento para cualquier vehículo. Pese a esto no es posible suprimir esta localidad.

Los departamentos No. 17 –Tapicería y No. 18 – Vidrio y No. 24 – Parqueadero Gerentes son muy extensos y su utilización es baja, después de inspeccionar el área No. 17 su uso del área asignada es del 50%, es decir utilizan  $36.2 \text{ m}^2$ , en la localidad No. 18 su uso es del 55%, es decir utilizan  $33.17 \text{ m}^2$ , y en el caso de la localidad No. 24 su uso aproximado es del 20%, es decir,  $90 \text{ m}^2$  aproximadamente. Por lo tanto estas áreas pueden reducir notablemente su tamaño. Esta estación No. 24 puede fusionar su área con la estación 1 para dar mayor capacidad a la estación de vehículos terminados y listos para la entrega.

La estación No. 21 – Alineación y balanceo requiere aumentar al doble su capacidad para poder atender a dos vehículos de manera simultánea por lo que es necesario que se expanda a  $67 \text{ m}^2$ .

Las modificaciones de área resultantes de modificar el modelo CRAFT - SLP resultante se presentan en la tabla 19, de acuerdo a los requerimientos de aumento de capacidad para la planta de Quito Motors S.A.C.I. En este modelo modificado importante recalcar que modificaciones de las áreas de los departamentos, de manera que los al realizar los intercambios funcionales puedan acoplarse dentro de las nuevas localidades y se consideró también el aumento y decremento de las áreas para ciertos departamentos.

**Tabla 26.** Nomenclatura y áreas taller modificadas para diagrama SLP para  
Quito Motors Matriz

<b>Nomenclatura:</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Descripción:</b>
1	821.40	Vehículos terminados / Vehículos en Garantía
*1	374.70	Vehículos terminados
2	110.05	Vehículos en proceso
3	140,71	Bodega de Lubricantes
4	834,60	Bodega de Repuestos
5	348.30	Pulmón de ingreso de vehículos
6	350.70	Mantenimiento
7	380.80	Mecánica
8	257,30	Electricidad electrónica
9	170,00	Motores
10	37,15	Transmisión automática
11	84,00	Aire acondicionado
12	42,00	Oficinas de Supervisores
13	69,00	Baños para técnicos
14	49,00	Camerinos para técnicos
15	79,00	Bodega de Herramientas
16	76.50	Mecánica Específica
17	31.45	Tapicería
18	31.45	Vidrio
19	142.40	Lavado de vehículos
20	85.00	Cambio de aceite
21	66.80	Alineación y Balanceo
22	219.90	Recepción
23	197,60	Oficina de Ventas
24	130.50	Parqueaderos Gerentes
25	51,00	Bodega de garantías
26	71.90	Servicio Express
27	97,70	Mecánica General VOLVO
28	72,60	Espera Repuestos
29	87,50	Secado
30	27,75	Tratamiento de aguas
31	34.40	Lavado y Secado Rápido
32	41.40	Inspección / Mecánica General VOLVO
33	39,16	Sala de Reuniones
*33	23.90	Archivo
Otras Áreas:		
	24,30	Basureros
	103,00	Área de Montacargas
	873,00	Parqueadero Clientes
	155,40	Rampa de exposición de vehículos
	4,20	Guardiania
<b>Espacio total circulación:</b>	<b>4016.98</b>	
<b>Espacio total utilizado:</b>	<b>6837.52</b>	
<b>Espacio total disposición:</b>	<b>10854,50</b>	

Elaboración propia.

Con la información de los nuevos requerimientos de espacio, se procede a dibujar la propuesta final de instalaciones para la planta de Quito Motors Matriz; la cual se presenta como Anexo 11: Diagrama de disposición Quito Motors Matriz Propuesto

Se diagramaron en AUTOCAD ® también consideraciones para los detalles de la bodega, los anaqueles de la bodega, de las fosas de las estaciones de Mantenimiento y Mecánica; también detalles de la Sala de Reuniones. Se encuentra como Anexo 11: Detalles para la Bodega de Quito Motors Matriz y Anexo 11: Detalles para Archivo y Fosas para Quito Motors Matriz.

Para la bodega es necesario proponer un sistema de almacenamiento fijo, de acuerdo a la Gerencia de Repuestos de la organización, dentro de las instalaciones de la bodega, se manejan 4 tipos de ítems, elementos A representan el 35.76% del valor total de los ítems almacenados (806.097,27 USD); los productos tipo B representan el 44.29% del valor total de almacenamientos (998.354,55 USD); ítems tipo C con un 10.84% (244.310,19 USD) y los productos obsoletos y etiquetas blancas denominados X con un 9.12% (185.196,53 USD). Con estas ponderaciones se realizó un diseño de localidades de almacenamiento fijas para la bodega del taller, mediante un sistema de organización ABC. El resultado se presenta como Anexo 11: Consideraciones de Almacenamiento Fijo para la Bodega de Quito Motors S.A.C.I.

Como último análisis del sistema propuesto es necesario determinar la eficiencia del mismo en cuestión de distancias.

### 5.11.5 Eficiencia de las instalaciones propuestas del taller

Para realizar este cálculo de eficiencia en distancias, se requiere la información del Anexo 5, la tabla flujo entre, la matriz de costos y la matriz de distancias que se presenta como Anexo 10: Matriz de distancias entre departamentos para Instalaciones Propuestas; estos resultados sirven para comparar la eficiencia de las instalaciones actuales, con las instalaciones propuestas, resultantes del uso de los algoritmos planteados. El resultado de eficiencia para las instalaciones actuales del taller:

$$\textit{Minimizar } Z = \mathbf{14614.75 \text{ USD/cargas unificadas}}$$

Se evidencia una mejora considerable en relación a la eficiencia de distancias de la planta actual, esto es una prueba de que los algoritmos de construcción de instalaciones y los algoritmos de mejoramiento cumplieron su objetivo y que la planta propuesta es más eficiente que la actual.

## **6 SIMULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO**

### **6.1 Simulación del sistema propuesto para la planta de Quito Motors Matriz**

#### **6.1.1 Consideraciones de aumento de capacidad para las estaciones del taller**

Al proponer las nuevas instalaciones, también se debe proponer una reasignación de operarios para ciertos departamentos del taller, mediante observación se puede proponer que al área de mantenimiento se podría incrementar la capacidad del operario de la estación No. 20 Cambio de Aceite puesto que ahora se encuentran adyacentes.

El mismo caso sucede con la estación No. 31 Lavado y Secado Rápido, la cual pasa a estar al lado de la estación No. 19 de lavado de vehículos, lo cual aumentaría la capacidad de esta estación en 1 operario.

En las estaciones No. 17 y No. 18 tapicería y vidrio no hay un flujo de vehículos alto, por lo que no existe necesidad de tener 1 operario en cada estación, se podría utilizar 1 solo operario que realice las actividades de ambas estaciones, el operario restante podría ser capacitado para la estación de mantenimiento planificado.

Con estas consideraciones, la utilización de los recursos podría mejorar, para permitir mayor flexibilidad; además de que se podría mejorar el tiempo total en sistema (TIS), disminuir el tiempo promedio en cola (TIQ) y aumentar la cantidad de vehículos atendidos por día.

Para constatar esta necesidad de aumento de capacidad es necesario realizar cálculos en función a los tiempos de ciclo de cada actividad, para

determinar analíticamente si es necesario asignar más operarios o no a las estaciones de trabajo.

### 6.1.2 Asignación de recursos a departamentos

Para realizar esta reasignación es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{(a+t)}{(a+b)} \quad (6.1.2.1.)$$

Donde:

$n'$       Número de operarios asignados a cada estación de trabajo

$a$       Tiempo de la actividad recurrente

$b$       Tiempo de actividad independiente del operario

Mediante el uso de estas fórmulas, con los tiempos de ciclo analizados en el capítulo 4, se procedió a calcular la cantidad de operarios asignados a cada estación de trabajo.

Estación de recepción de vehículos:

$$n' = \frac{(3+7)}{(3+2)}$$

$$n' = 2 \text{ operarios}$$

Para la estación de recepción la asignación adecuada es de 2 operarios, este mismo procedimiento se realizó para cada estación involucrada en el estudio y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 27.** Resultados de la reasignación de operarios a estaciones de trabajo en el taller

#	Estación:	n' resultante: (operarios)	n' utilizada: (operarios)
1	Recepción:	1,98	2
2	Inspección:	2,30	2
3	Repuestos:	1,54	1
4	Elevador 1:	1.17	1
5	Elevador 2:	1.17	1
6	Elevador 3:	1.17	1
7	Elevador 4:	1.17	1
8	Elevador 5:	1.17	1
9	Elevador 6:	1.17	1
11	Lavado:	2.09	2

Elaboración propia.

Con estos resultados de reasignación de operarios, se procede a simular el sistema propuesto y determinar cómo se afecta la capacidad de los recursos. Para el sistema propuesto, se propone un cambio en la forma de realizar el mantenimiento, en la que en lugar de tener una estación donde se realiza el cambio de aceite y filtro de motor, se propone que en cada estación de elevador de mantenimiento planificado se realice el trabajo.

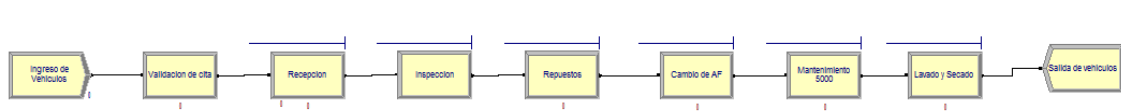
### 6.1.3 Sistema simulado en Arena ®

En un inicio se propuso que se elimine la estación de cambio de aceite y filtro, sin embargo, luego de conversar la propuesta con el jefe de taller, se evidenció que no es factible, por exigencia de la marca, es necesario disponer de esta estación, además que con la utilización de los operarios de mantenimiento aumentaba, lo cual no es bueno, puesto que perjudicaría el desempeño del sistema. Por lo que se mantiene la configuración del sistema original, pero se añaden 2 operarios que ya son parte de la organización al ala de mantenimiento planificado, asignándoles un elevador a cada uno y se propone unificar al



operario de lavado rápido al ala de lavado y secado de vehículos, para que flexibilice la operación, con esto se propone el modelo a simular.

El modelo propuesto es similar igual al modelo original solamente se modifican los recursos en los módulos de mantenimiento planificado y lavado y secado de vehículos.



**Figura 50.** Modelo de simulación propuesto

Fuente: Arena ®

#### 6.1.4 Ejecución del modelo

Para este modelo propuesto se utilizaron los mismos datos de entrada, es decir, las mismas distribuciones de probabilidad para las estaciones de trabajo, la longitud de la corrida no cambia ni el periodo de calentamiento. Solamente cambia la capacidad de los recursos, que aumentan en función a cumplir con el objetivo de aumentar la capacidad de los recursos para atender más vehículos por día, disminuir tiempo total de sistema y disminuir tiempo promedio en cola.

Es necesario calcular el número de réplicas mínimo necesario para obtener resultados adecuados para el sistema propuesto simulado. Por lo que se utilizó el mismo procedimiento del inciso 4.6.6.2; las fórmulas a partir de la mitad del ancho del intervalo y el uso de las distribuciones t- student (t) y curva de Gauss (Z).

Mediante el uso de una hoja de cálculo de Microsoft Excel se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 28.** Cálculo de réplicas para modelo propuesto

Réplicas	TIS
1	139,71
2	204,34
3	197,71
4	188,5
5	175,17
6	174,53
7	213,32
8	167,93
9	140,15
10	219,35
<b>Varianza:</b>	778,258
<b>Promedio:</b>	182,071
<b>alfa sobre 2</b>	0,025
<b>Error:</b>	18,207
<b>z (alfa/2)</b>	-1,960
<b>R0</b>	9

Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo realizado es necesario utilizar un mínimo de 9 réplicas para obtener el comportamiento adecuado del sistema.

**Tabla 29.** Comparación de número de réplicas para diferentes R iniciales

<b>R</b>	5
<b>t(0.025,r-1)</b>	3,495
<b>t(0.025,r-1)*S<sup>2</sup>/e<sup>2</sup></b>	8,206
El valor R es menor que la expresión, se debe aumentar R hasta alcanzar la desigualdad	
<b>R</b>	10
<b>t(0.025,r-1)</b>	2.685
<b>t(0.025,r-1)*S<sup>2</sup>/e<sup>2</sup></b>	6.304
Debido a que el R es mayor a la expresión se lo asume como el número de réplicas a realizar	

Elaboración propia.

El número de réplicas utilizado para obtener las métricas del sistema es 10, para para maximizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

### 6.1.5 Resultados del sistema simulado

Estas medidas de desempeño del sistema permiten evaluar como el aumento de capacidad de los recursos en las estaciones de trabajo, afecta al sistema en función a beneficiar el cumplimiento de los objetivos del proyecto de tesis.

- Número de vehículos atendidos por día: 17 autos
- TIS: tiempo que el vehículo está en el sistema:  
182.07 ± 19.96 Minutos
- TIQ: tiempo promedio que el vehículo está en cola:  
91.05 ± 19.16 Minutos
- WIP: el número promedio de vehículos en el sistema:  
11.34 ± 1.75 Autos
- Utilización: de los recursos en las estaciones de trabajo:
  - Asesor de servicio 1: 34.50 ± 2%
  - Asesor de servicio 2: 34.50 ± 2%
  - Operario de repuestos: 58.83 ± 3%
  - Operario de inspección 1: 69.01 ± 3%
  - Operario de inspección 2: 69.01 ± 3%
  - Operario Cambio de aceite y filtro: 88.09 ± 6%
  - Operario Mantenimiento Elevador 1: 92.36 ± 2%
  - Operario Mantenimiento Elevador 2: 92.36 ± 2%

Operario Mantenimiento Elevador 3:  $92.36 \pm 2\%$

Operario Mantenimiento Elevador 4:  $92.36 \pm 2\%$

Operario Mantenimiento Elevador 5:  $92.36 \pm 2\%$

Operario Mantenimiento Elevador 6:  $92.36 \pm 2\%$

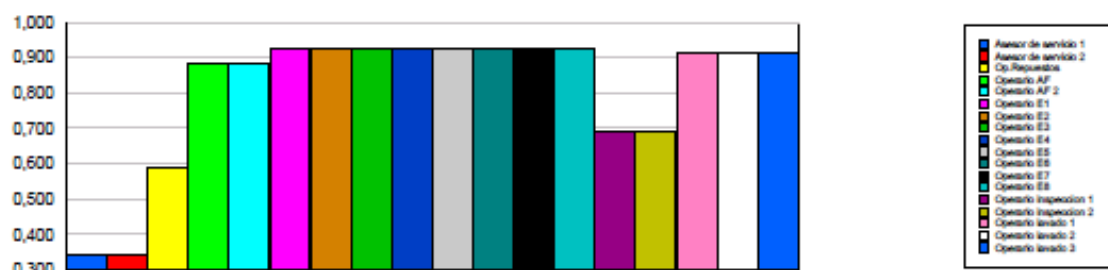
Operario Mantenimiento Elevador 7:  $92.36 \pm 2\%$

Operario Mantenimiento Elevador 8:  $92.36 \pm 2\%$

Operario de lavado 1:  $91.61 \pm 1\%$

Operario de lavado 2:  $91.61 \pm 1\%$

Operario de lavado 3:  $91.61 \pm 1\%$



**Figura 51.** Utilización de recursos modelo propuesto

Fuente: Arena ®

Al haber modificado las capacidades de los recursos, se obtuvo una mejora en las métricas de desempeño del sistema, simplemente con una reasignación de operarios a las estaciones de mantenimiento planificado, de lavado y de repuestos.

Estas modificaciones de capacidad influyen también en el traslado del flujo entre las estaciones de trabajo, puesto que si hay menor tiempo de espera y

un menor tiempo total en sistema, el flujo de vehículos así como de repuestos debe ser más eficiente para abastecer a las estaciones en el momento adecuado.

Los resultados generados por el software Arena ® para la simulación del sistema actual y del sistema propuesto, se presentan como Anexo 12: Resultados de sistemas de simulación.

## **6.2 Consideraciones adicionales para la planta de Quito Motors Matriz**

### **6.2.1 Consideraciones 5'S**

Las 5's, es una de las principales teorías de administración de instalaciones de almacenamiento, la cual trata de buscar una mejora continua tanto en empresas de manufactura como en servicios, la misma es una teoría que fundamental se enfoca en sentido común y bajo costo hacia el mejoramiento. Esta técnica de origen japonés, consiste en 5 pasos fundamentales, separar donde se tratar de diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo, ordenar, disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan como resultado después del paso uno, limpiar donde se trata de mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo, sistematizar en el cual se fortalecer el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores, estandarizar donde se trata de construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S mediante el establecimiento de estándares, políticas y adoptar comportamientos en favor del bienestar institucional.

Las consideraciones para una adecuada implementación de la herramienta 5'S se presenta en la tabla 30:

**Tabla 30.** Operaciones para desarrollo de herramienta 5'S

Seiri	Organizar
Seiton	Ordenar
Seiso	Limpiar
Seiketsu	Estandarizar
Shitsuke	Mantener

Fuente: Manual de implementación programa 5'S - <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/2.pdf>

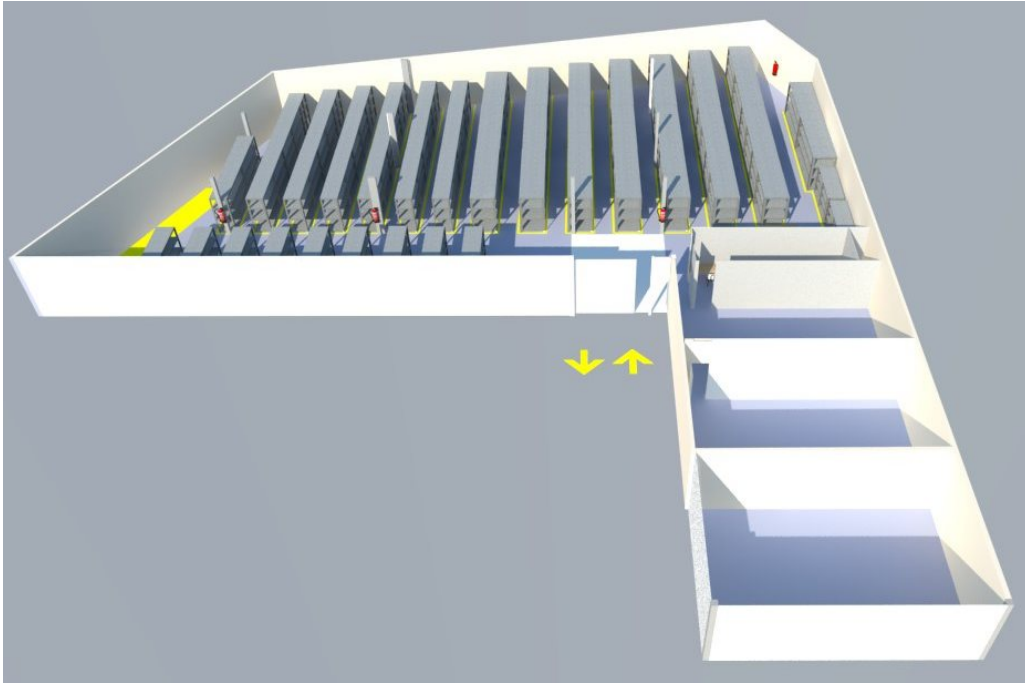
### 6.2.2 Instalaciones mejoradas con consideraciones 5'S

Las instalaciones escogidas para la implementación 5'S son:

- *Bodega de repuestos*
- *Elevadores para estación de mantenimiento*
- *Fosas para estación de mantenimiento*
- *Estación de lavado de vehículos*
- *Sala de reuniones*

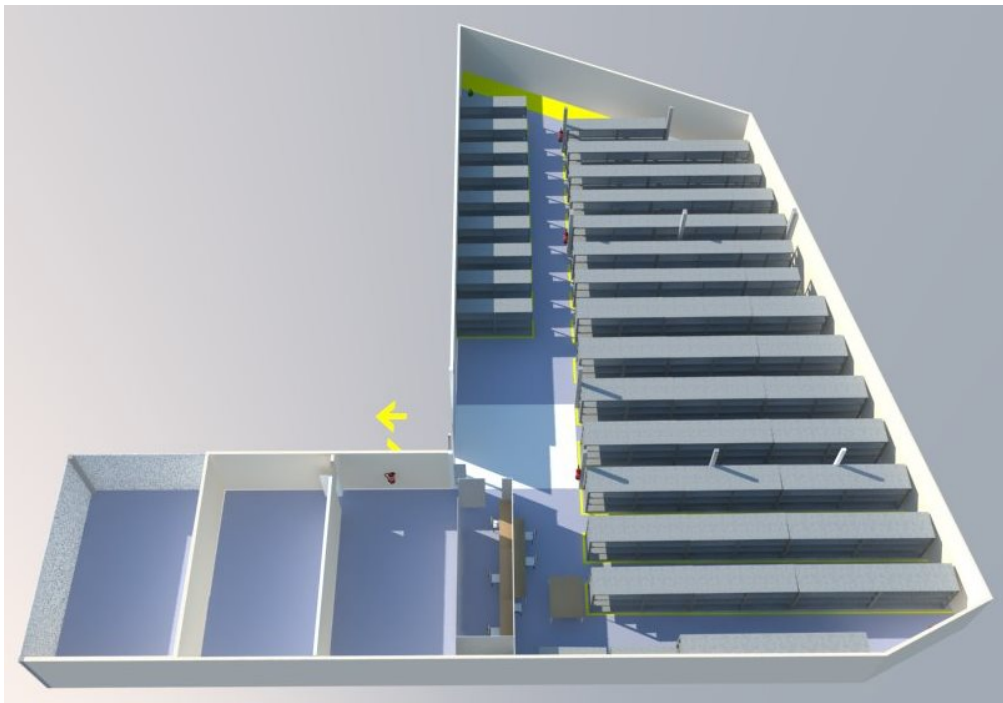
Estas instalaciones se encuentran muy desorganizadas, desordenadas y es importante realizar una limpieza, estandarizar en toda la planta las actividades de organización y limpieza para poder mantener esta actitud para que se convierta en un valor corporativo, solamente involucrando a todas las personas de la planta, se podrá generar un cambio institucional.

- ***Bodega de repuestos:***



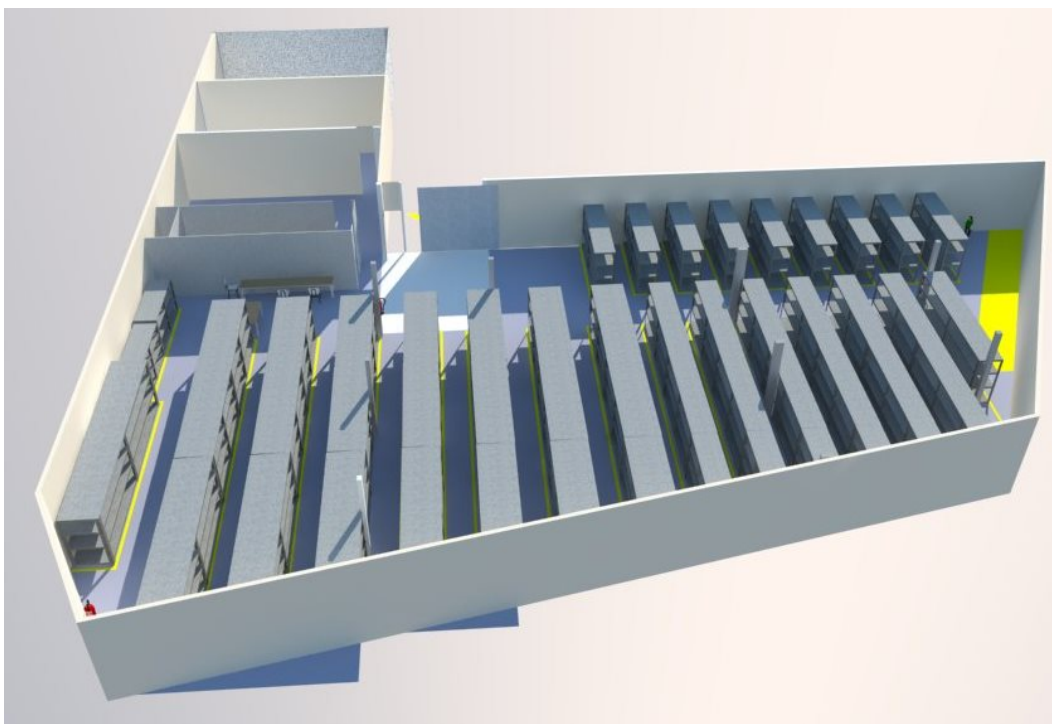
**Figura 52.** Bodega propuesta imagen 1

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 53.** Bodega propuesta imagen 2

Fuente: SketchUp 7 ®



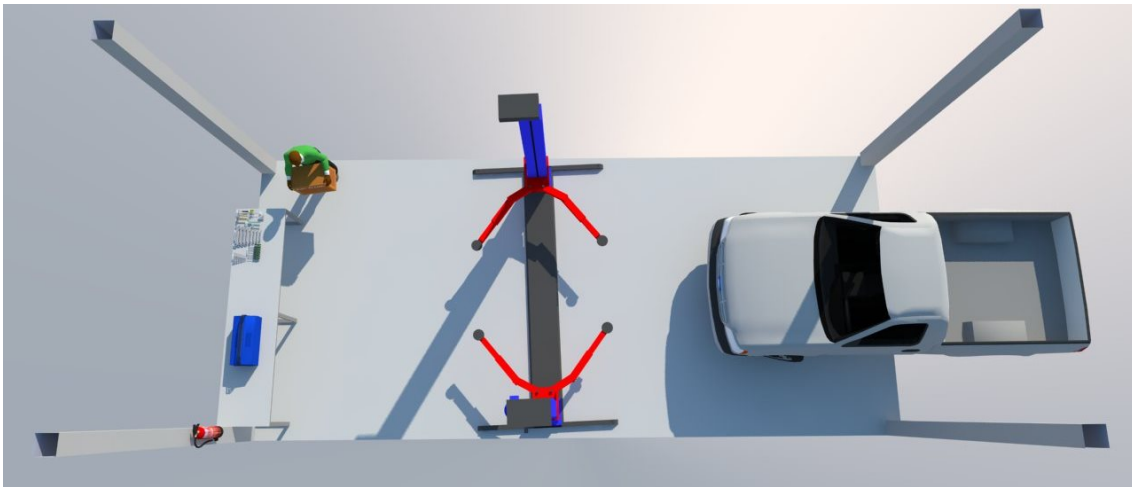
**Figura 54.** Bodega propuesta imagen 3

Fuente: SketchUp 7 ®

Para mejorar estas instalaciones es necesario implementar locaciones fijas de almacenamiento, conforme se presentó en el Anexo 11: Consideraciones de Almacenamiento Fijo para la Bodega de Quito Motors S.A.C.I., fomentar el orden, tener señalética en los pasillos que identifique de qué área se trata, además de delimitar los corredores con pintura amarilla de seguridad y un ancho de 10 cm; es importante considerar la señalética y los extintores para prevenir incendios.

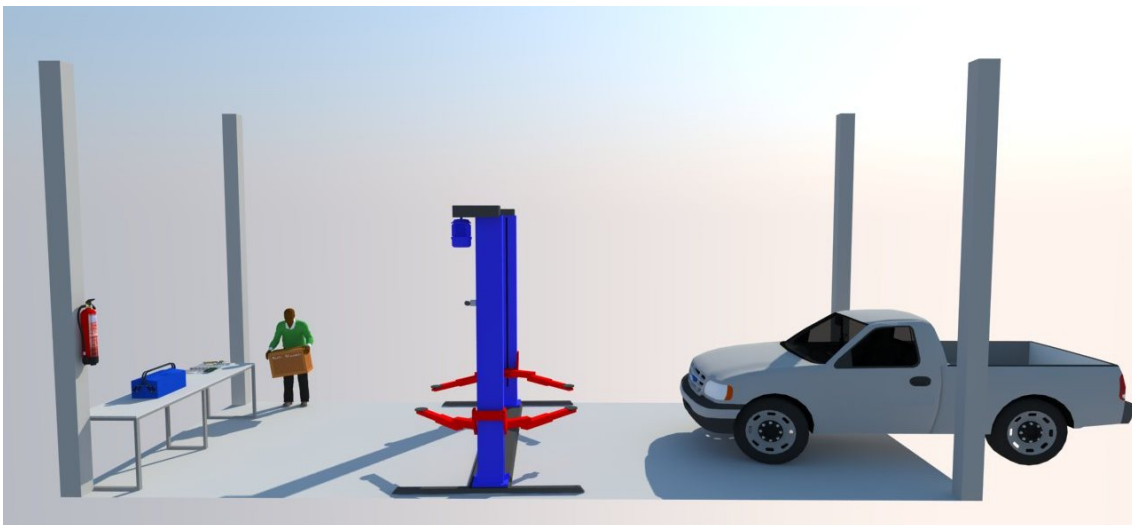


- *Elevadores para estación de mantenimiento*



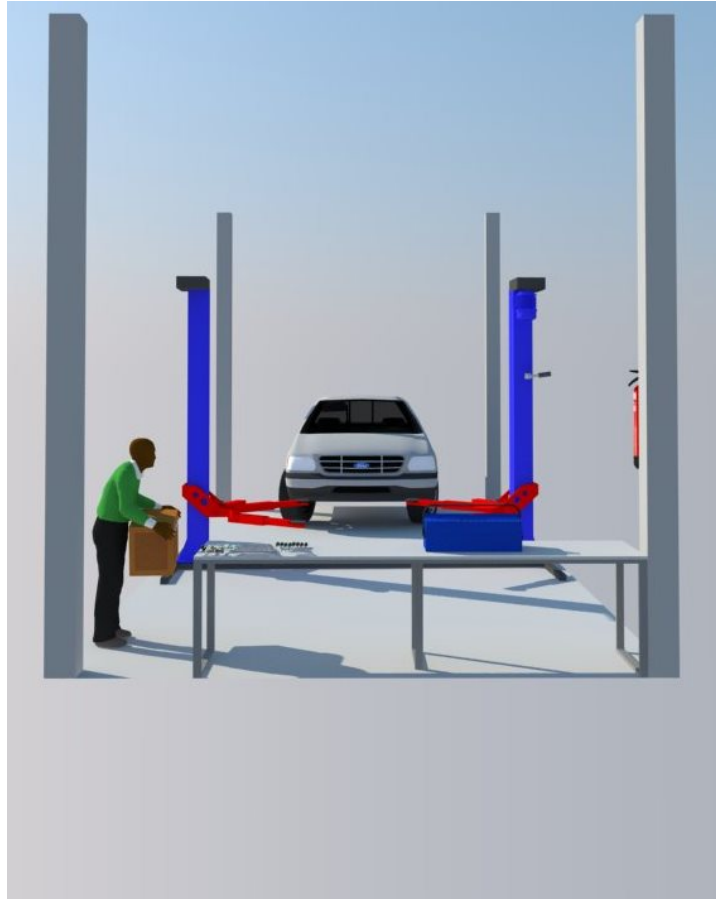
**Figura 55.** Elevador propuesto imagen 1

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 56.** Elevador propuesto imagen 2

Fuente: SketchUp 7 ®

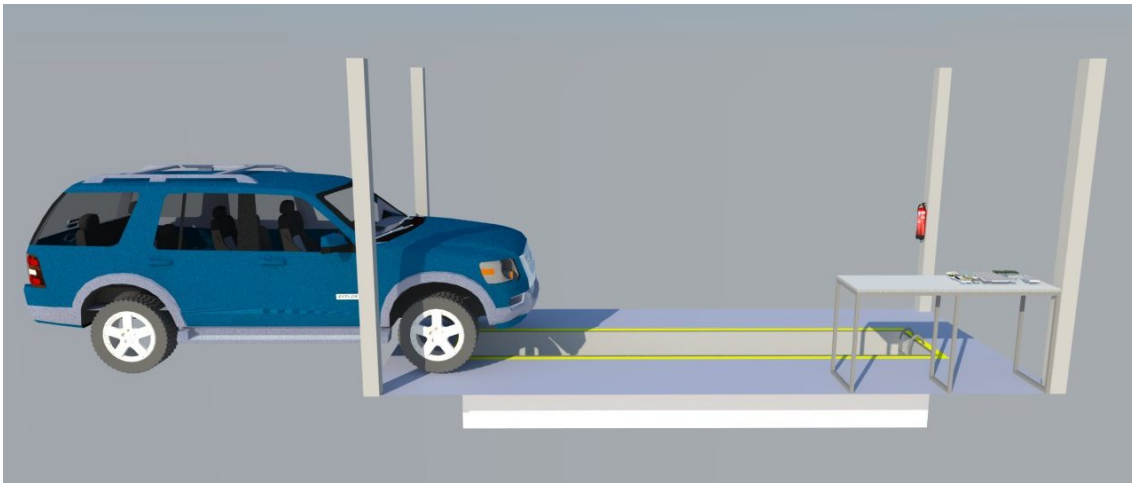


**Figura 57.** Elevador propuesto imagen 3

Fuente: SketchUp 7 ®

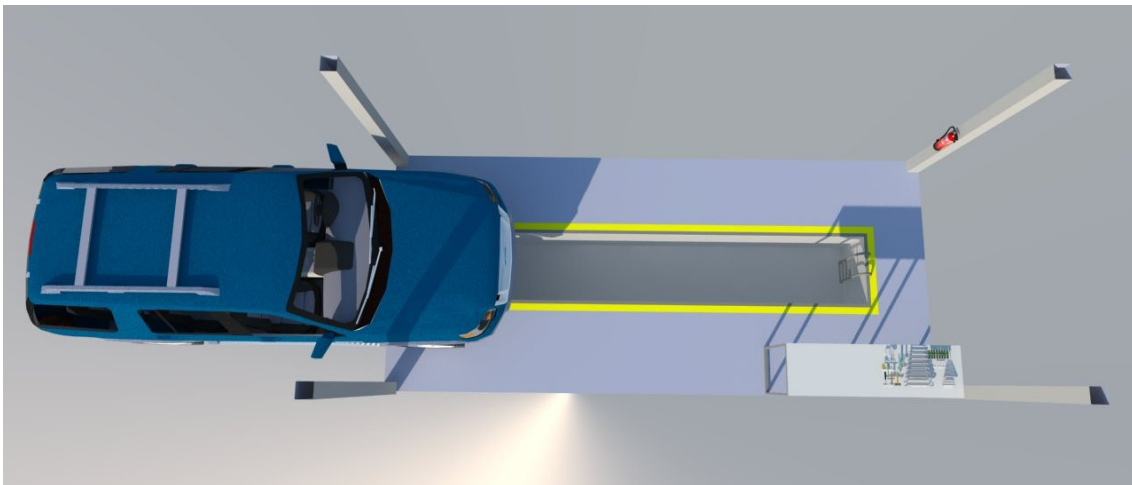
Es importante delimitar las áreas de los elevadores, de manera que no se produzcan accidentes al levantar o descender los vehículos, considerar la señalética, y mantener los extintores cerca para prevenir posibles incendios.

- *Fosas para estación de mantenimiento*



**Figura 58.** Fosa propuesta imagen 1

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 59.** Fosa propuesta imagen 2

Fuente: SketchUp 7 ®

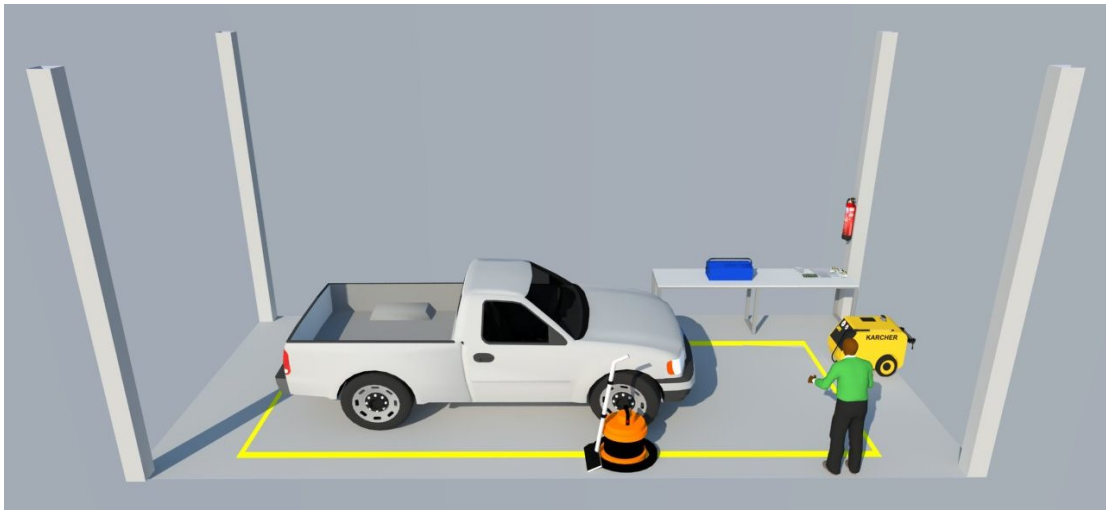


**Figura 60.** Fosa propuesta imagen 3

Fuente: SketchUp 7 ®

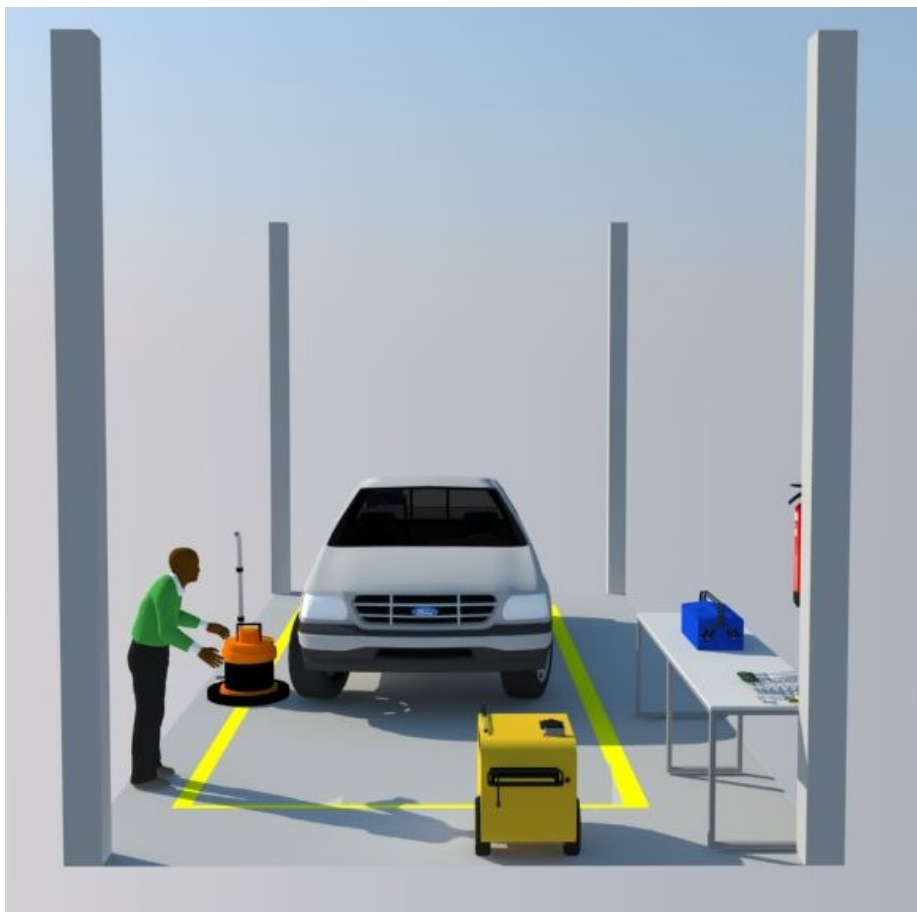
Las fosas deben tener delimitados con pintura de tránsito no solo los extremos de la estación de trabajo, sino también los extremos de la fosa, para evitar accidentes, estas deben tener limpieza continua porque se trabaja con aceites y lubricantes los cuales no solo ensucian, sino también son contaminantes y requieren de un adecuado desalojo. Es importante también utilizar gradillas aseguradas para evitar que el operario sufra algún accidente al bajar o subir de la fosa. Los extintores deben estar cercanos a las estaciones de este tipo para evitar posibles incendios.

- *Estación de lavado de vehículos*



**Figura 61.** Lavadora propuesta imagen 1

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 62.** Lavadora propuesta imagen 2

Fuente: SketchUp 7 ®

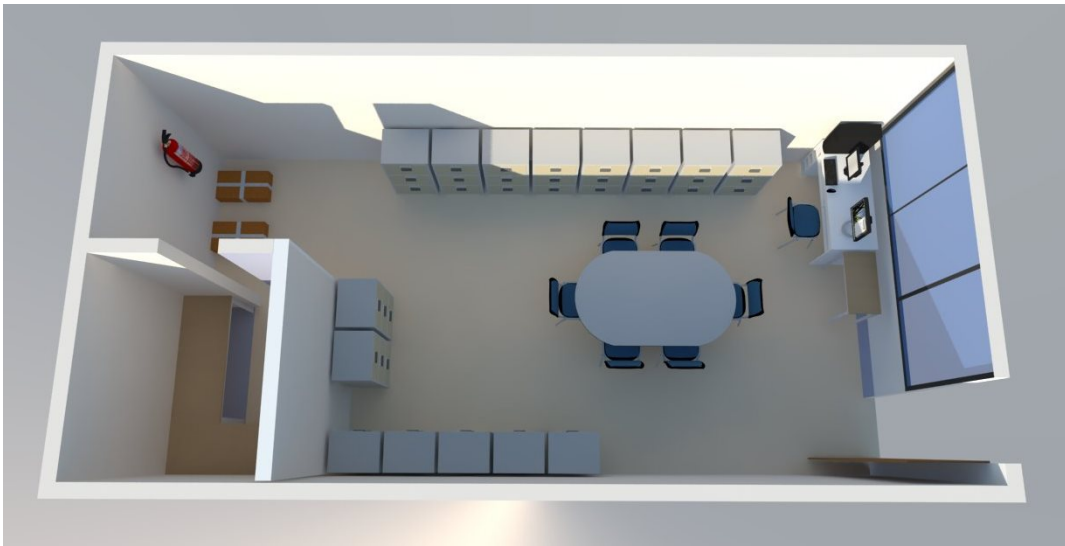
Es importante delimitar las áreas de la estación, además de considerar que debido a que se necesita agua para realizar el lavado, deben haber tomas de corriente seguras y caídas de agua para que esta vaya a los ductos que llevan a la estación de tratamiento de aguas para luego ser evacuadas al alcantarillado de la calle .Es importante considerar la señalética, guardar el orden, la limpieza y los extintores para prevenir posibles incendios.



**Figura 63.** Lavadora propuesta imagen 3

Fuente: SketchUp 7 ®

- *Sala de reuniones*



**Figura 64.** Sala de reuniones propuesta imagen 1

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 65.** Sala de reuniones propuesta imagen 2

Fuente: SketchUp 7 ®



**Figura 66.** Sala de reuniones propuesta imagen 3

Fuente: SketchUp 7 ®

Esta estación requiere que se considere un espacio cómodo para realizar las reuniones además de exista bastante orden de los papeles y documentos que se encuentran en los archivadores, es necesario también un extintor para prevenir posibles incendios.

Las estaciones mejoradas mediante el uso de software de diseño gráfico y dibujo como Google SketchUp, permiten mostrar cómo podrían quedar las instalaciones una vez realizadas las propuestas de organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y procurar mantenerlas de esa manera.

Para el caso de un taller de vehículos, es complicado mantener siempre las estaciones completamente limpias y organizadas, sin embargo, si se establece que toda la planta debe cuidar y mantener sus estaciones de trabajo como si fueran nuevas, haciendo compromiso con todos los miembros de la



organización, es posible; esto genera gran respaldo del cliente al taller, puesto que si el taller está limpio, organizado y atractivo a simple vista, el cliente siente más confianza de dejar su vehículo ahí.

## 7 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Para poder realizar la implementación del sistema propuesto, es necesario determinar las actividades, los costos y los tiempos necesarios. Para esto se utilizó la metodología del Instituto de Administración de Proyectos (PMI).

### 7.1 Project Charter del Proyecto

<b>Nombre del Proyecto</b>	IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE REDISEÑO DE INSTALACIONES PARA QUITO MOTORS MATRIZ	
<b>Sponsors</b>	Gerencia Administrativa Financiera de Quito Motors. S.A.C.I. Sucursal Quito Motors Matriz	
<b>Directores de Proyecto</b>	Ing. Ernesto Andrade Auditoria Interna Quito Motors S.A.C.I. Orlando Rivadeneira	
<b>Stakeholders</b>	Junta de accionistas de Quito Motors S.A.C.I. Quito Motors Matriz Clientes de Quito Motors	
<b>Descripción del Proyecto</b>		
El proyecto se basa en acondicionar las instalaciones del taller de Quito Motors Matriz, de manera que se pueda aumentar la capacidad de mantenimiento preventivo, disminuyendo los altos tiempos de ciclo y brindando mayor capacidad de servicio a los clientes de la organización.		
<b>Caso de Negocio</b>		
Es una iniciativa con fines de aumentar las ganancias de la organización al aumentar la capacidad de servicio del taller.		
<b>Clientes</b>	<b>Necesidades del Cliente</b>	
- Estado Ecuatoriano. - Clientes corporativos. - Clientes particulares.	- Realizar el mantenimiento planificado de sus vehículos en menor tiempo y a menor costo. - Garantizar que los trabajos realizados en el taller sean de mayor confiabilidad y tengan garantía.	
<b>Definición del Proyecto</b>		
<b>Metas del Proyecto</b>	Utilizar la menor cantidad de recursos posible para el desarrollo de los mantenimientos. Reducir los altos tiempos de ciclo para las actividades de mantenimiento planificado en el taller.	

	<p>Mejorar la comunicación interna entre los departamentos de servicio post venta.</p> <p>Desarrollo del servicio de manera eficiente.</p> <p>Reducir costos operativos al disminuir tiempos inactivos de operarios.</p> <p>Ofrecer un mejor servicio a los clientes.</p>
<b>Alcance del Proyecto</b>	<p>El proyecto tendrá como objetivo aplicar el programa de reacondicionamiento de las instalaciones en un período de tres semanas aproximadamente desde el sábado 29 de junio del 2013 hasta el 14 de julio de 2013.</p> <p>Inicialmente, se procederá al acondicionamiento estético de las instalaciones del taller, reacondicionar los departamentos con pintura, eliminación de humedad, corrección de paredes y limpieza profunda.</p> <p>La segunda etapa es el intercambio de los departamentos, adecuaciones considerando los requerimientos de espacio y finalmente instalación de maquinaria necesaria para cada localidad.</p>
<b>Entregables del Proyecto</b>	<p>Se entregará reportes semanales con el avance del proyecto a los directivos de la empresa, gerencia financiera y directores del proyecto.</p> <p>Además, entregar un informe conciso final a la junta de accionistas de Quito Motors S.A.C.I. Y un informe de las adecuaciones realizadas con los nuevos planos al Municipio de Quito, para legalizar la nueva disposición de las instalaciones.</p>
<b>Restricciones del Proyecto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proyecto deberá ser implementado en un periodo de tres semanas aproximadamente iniciando desde junio 29 del 2013 a julio 14 del 2013.</li> <li>- Completar los trámites requeridos por el municipio de Quito en un período máximo de un mes.</li> <li>- Implementar el proyecto con las restricciones de gastos aprobadas por la Gerencia Administrativa Financiera de la organización.</li> </ul>	

<b>Costos Totales</b>		
Mano de Obra:	Maestro de obras:	1245.00 USD por obra
	Operarios albañiles:	3975.00 USD por obra
	Operarios pintores:	3450.00 USD por obra
Proforma 1: TRECX CIA. LTDA. (*)		3248.58 USD
Proforma 2: KYWI S.A.		3445.10 USD
Legalización de documentos:		500.00 USD
Realización de plan de contingencia para bomberos:		2684.18 USD
Señalética e instalación:		889.46 USD
<u>Costo Total del proyecto:</u>		15992.22 USD
<b>Consideraciones adicionales:</b>		
Utilidad (15%):		2398.83 USD
Imprevistos / adicionales (5%):		799.61 USD
IVA (12%):		2302.88 USD
<b>Total:</b>		<b>21493.55 USD</b>
<b>Plan de Comunicación</b>		
<p>Semanalmente se detallará el avance del proyecto en relación a costos y manejo de recursos, a través de los reportes, para después analizarlo entre los integrantes del proyecto. El análisis financiero y los resultados serán entregados semanalmente a los directivos de la organización. Mantener una relación activa entre los integrantes del proyecto y el personal contratado, que permita identificar problemas que puedan presentarse o proponer iniciativas para mejorar el desarrollo del proyecto.</p>		
<b>Manejo de Cambios/Problemas</b>		
<p>Se realizará una reunión inmediata entre los directores del proyecto para analizar los problemas que se presenten y tomar medidas pertinentes. Se establecerán planes de acción ante los diferentes riesgos que puedan presentarse.</p>		

<b>Responsables</b>		
<b>Miembros del equipo</b>	<b>Roles</b>	<b>Responsabilidades</b>
Ing. Ernesto Andrade	Director de proyecto	- Realizar análisis semanales del desarrollo del proyecto. - Inspeccionar el cumplimiento de entregables y metas.
Auditoria Interna QMM	Director de proyecto	- Mediar los avances con la junta directiva, verificar los presupuestos y el avance del proyecto.
Orlando Rivadeneira	Director de proyecto	- Elaborar planes de contingencia en caso de que se presenten cambios en el proyecto.
Arquitecto	Mediador con el Municipio Metropolitano de Quito.	- Agilizar el proceso de legalización del proyecto y aprobación de las instalaciones propuestas.
<b>Riesgos</b>		
<p>Los principales riesgos que pueden afectar el desempeño del proyecto son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de financiamiento.</li> <li>- Desaprobación por parte del Municipio Metropolitano de Quito.</li> <li>- El producto no sea aprobado por la junta directiva de Quito Motors S.A.C.I.</li> <li>- Retraso en los trámites legales requeridos.</li> </ul>		

## 7.2 Declaración del alcance del proyecto

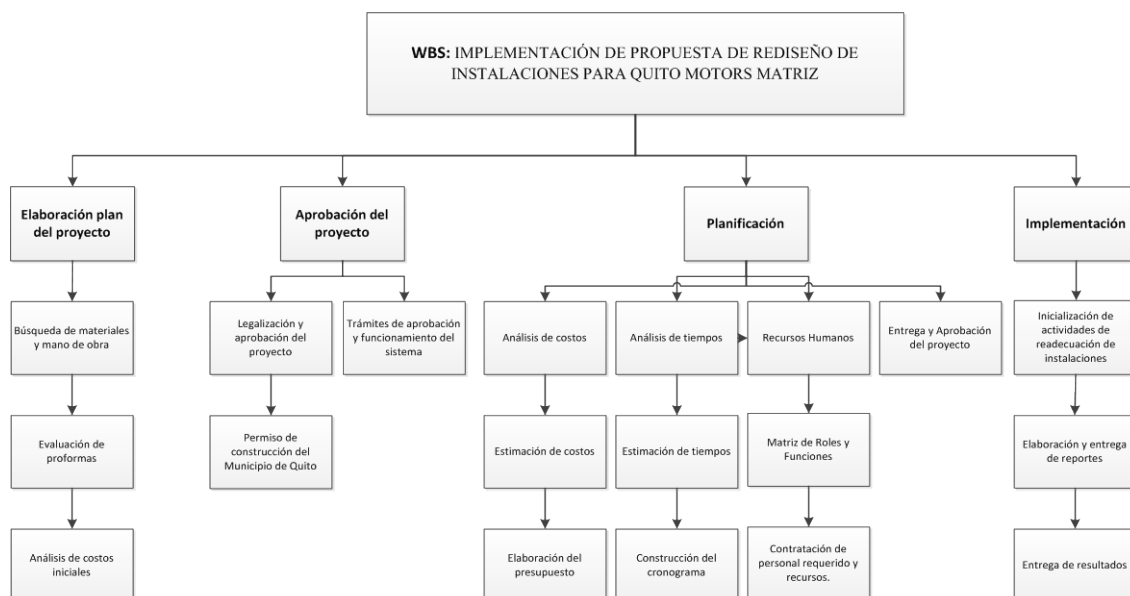
<b>ENTREGABLE FINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN/DETALLES</b>	<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b>
Entregar las instalaciones del taller matriz, totalmente adecuadas para un funcionamiento más eficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El reacondicionamiento de las instalaciones debe mejorar el flujo de vehículos, operarios, repuestos e información entre los departamentos de la planta taller.</li> <li>- Entregar un informe final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las instalaciones deben cumplir con todos los requerimientos de seguridad industrial y salud ocupacional, establecidos por el Municipio de Quito.</li> <li>- Los nuevos planos de la instalación deben estar</li> </ul>

	<p>con el detalle de costos de la realización del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El desarrollo del proyecto se llevará a cabo desde 29 de junio de 2013 a 14 de julio de 2013.</li> </ul>	<p>inscritos en el Municipio de Quito.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las instalaciones deben estar sujetas a la aprobación de la junta directiva de Quito Motors S.A.C.I.</li> </ul>
<b>ENTREGABLE PARCIAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b>
Desarrollo del plan del proyecto y reacondicionamiento inicial de las instalaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer los costos del proyecto utilizando proformas de mano de obra y de materiales.</li> <li>- Iniciar el reacondicionamiento, de acuerdo a la planificación establecida.</li> <li>- Determinar los costos iniciales para iniciar las actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar los costos de manera eficiente, utilizar materiales de buena calidad para maximizar la durabilidad y mano d obra calificada para evitar tiempos innecesarios.</li> <li>- Detallar los posibles costos y tiempos de ejecución de las actividades.</li> </ul>
Aprobación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Legalización y aprobación del proyecto por parte del Municipio Metropolitano de Quito.</li> <li>- Proyecto aprobado por la junta directiva de Quito Motors S.A.C.I.</li> <li>- Búsqueda de empresas que puedan financiar el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Involucrar al Arquitecto de la organización y a los representantes legales para realizar todos los trámites requeridos en un período no mayor a un mes y medio.</li> <li>- Lograr la aprobación de los beneficiarios del proyecto.</li> <li>- Determinar la mejor manera de realizar el reacondicionamiento de las instalaciones.</li> </ul>
Planificación del Proyecto y adquisición de los recursos necesarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimación de los costos totales del proyecto.</li> <li>- Elaboración del cronograma.</li> <li>- Calendarización de actividades necesarias para el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La asignación de recursos es adecuada.</li> <li>- Todas las actividades son desarrolladas en los tiempos establecidos.</li> </ul>

	<p>proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignación de tareas y adquisición y/o contratación de recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar un plan logístico eficiente que permita abastecerse de los materiales necesarios.</li> <li>- Constatar el correcto funcionamiento de la maquinaria relocalizada.</li> <li>- Verificar que se cumplan las metas del proyecto.</li> </ul>
Implementación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar las adecuaciones necesarias diariamente.</li> <li>- Entrega de reportes semanales a los directores de la junta de accionistas y a los directores del proyecto.</li> <li>- Entrega de reporte final al Municipio Metropolitano de Quito, y a los sponsors del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de materiales y recursos necesarios para la implementación del proyecto.</li> <li>- Entrega de las instalaciones con las nuevas capacidades para los departamentos.</li> <li>- Reestructuración del plan de proyecto en caso de ser necesario.</li> </ul>

### 7.3 Estructura de Desglose de Trabajo (WBS) del proyecto

El WBS organizacional propuesto para el proyecto se muestra en la figura 62:



**Figura 67.** WBS Organizacional

Elaboración propia

Es necesario describir las acciones a tomar en cada paso, por lo que se presenta a continuación el diccionario para el WBS del proyecto.

## 7.4 Diccionario WBS para el proyecto:

### 1. Elaboración del plan de proyecto:

1.1. Buscar proveedores que se comprometan con el proyecto y con la organización, de manera que los materiales deben cumplir con los estándares de calidad y durabilidad. La mano de obra debe ser calificada para garantizar el cumplimiento de los tiempos del proyecto y además garantizar los resultados de su trabajo.



1.2. Evaluación de proformas: para determinar que producto es el que se debe aplicar y el que requiere la instalación, además de analizar la mano de obra en base a la experiencia y al compromiso que tengan con la organización.

1.3. Análisis de costos: determinar cuáles son los costos iniciales del proyecto, para determinar las actividades necesarias para poner en marcha las operaciones de reacondicionamiento.

## **2. Aprobación del proyecto:**

2.1. Legalización y aprobación del proyecto: determinar si la junta de accionistas de Quito Motors S.A.C.I. está de acuerdo con los presupuestos y da su aprobación y la del representante legal para poder validar los documentos en las instancias de control necesarias.

2.2.1. Obtención de permisos del Municipio de Quito: se debe documentar los planos, llenar los formularios y solicitar el permiso de construcción para modificaciones de la planta taller en el Municipio de Quito. Los planos deben contar con el sello y firma del representante legal de la organización, así como también con las del Arquitecto.

2.2. Trámites de aprobación y funcionamiento del sistema: se requiera la aprobación por escrito de la Gerencia Administrativa Financiera para que apruebe los gastos involucrados con el proyecto.

## **3. Planificación:** se deben determinar:

3.1. Costos: estimar cuanto va a costar el proyecto.

3.2. Tiempos: estimar el tiempo de entrega del proyecto.

3.3. Matriz de roles y funciones: determinar la estructura funcional de la organización.

3.4. Entrega y aprobación del proyecto: de esta parte se encarga el MIES, puesto que es el responsable

**4. Implementación:** se debe reacondicionar las instalaciones, entregarlas y determinar el impacto del proyecto.

El WBS realizado en Microsoft Project ® con las consideraciones de tiempos para cada actividad, se presenta como Anexo 13: WBS Implementación de Propuesta de Rediseño de Instalaciones para Quito Motors Matriz.

Juntamente se presenta el Diagrama de Gantt y una matriz de roles y funciones para el desempeño del proyecto.

## 7.5 Administración de costos

Para un correcto desempeño del proyecto, es necesario identificar los costos involucrados en el mismo, para lo cual se realizó una matriz de costos. Esta matriz toma en consideración los costos de mano de obra requerida para las actividades del proyecto y los materiales e insumos necesarios para la construcción de las instalaciones.

**Tabla 31.** Costos de mano de obra y materiales para implementación del proyecto

<b>Mano de Obra:</b>				
<b>No.</b>	<b># Operarios</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	1	Maestro de obras	\$ 1245,00	\$ 1.245,00
2	5	Operarios albañiles	\$ 795,00	\$ 3.975,00
3	5	Operarios pintores	\$ 690,00	\$ 3.450,00
4	1	Arquitecto	\$ 500,00	\$ 500,00
		Subtotal:		\$ 9.170,00

<b>Materiales:</b>				
<b>No.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	10	Canecas de pintura BP1-30 satinada	\$ 111,51	\$ 1.115,10
2	5	Canecas de pintura IC3-98 satinada	\$ 120,50	\$ 602,50
3	5	Canecas de pintura B74-L esmalte	\$ 101,75	\$ 508,75
4	3	Canecas de Thinner	\$ 8,80	\$ 26,40
5	10	Galones de lavador industrial multiuso	\$ 10,23	\$ 102,30
6	8	Rodillos de felpa cabo rojo	\$ 3,37	\$ 26,96
7	5	Brochas 4" cabo blanco	\$ 4,18	\$ 20,90
8	3	Lianas	\$ 3,73	\$ 11,19
9	8	Paquetes de waipes	\$ 0,66	\$ 5,28
10	10	Cintas masking de 2"	\$ 2,19	\$ 21,90
11	3	Sacos de empaste para exteriores de 25 kg	\$ 20,19	\$ 60,57
12	4	Canecas de pintura de tráfico amarilla	\$ 93,79	\$ 375,16
13	4	Galones de ácido muriático (muriatol)	\$ 10,29	\$ 41,16
14	2	Galones de Plastmont	\$ 18,63	\$ 37,26
15	30	Metros de plástico	\$ 1,28	\$ 38,40
		Proforma 1:		\$ 3.248,58
		Proforma 2:		\$ 3.445,10
		Total Máximo:		\$ 12.615,10
		Total Mínimo:		\$ 12.418,58

Elaboración propia

## 7.6 Administración de riesgo

Para determinar contingencias a posibles y probables riesgos que puedan presentar durante y al finalizar el proyecto, se realizó la matriz de riesgos para el proyecto. La matriz se presenta como tabla 32.

**Tabla 32.** Matriz de riesgos para el proyecto

<b>Riesgo</b>	<b>Posibles respuestas</b>	<b>Plan de acción</b>	<b>Responsable</b>
Falta de colaboración de los directivos de Quito Motors S.A.C.I.	Plan B / Evitarlo: Firmar un contrato de compromiso con la empresa patrocinadora	Realizar una reunión con los sponsors del proyecto para establecer los lineamientos del contrato.	Director de costos: Ing. Ernesto Andrade
Materiales insuficientes para continuar el proyecto	Plan A/ Transferirlo: Conseguir los materiales requeridos para continuar con el reacondicionamiento. Pagar el costo de transporte y de los materiales adicionales.	Incluir un presupuesto de emergencia en caso de que exista un imprevisto.	Director de RRHH: Orlando Rivadeneira. Director de Costos: Auditoria Interna QMM
	Plan B/ Evitarlo: Realizar un control de inventario semanal. Establecer límites de reabastecimiento y suplir los materiales de ser necesario.	Inspeccionar semanalmente el inventario. Realizar pronósticos para adquirir los materiales antes de que se produzca un desabastecimiento.	Director de Planeación: Ing. Ernesto Andrade  Director de costos: Auditoria Interna QMM
La junta directiva de Quito Motors S.A.C.I. no está conforme con el resultado del proyecto	Plan A/ Evitarlo: Realizar charlas con los directivos de la organización, mostrando los beneficios que se obtienen con el reacondicionamiento de las instalaciones.	Realizar una exposición en la que se muestren los nuevos resultados del taller contrastando los resultados anteriores. Tiempos de ciclo, utilización de áreas, capacidad de atención.	Director de RRHH: Orlando Rivadeneira
El proyecto no es aprobado por el Ministerio de Inclusión Económica y Social	Plan A/ Reducirlo: Contratar personal adicional que permita agilizar los trámites requeridos para ejecutar el proyecto.	Acercarse previamente al Municipio Metropolitano de Quito para pedir los formularios necesarios. Definir los requerimientos faltantes para legalizar los nuevos planos.	Director de RRHH: Orlando Rivadeneira. Director de planeación: Ing. Ernesto Andrade

Elaboración propia

### 7.7 Administración de abastecimientos

Para determinar los tipos de contratos y los pagos por paquetes de honorarios profesionales, juntamente con los proveedores de servicios, materias

e insumos, se construyó una matriz de abastecimiento que se presenta a continuación:

**Tabla 33.** Matriz de abastecimientos para el proyecto

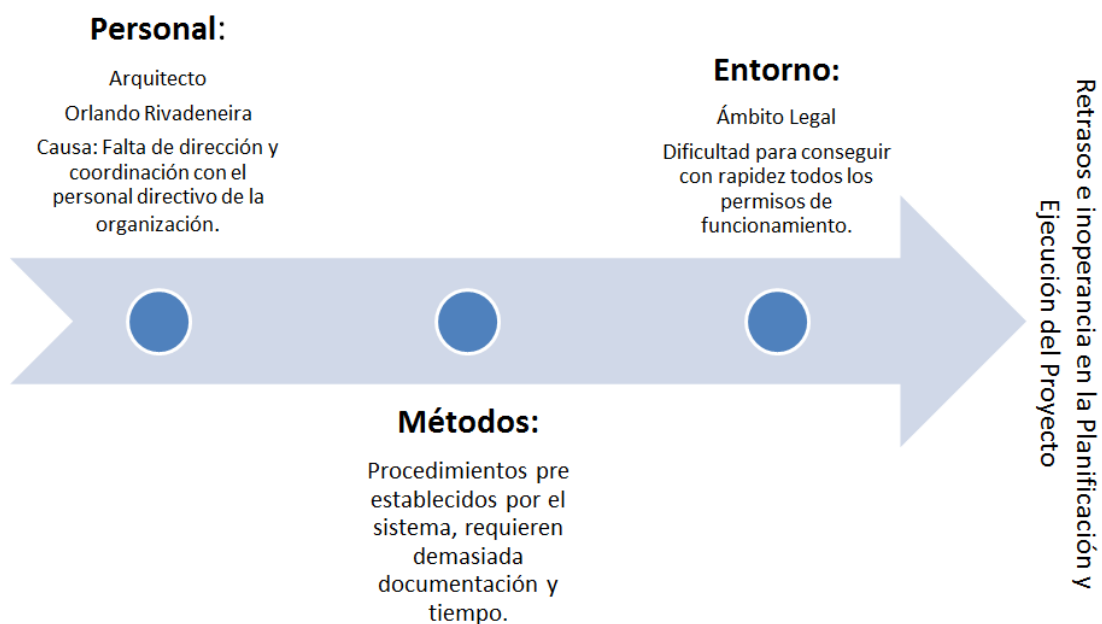
CVE	WBS	PAQUETES DE CONTRATACIÓN			
		Gerencia de Proyectos	Paquete de legalización	Adquisición de recursos	Contrato personal y producción
1	Elaboración del Plan de Proyecto				
1.1	Búsqueda de materiales y mano de obra	X			
1.2	Evaluación de proformas	X			
1.3	Análisis de costos iniciales	X			X
2	Aprobación del Proyecto				
2.1	Legalización y aprobación del proyecto		X		
2.1.1	Permiso de construcción del Municipio de Quito		X		
2.2	Trámites de aprobación y funcionamiento del sistema		X		
3	Planificación del proyecto				
3.1	Análisis de costos iniciales	X			
3.1.1	Estimación de costos	X			
3.1.2	Elaboración de Presupuesto	X			
3.2	Análisis de Tiempos	X			
3.2.1	Estimación de tiempos	X			
3.2.2	Construcción del cronograma	X			
3.3	Recursos Humanos	X			
3.3.1	Matriz de roles y funciones	X			
3.3.2	Contratación de personal y recursos			X	
3.4	Entrega y Aprobación del proyecto		X		
4	Implementación del Proyecto				
4.1	Inicialización de actividades de readecuación de instalaciones				X
4.2	Elaboración y entrega de reportes		X		
4.3	Entrega de resultados	X			

ESQUEMAS DE CONTRATACIÓN	GERENCIA DE PROYECTOS CON 4 CONTRATOS PRINCIPALES			
TIPO DE CONTRATO	Interno	Precio máximo garantizado	Precio Fijo	Precio Fijo
FORMA DE PAGO	Interno	Entregables parciales	Recursos Ejercidos	Recursos Ejercidos
IMPORTE APROPIADO	0	0	3248,58	7770
ANTICIPO APROPIADO	0%	0%	100%	50%
FECHA DE CONCURSO	Asignación	Asignación	Asignación	Asignación
FECHA DE CONTRATACIÓN	01-jul-13	01-jul-13	22-jul-13	24-jul-13

Elaboración propia

## 7.8 Administración de calidad

Para determinar el potencial riesgo de inoperancia de la organización, se realizó un análisis causa y efecto para determinar posibles causas que afecten al proceso de obtención de documentos de regularización organizacionales; dicho análisis se presenta como en la figura a continuación:



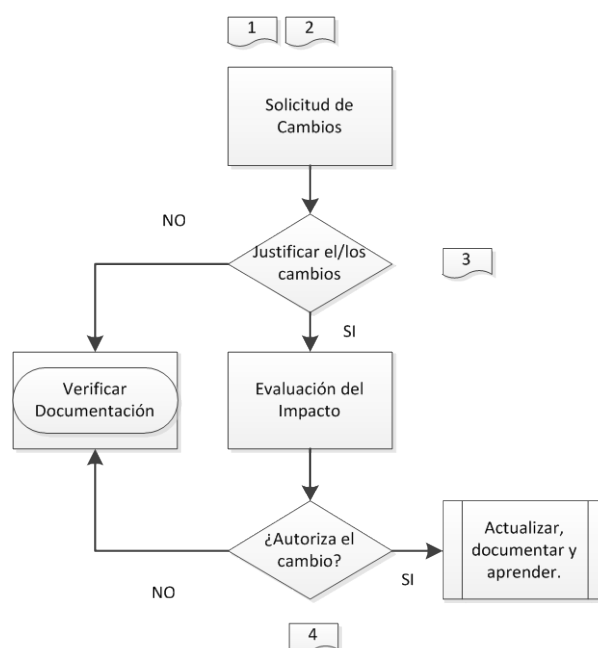
**Figura 68.** Diagrama de causa y efecto para retrasos e inoperancia en la planificación y ejecución del proyecto

Elaboración propia

## 7.9 Administración de integración

El objetivo de esta fase es lograr una concatenación de las diferentes actividades dentro y entre los departamentos, para lo que se debe implementar un sistema integral de control de cambios, que permita responder de manera eficiente y oportuna a los cambios que puedan presentarse durante la ejecución del proyecto.

Debe existir una orden formateada, que sirva para presentar los cambios, de manera que sirva para la comunicación, control y re-planificación; de esta manera se garantiza la pronta respuesta al cambio y el control eficiente de los mismos.



**Figura 69.** Diagrama de flujo para respuesta al cambio y aprendizaje organizacional

Elaboración propia

**Documentos:**

- 1: Solicitud formal de cambio; mediante el formato impuesto por la empresa; explicando claramente cuáles son los cambios a realizar, justificar claramente la situación actual y modificaciones propuestas.
- 2: Copia de la solicitud de cambio.
- 3: Documento pre-aprobatorio de la situación de cambio, después de haberlo justificado con los responsables del área de planeación y las áreas involucradas en el cambio.
- 4: Documento final; reporte presentado donde se debe señalar la actualización de costos, tiempos, documentos previos y modificados, además de gestionar el aprendizaje y cambio.

**Instrucciones:**

Proceso de Actualizar, documentar y aprender: Gestión de Cambio; seguir paso a paso las recomendaciones del PMI, para la gestión de cambio en función a los tiempos, costos, recursos e incentivos; para obtener el mayor provecho y la mejor manera de gestionar un cambio para obtener el objetivo final, al mejor costo, en el menor tiempo y con la mejor utilización de recursos.

**7.10 Análisis beneficio – costo para determinación de factibilidad del proyecto:**



Es necesario determinar si el beneficio del proyecto es mayor al costo, por lo que utilizando un costo promedio de un mantenimiento de 120 USD, se procede a realizar el siguiente cálculo:

$$BC: \frac{\text{Costo de mantenimiento promedio} * \# \text{vehículos no atendidos mensualmente}}{\text{Costo de implementación del proyecto}}$$

(7.10.1) (PYMES FUTURO, 2013)

Donde:

Costo de mantenimiento promedio: 120 USD por vehículo

Número de vehículos no atendidos mensualmente: 160 vehículos

Costo de implementación del proyecto: 15.481,04 USD

$$BC: \frac{150 \frac{\text{USD}}{\text{vehículo}} * 160 \frac{\text{vehículos}}{\text{mes}}}{21493.55 \text{ USD}}$$

BC: 1.12

Con este análisis se puede concluir que es factible implementar el proyecto, puesto que la implementación tiene un costo inferior al costo de no atender vehículos. Es determinante aumentar la capacidad del sistema de manera que el taller pueda disminuir los tiempos de ciclo para los mantenimientos, aumentar la capacidad de los procesos de mantenimiento planificado y además maximizar la cantidad de vehículos atendidos mensualmente, el proyecto está en capacidad de generar mayor ingresos a la organización.

## **8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 Conclusión general**

Mediante el análisis de los tiempos de mantenimiento para los vehículos escogidos para el estudio, se pudieron determinar los problemas de la planta taller, de manera que al realizar diagramas se pudieron asignar causas a los mismos; sin embargo, fue necesario rediseñar las instalaciones que actualmente tienen una eficiencia de adyacencia normalizada de 30% aproximadamente, a una instalación propuesta con una eficiencia del 52% aproximadamente. Adicionalmente fue necesario realizar un aumento de capacidad a los recursos de la planta taller, de manera que las métricas del desempeño de la planta propuesta sean mejor que las del sistema actual.

### **8.2 Conclusiones específicas**

Se determinó que existen dos tipos de flujo a través de los departamentos de la planta taller, se análisis mediante diagramas los recorridos de los mismos en las instalaciones.

Se mapearon los procesos de mantenimiento planificado, lo cual fue fundamental para la elaboración de los sistemas de simulación que permitieron definir las métricas del sistema actual para ser mejoradas con una propuesta de aumento de capacidad.

Mediante el estudio de tiempos y su análisis con los temparios de 5000 Km, se pudo determinar que hay varios factores que impiden que los tiempos de ciclo establecidos por la marca FORD se cumplan; esto también está vinculado al flujo ineficiente de vehículos y repuestos en el sistema.

Mediante el uso de algoritmos para rediseño de plantas, se realizaron 4 propuestas de instalaciones, sin embargo, al momento de evaluar cuál era la mejor, se escogió la alternativa que era generada por el algoritmo SLP y mejorada con un algoritmo CRAFT, como resultado se pudo mejorar la eficiencia en 22% aproximadamente.

Al aumentar la capacidad del sistema las métricas de número de vehículos atendidos aumenta, el Tiempo promedio en cola disminuye, el tiempo total en sistema disminuye y la utilización disminuye de manera que permite que los recursos tengan mayor flexibilidad para atender entidades; esta flexibilidad puede ser de gran ayuda para disminuir la cantidad de trabajo en proceso que hay en la planta.

En el plan de implementación del proyecto se estableció que con un costo de 24493.55 USD aproximadamente, en un lapso de 62 días a partir del lunes 1ero. De julio de 2013, se podrían reacondicionar las instalaciones en función a las consideraciones de espacio resultantes del rediseño de instalaciones, las modificaciones de la bodega y de las estaciones de mantenimiento y además se pueden implementar políticas de organización, orden, limpieza, estandarización y mantenimiento para que las estaciones permanezcan en las mejores condiciones a lo largo del tiempo.

Mediante un análisis beneficio – costo, se pudo determinar que los ingresos son significativamente mayores al costo de refaccionar las instalaciones del taller, lo cual traería mayores ingresos a la organización.

### **8.3 Recomendaciones**

Dentro de la planta las herramientas manuales con las que los operarios realizan las operaciones de mantenimiento no siempre se encuentran disponibles cuando es necesario, algunos operarios no disponen de las mismas y muchas de las herramientas tienen poca durabilidad; dado que Quito Motors representa a FORD, cuyos vehículos están dentro del segmento medio y alto de la economía de las familias ecuatorianas, es necesario mejorar la calidad del equipo utilizado y además equipar a todos los operarios para que estén en capacidad de realizar cualquier tarea en cualquier momento del trabajo.

Es importante también actualizar los manuales de procedimientos, de manera que las operaciones de mantenimiento sean estandarizadas, así se puede reducir la variabilidad en las operaciones, disminuir los tiempos de ciclo y además reducir el ruido que hay en el sistema.

**Bibliografía y referencias:**

Anuario. (2010). Cifras. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE).

Primer Volumen. Extraído de:

[http://www.aeade.net/web/index.php?option=com\\_content&view=article&id=145&Itemid=80](http://www.aeade.net/web/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=80) en 7 de junio de 2013.

Alonso, R. (2008). Gestión de ambiente, productividad y manejo del flujo en instalaciones industriales. España. Editorial Club Universitario.

Andrade, E. (2012). Juan Pablo Montenegro [Entrevista a Gerente de Servicio – Quito Motors S.A.C.I.]

Arciniegas, W & Sánchez, V. (2012). Propuesta de rediseño de layout y mejoramiento del flujo de materiales en el área de producción de la empresa de calzada FAME S.A. Primer Volumen.

Arciniegas, C. (2002). Modelo de plan estratégico para la gestión de inventarios para los repuestos John Deere de Ponce Yepes S.A. Programa de Maestría en Dirección de Empresas.

AUTOIN, (2013). La revista ecuatoriana del automóvil. 60ava. Edición. Extraído de: <http://www.autoin.com.ec/web2011/autoin-60> en 28 de mayo de 2013.

Banks, J. & Carson, J. & Nelson, B. & Nicol, D. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. 4º Edición. New Jersey, United States of America. Pearson.

Blank, L. & Tarquin, A. (1999). *Ingeniería Económica*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

- Bulej, V. & Stoianovici, G. & Poppeova, G. (2011). *Mejora del flujo de material en líneas de montaje automatizadas usando logísticas esbeltas*. DAAAM International, Viena, Austria. p. 1-3.
- Calderón, M. (2013). Juan Pablo Montenegro [Entrevista a Asesor General - Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito]
- Chiriboga, S. (2012). Juan Pablo Montenegro [Entrevista a Gerente de Taller Matriz – Quito Motors S.A.C.I.]
- Davis, C. (2011). *Adoptar la iniciativa de la industria automotriz para la transformación de la cultura*. Nursing Management, Reino Unido. p. 1-3.
- Donaghey, C. & Pire, V. (1990). Solving the facility layout problem with BLOCPLAN. Industrial Engineering Department, University of Houston, Texas.
- Feedback Networks Technologies (2012). Calcular la muestra correcta. Extraído de: <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcul.html> en 11 de diciembre de 2012.
- Freund, R. & Freund, J. & Bernd, R. & Bernhard, H. (2011) *BPNM 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica*. Universidad Técnica Federico Santa María. Santiago de Chile; Chile. Edición hispana, Primera Edición. Editorial Camunda.
- Gamberi, M. (2008). Un nuevo enfoque para el análisis automático y control de sistemas de manejo de materiales: un análisis integrado de diseño de flujo. Departamento de ingeniería de construcción mecánica, nuclear, aeronáutica y metalurgia, Universidad de Boloña; Italia.

- Gholizadeh, R. & Ghodrati, G. & Mohebi B. (2010). *Un enfoque alternativo al algoritmo de búsqueda para el problema de diseño de disposiciones*. Islamic Azad University, Irán. p. 1-13.
- Jensen, P. (2004). Facility Layout Add in - Operations Management. Universidad de Texas. Austin TX Extraído de:  
[http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay\\_add/lay\\_add.html](http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay_add/lay_add.html) en 8 de marzo de 2013.
- Jiménez, O. (2006). *Casos reales análisis de vibración*. Motor Trend™. México  
 Extraído de:  
[http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos\\_lubricacion\\_archivos/oscar%20ejemplos%20reales.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_lubricacion_archivos/oscar%20ejemplos%20reales.pdf) en 8 de octubre de 2012.
- Herdoiza, C. (2003). Calculo de distancias entre parcelas. Extraído de:  
[http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geogra.uah.es%2Fgisweb%2Fpractica-vectorial%2FDoc%2FC%25C3%25A1lculo%2520de%2520las%2520distancias.doc&ei=RtpHUercNqrB0AHa6ICQBQ&usg=AFQjCNGRpHw9d9uin-vLg278P-raPmuVxg&sig2=4259mcS\\_dz-l\\_cDDmrDicg&bvm=bv.43828540,d.eWU](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geogra.uah.es%2Fgisweb%2Fpractica-vectorial%2FDoc%2FC%25C3%25A1lculo%2520de%2520las%2520distancias.doc&ei=RtpHUercNqrB0AHa6ICQBQ&usg=AFQjCNGRpHw9d9uin-vLg278P-raPmuVxg&sig2=4259mcS_dz-l_cDDmrDicg&bvm=bv.43828540,d.eWU) en 18 de febrero de 2013.
- Hobbs, D. (2004). *Lean Manufacturing Implementation*. APICS.
- Kelton, D. & Sadowski, R. & Sturrock, D. (2009). Simulación con software Arena. 4ta. Edición.

- Maneiro, O. & Yllada, R. (2005). *Optimización del manejo de materiales en una empresa fabricante de cremas dentales mediante métodos evolutivos*. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo, Venezuela. p. 1-7.
- Manual de implementación de 5'S. Extraído de:  
<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/2.pdf> en 25 de marzo de 2013.
- Meyers, F. & Stephens, M. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Pearson Education. 3º Edición.
- Montenegro, M. (2012). Pruebas de Bondad de Ajuste. Departamento de Estadística. Universidad de Oviedo. Extraído de:  
[http://bellman.ciencias.uniovi.es/estadistica2/estadistica2\\_archivos/ajuste.pdf](http://bellman.ciencias.uniovi.es/estadistica2/estadistica2_archivos/ajuste.pdf) en 19 de abril de 2012.
- Montgomery, D. (2007). *Control estadístico de la calidad*. Tercera edición. Limusa Wiley. México.
- Montgomery, D. (2007). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Segunda edición. Limusa Wiley. México.
- Niebel, F. (2007). *Ingeniería Industria: Métodos, Estándares y diseño del trabajo*. Primera edición: México Ed. Alfaomega.
- Owens, R. (2011). *Advancing Facility Planning. Education and practice in Asia fall short of Europe and the United States*. 1-6.
- Osorio, G. (2005). Cadena de Valor. Extraído de:  
<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=cadena%20de%20valor&source=web&cd=9&ved=0CGYQFjAI&url=http%3A%2F%2Fwww.grupoconsultoria.c>



om.co%2Fvalor.doc&ei=StMqT7vUC-GxsAL4t-

S7Dg&usg=AFQjCNFNCx2Y\_PpfpNyfTXRmgMNEFDC\_1g en 11 de diciembre de 2012.

PYMES FUTURO. (2010). La Relación Beneficio Costo. Extraído de:

<http://www.pymesfuturo.com/costobeneficio.html> en 14 de abril de 2013.

Rodríguez, C. (2012). Juan Pablo Montenegro [Entrevista a Jefe de Taller Matriz – Quito Motors S.A.C.I.]

Servicio Total FORD Venezuela (2012). Extraído de:

<http://www.ford.com.ve/RepuestosYServicios/ServicioTotal> en 8 de octubre de 2012.

Srinivas, C. & Ravela, N. (2011). *Simulación de los sistemas flexibles de manufactura*.

Engineering College, Guntur, India. p. 1-12.

Tearwattanarattikal, P. & Namphacharoen, S. & Chamraspom C. (2008). *Utilización de herramientas de simulación para el diseño y planificación de la disposición*.

University of Technology Thonburi, Tailandia. p. 1-8.

Tompkins, J. & White, J. & Yayuz, A. & Tanchoco, J. (2006). *Planeación de instalaciones*. México. 3º Edición.

Torres, M. (2008). Tamaño de muestra para una investigación de mercado. Universidad

Rafael Landívar. Extraído de: [www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_02\\_BAS02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf)

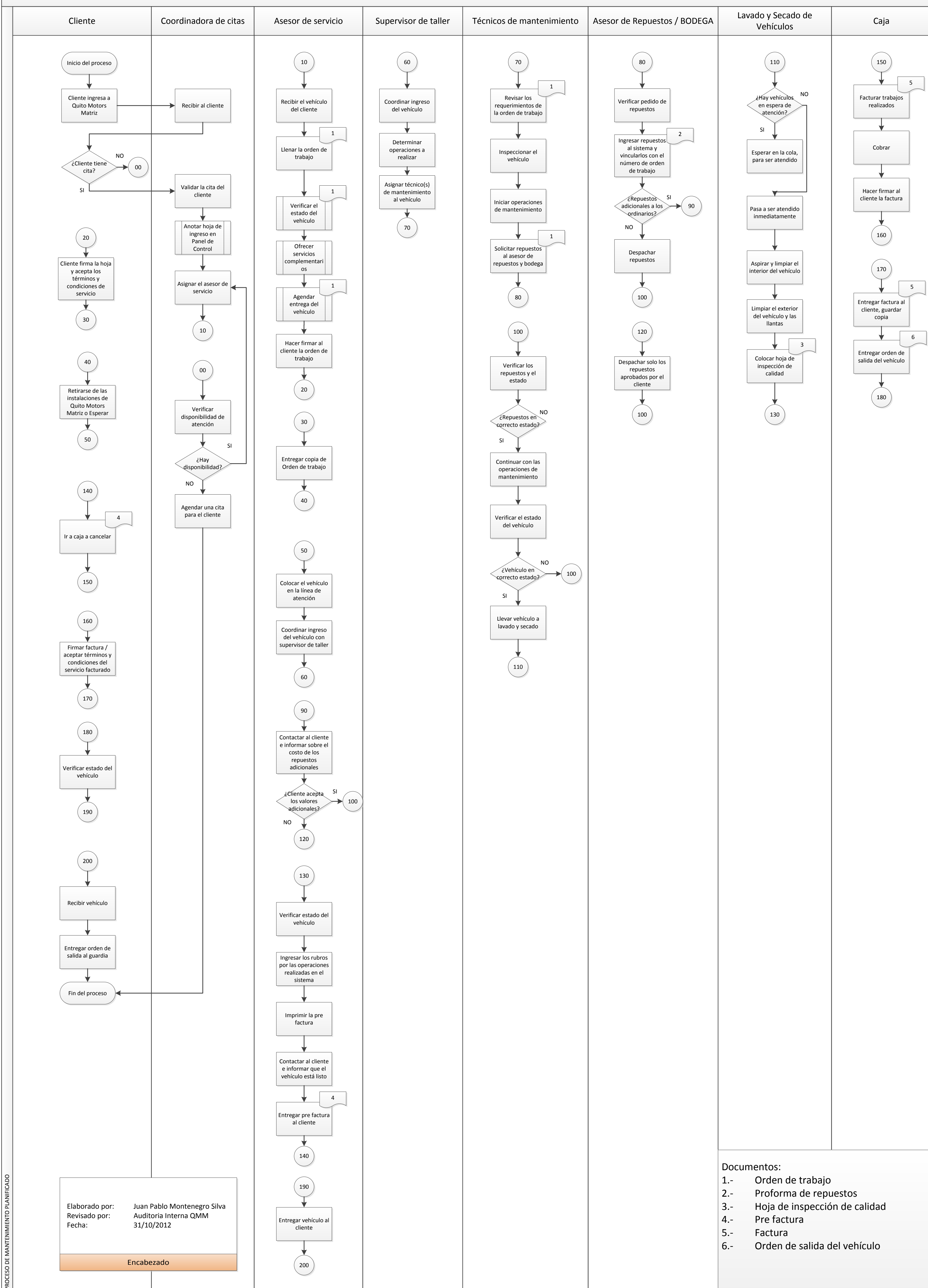
en 31 de mayo de 2013.

Womack, J. & Jones, D. (2005). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Gestión 2000.

**Anexo 1:** Diagrama de flujo de procesos para Quito Motors S.A.C.I.*Tabla de contenidos:*

1. Diagrama de flujo – Mantenimiento planificado
2. Diagrama de flujo – Proceso de importaciones
3. Diagrama de flujo – Proceso de pedido aéreo
4. Diagrama de flujo – Proceso de pedido de emergencia
5. Diagrama de flujo – Venta de repuestos por mostrador
6. Diagrama de flujo – Venta de repuestos/piezas por pedido del cliente
7. Diagrama de flujo – Proceso de pedido sugerido
8. Diagrama de flujo – Proceso de venta de repuestos corporativos
9. Diagrama de flujo – Proceso de pre venta y venta de vehículos

Diagrama de Flujo PROCESO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO – QUITO MOTORS S.A.C.I.

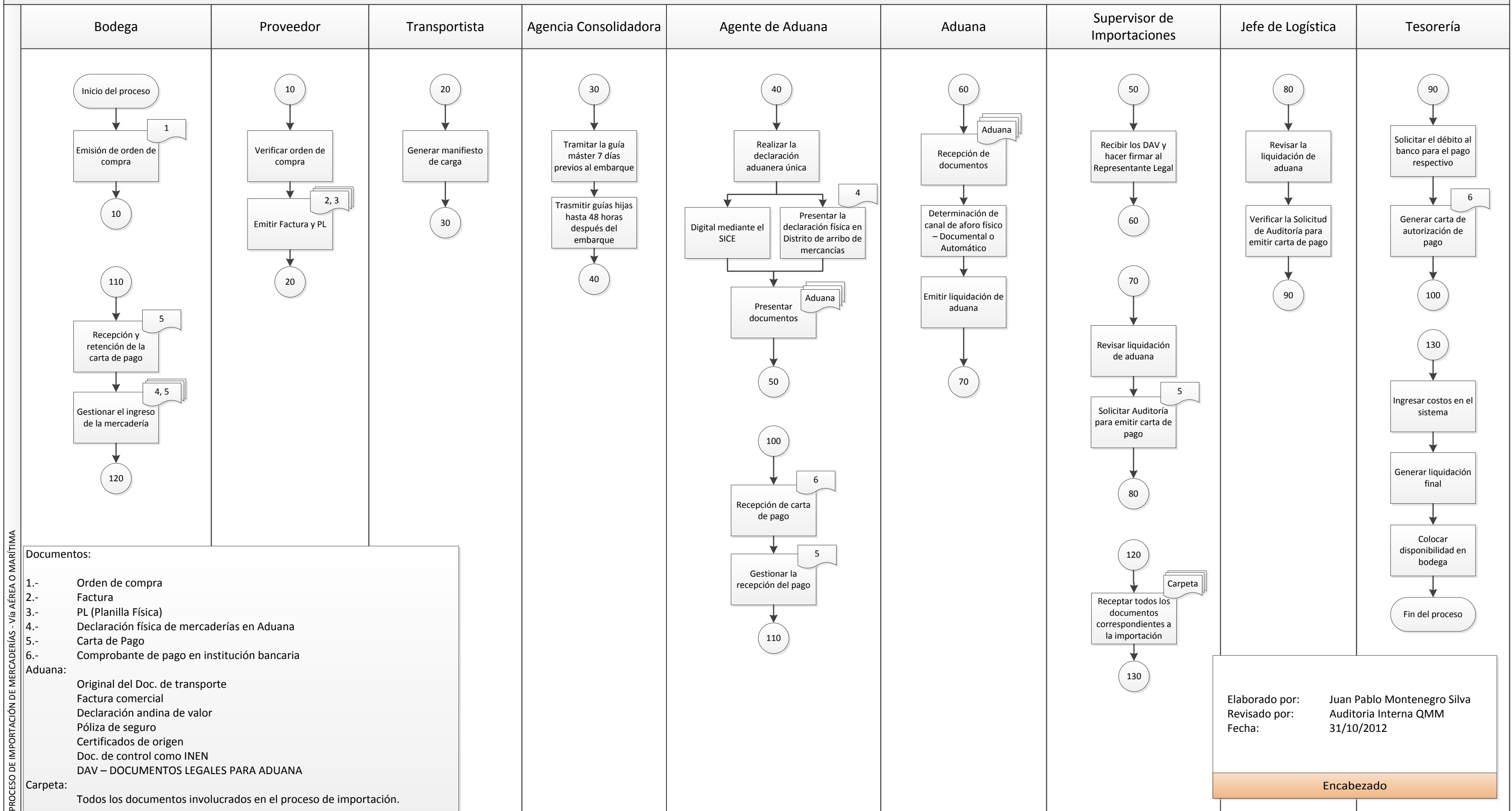


- Documentos:
- 1.- Orden de trabajo
  - 2.- Proforma de repuestos
  - 3.- Hoja de inspección de calidad
  - 4.- Pre factura
  - 5.- Factura
  - 6.- Orden de salida del vehículo

Elaborado por: Juan Pablo Montenegro Silva  
 Revisado por: Auditoría Interna QMM  
 Fecha: 31/10/2012

Encabezado

Diagrama de Flujo PROCESO DE IMPORTACIÓN – QUITO MOTORS S.A.C.I.



PROCESO DE IMPORTACIÓN DE MERCADERÍAS - Vía AÉREA O MARÍTIMA

Diagrama de Flujo PROCESO PEDIDO (AÉREO) – QUITO MOTORS S.A.C.I.

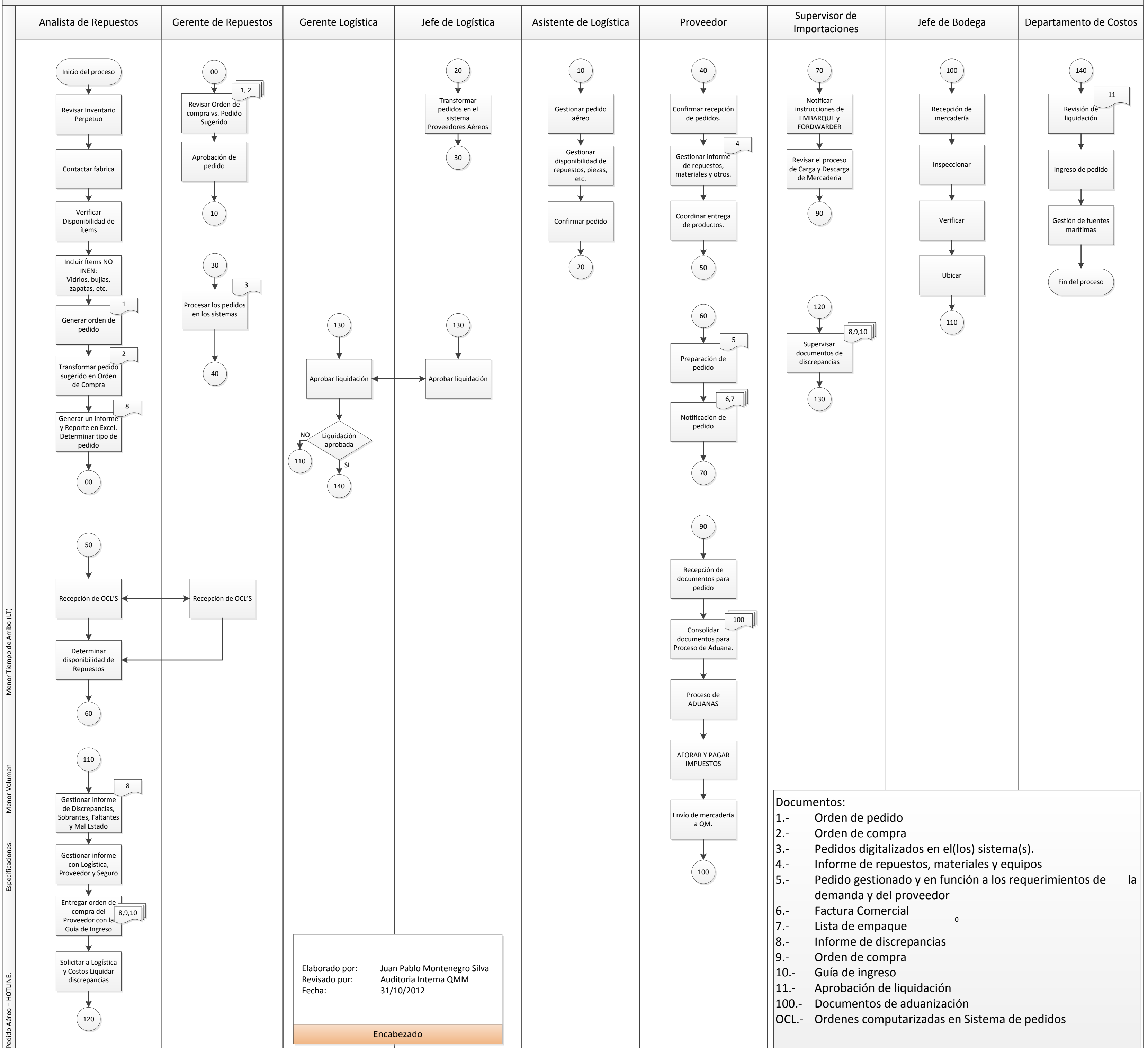
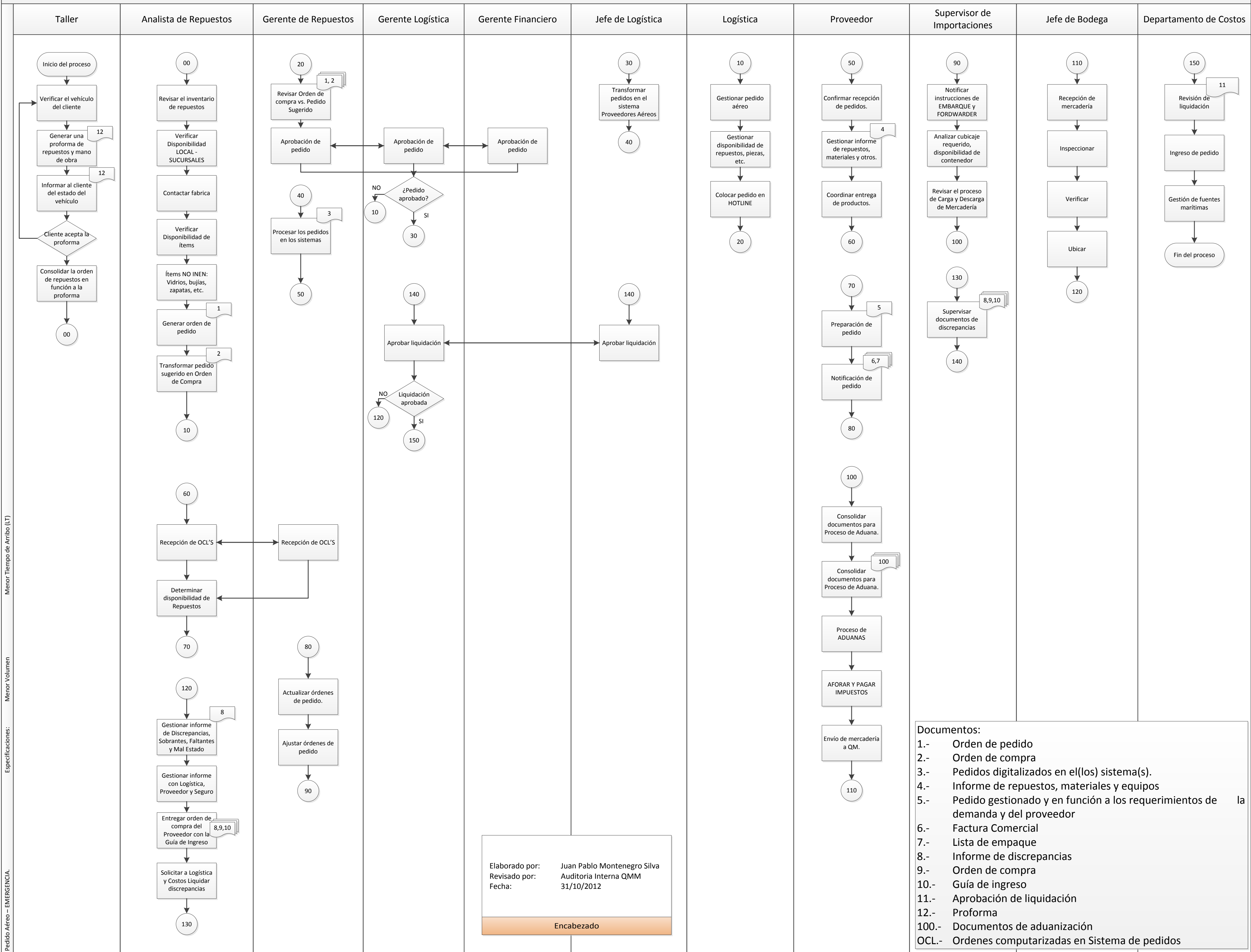


Diagrama de Flujo PROCESO DE PEDIDO DE EMERGENCIA (AÉREO) – QUITO MOTORS S.A.C.I.



Menor Tiempo de Arribo (LT)

Menor Volumen

Especificaciones:

Pedido Aéreo – EMERGENCIA.

Elaborado por: Juan Pablo Montenegro Silva  
 Revisado por: Auditoria Interna QMM  
 Fecha: 31/10/2012

Encabezado

- Documentos:**
- 1.- Orden de pedido
  - 2.- Orden de compra
  - 3.- Pedidos digitalizados en el(los) sistema(s).
  - 4.- Informe de repuestos, materiales y equipos
  - 5.- Pedido gestionado y en función a los requerimientos de la demanda y del proveedor
  - 6.- Factura Comercial
  - 7.- Lista de empaque
  - 8.- Informe de discrepancias
  - 9.- Orden de compra
  - 10.- Guía de ingreso
  - 11.- Aprobación de liquidación
  - 12.- Proforma
  - 100.- Documentos de aduanización
  - OCL.- Ordenes computarizadas en Sistema de pedidos

Diagrama de Flujo PROCESO DE VENTA DE REPUESTOS POR MOSTRADOR – QUITO MOTORS S.A.C.I.

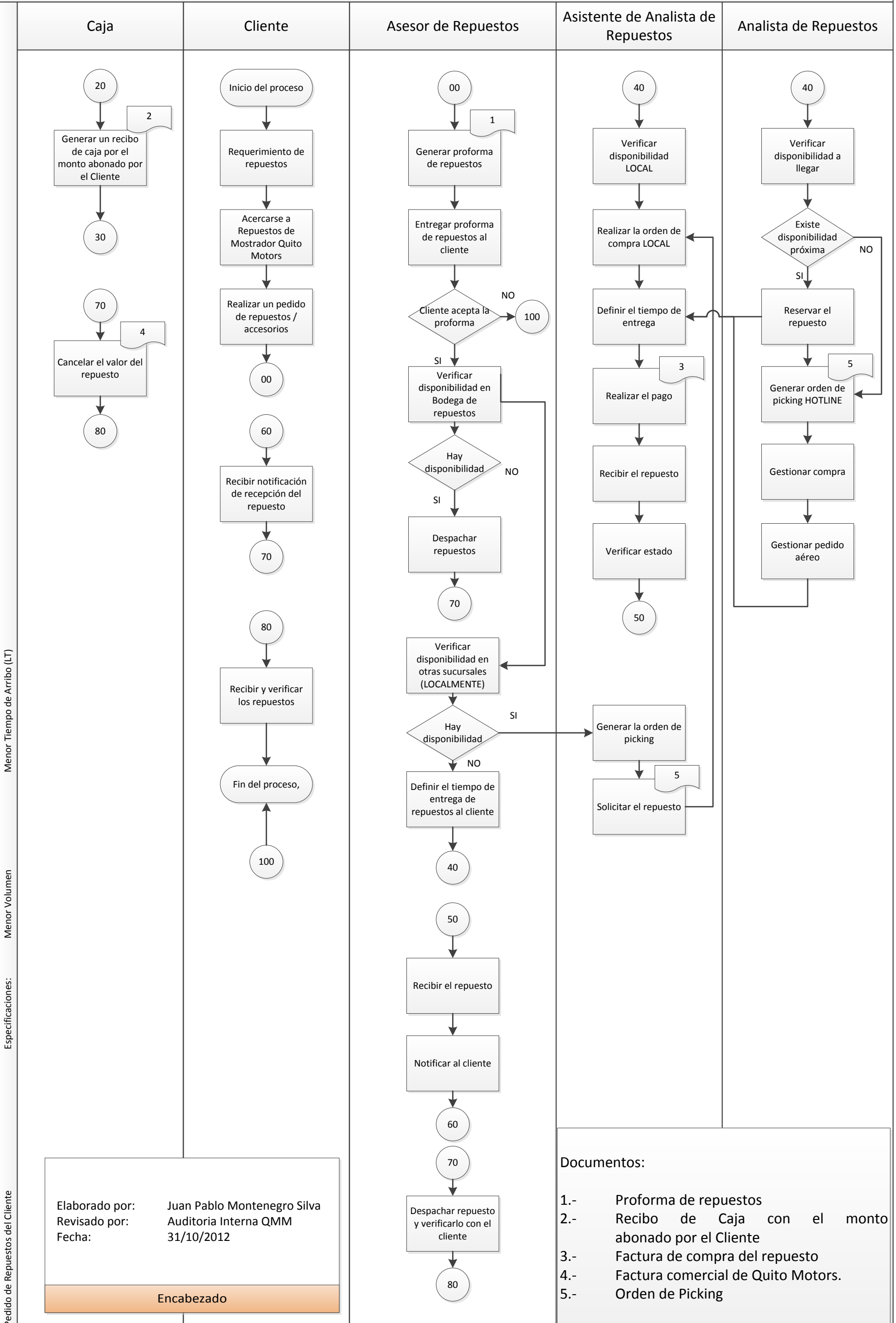


Diagrama de Flujo PROCESO DE PEDIDO DE PIEZAS/REPUESTO POR PEDIDO DEL CLIENTE (AÉREO) – QUITO MOTORS S.A.C.I.

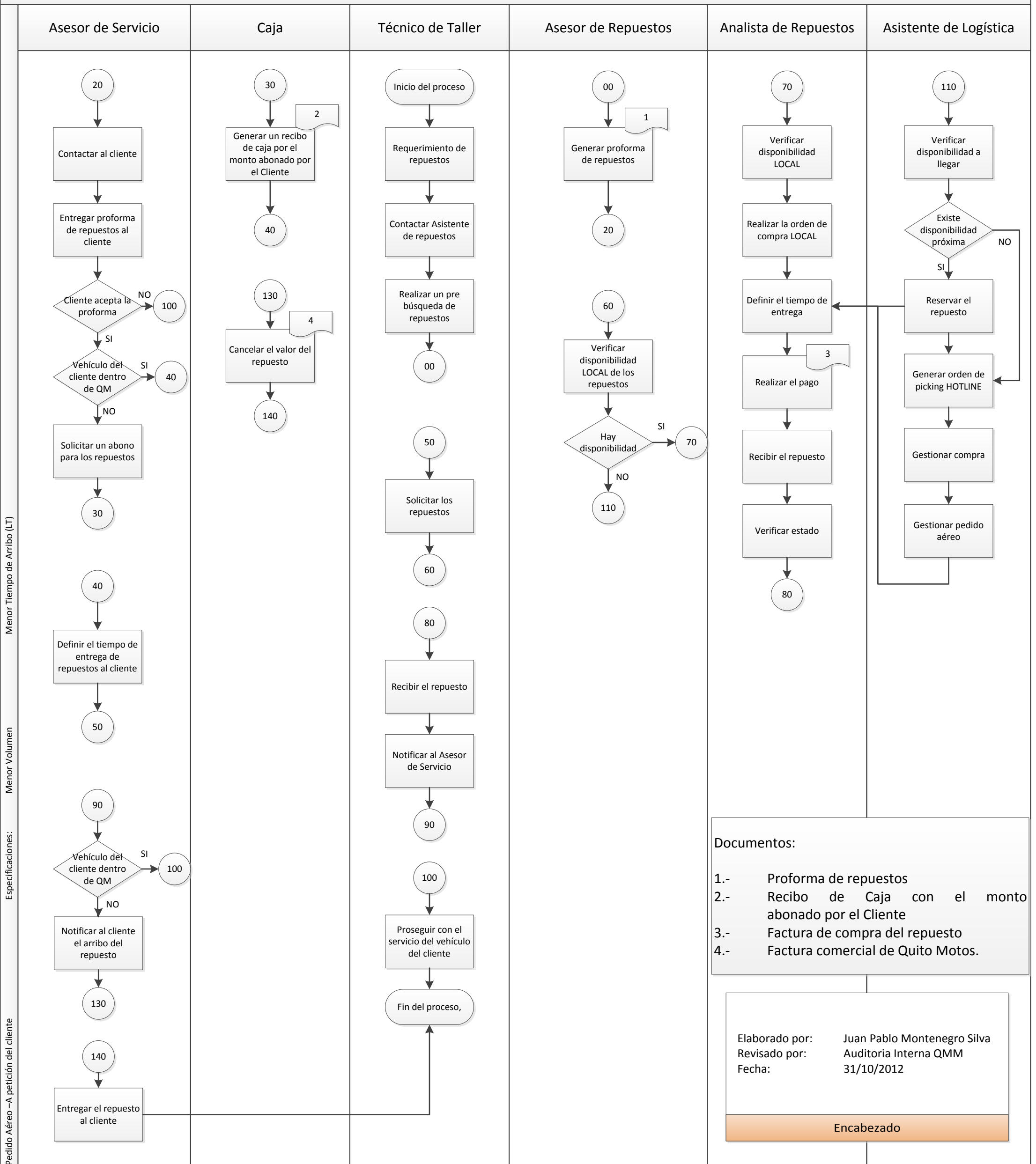
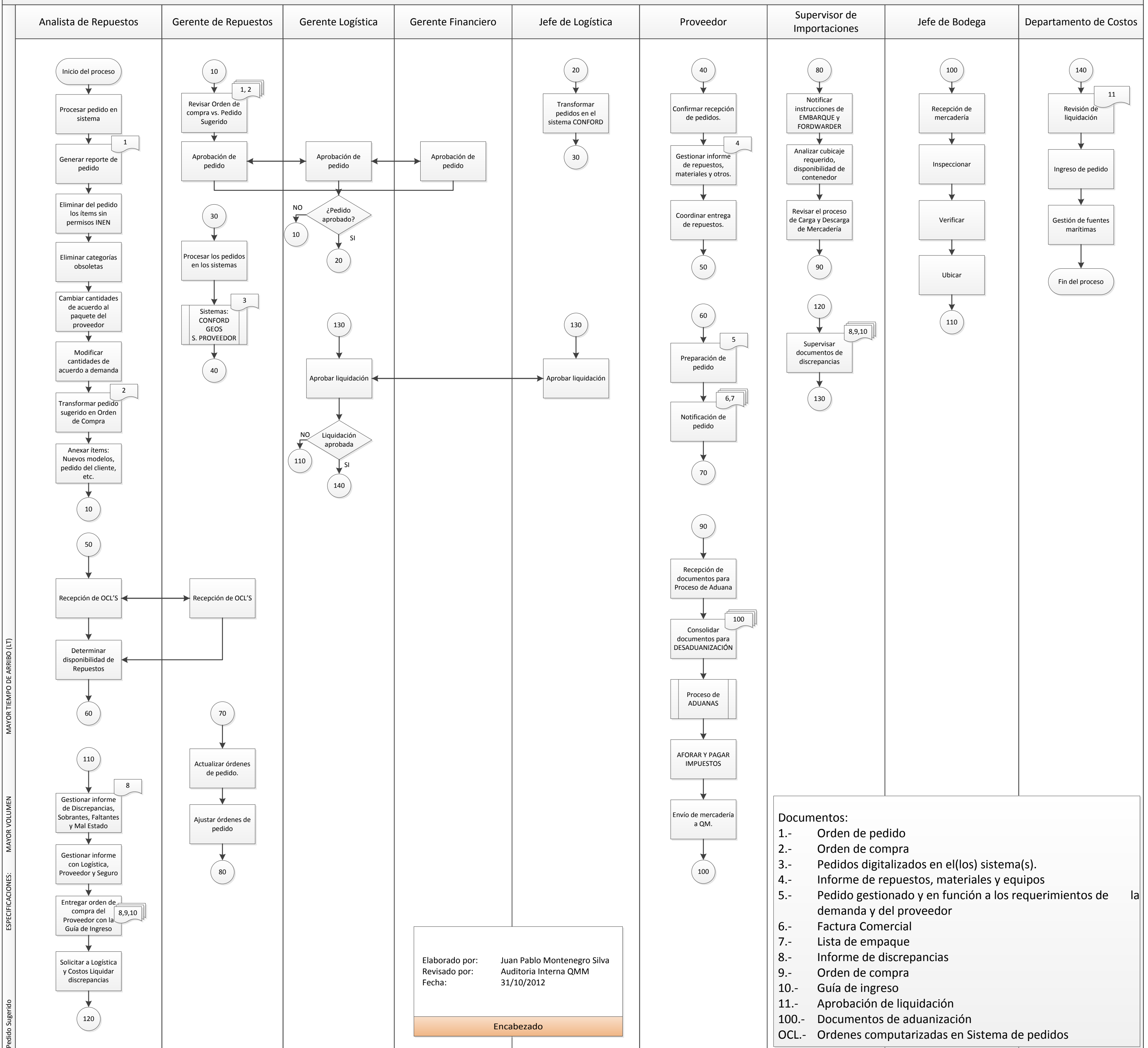




Diagrama de Flujo PROCESO PEDIDO SUGERIDO (MARITIMO) – QUITO MOTORS S.A.C.I.



MAYOR TIEMPO DE ARRIBO (LT)

MAYOR VOLUMEN

ESPECIFICACIONES:

Pedido Sugerido

Diagrama de Flujo PROCESO DE VENTA DE REPUESTOS CORPORATIVOS – QUITO MOTORS S.A.C.I.

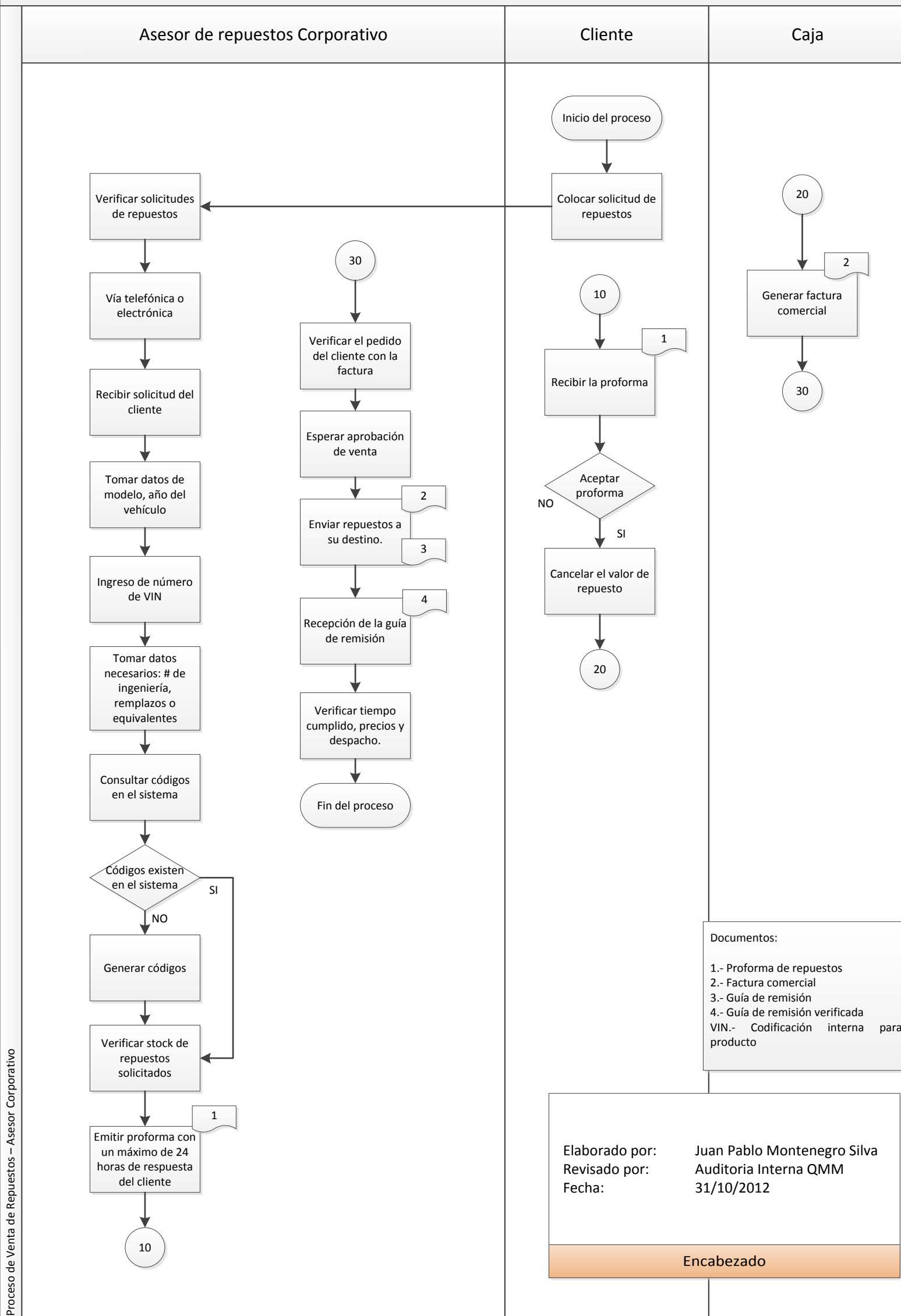
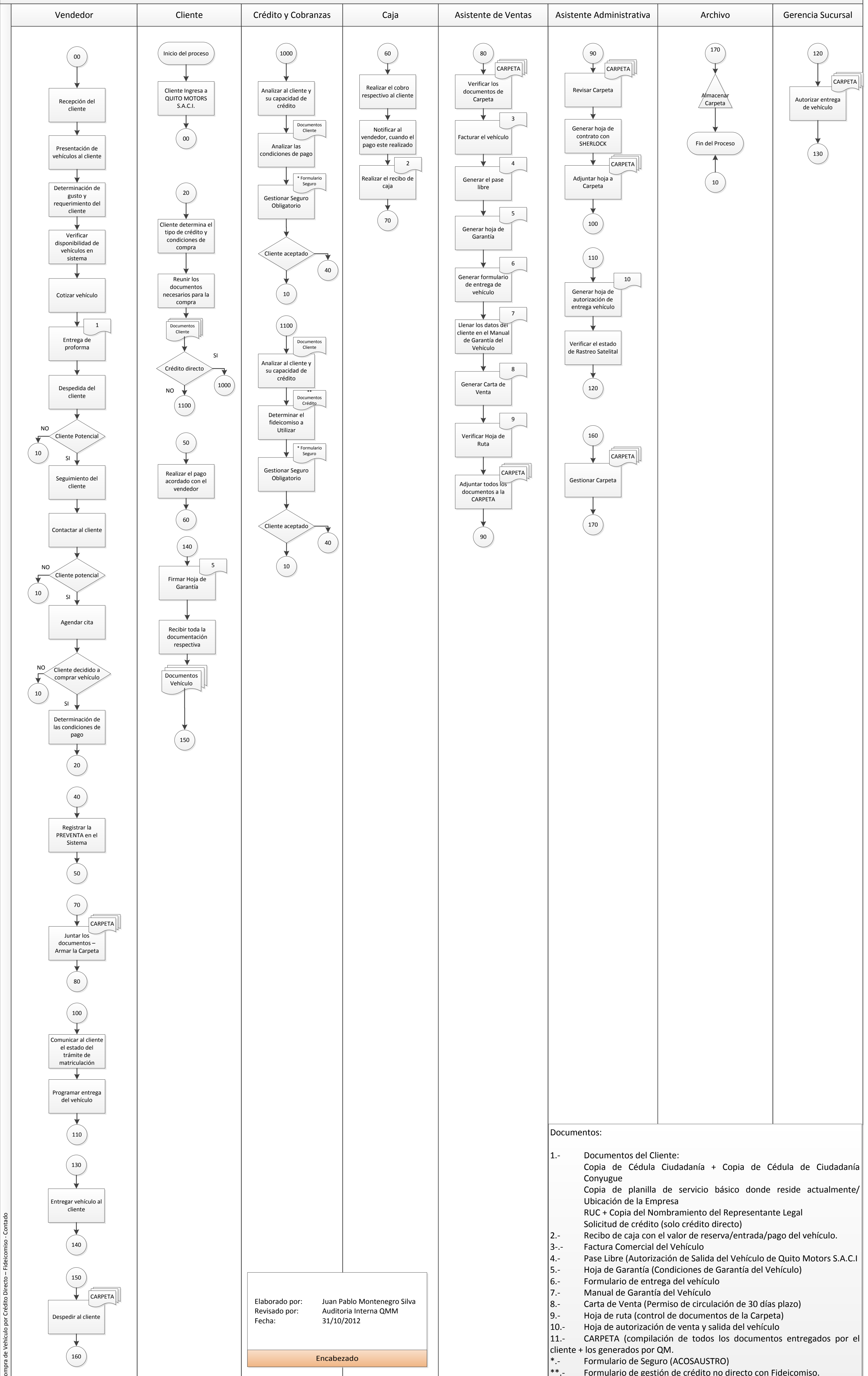


Diagrama de Flujo PREVENTA y VENTA – QUITO MOTORS S.A.C.I.



**Anexo 2:** Procesos y operaciones de mantenimiento planificado para Quito Motors S.A.C.I.

*Tabla de contenidos:*

1. Tabla de Mantenimiento Planificado para FORD F-150 / EXPLORER / ESCAPE / ECOSPORT
  
2. Operaciones de mantenimiento planificado para vehículos Ford F-150/ ESCAPE/ EXPLORER y ECOSPORT



## Anexo 2:

Operaciones de mantenimiento planificado para vehículos Ford F-150/ESCAPE/EXPLORER y ECOSPORT

Tipo de operación	Código de Operación	Nombre	Nivel de Importancia	Cabina /Exterior	LADO (X)	LADO (Y)	FRECUENCIA (Km)
Cambio	OP1	Cambio de aceite de motor y filtro de aceite	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	5000
	OP2	Cambio de aceite de caja	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	20000
	OP3	Cambio de aceite diferencial delantero	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	SUPERIOR	20000
	OP4	Cambio de aceite diferencial posterior	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	POSTERIOR	20000
	OP5	Cambio de banda de distribución	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	SUPERIOR	80000
	OP6	Cambio de banda de motor	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	SUPERIOR	100000
	OP7	Cambio de bujías	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	15000
	OP8	Cambio de filtro de aire	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	10000
	OP9	Cambio de filtro de combustible	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	POSTERIOR	25000
	OP10	Cambio de líquido de dirección hidráulica	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	30000
	OP11	Cambio de líquido de frenos	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	20000
	OP12	Cambio de pastillas	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	20000 / uso
	OP13	Cambio de termostato	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	50000
	OP14	Cambio de zapatas	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	POSTERIOR	40000/ uso
Revisión	OP15	Revisión de alternador	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	20000
	OP16	Revisión de batería	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	5000
	OP17	Revisión de frenos	MEDIO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	5000
	OP18	Revisión de luces	MEDIO	EXTERIOR	IZQ/DER	SUPERIOR	5000
	OP19	Revisión de niveles	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	5000
	OP20	Revisión de sistema EBD	ALTO	CABINA	IZQUIERDO	SUP/POS	15000
	OP21	Revisión sistema eléctrico	ALTO	CABINA	CENTRO	CENTRO	10000
	OP22	Revisión de suspensión	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	15000
Limpieza y Lubricación	OP23	Limpieza y lubricación de cuerpo de aceleración	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	15000
	OP24	Limpieza y lubricación de frenos	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	10000
	OP25	Limpieza de inyectores con ultrasonido	ALTO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	15000
	OP26	Limpieza y lubricación de mecanismos	MEDIO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	20000
	OP27	Limpieza y lubricación de motor	BAJO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	10000
	OP28	Limpieza y lubricación de sistema PVC	BAJO	EXTERIOR	CENTRO	CENTRO	15000
	OP29	Regulación de frenos	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	10000
	OP30	Reajuste de carrocería	MEDIO	EXTERIOR	IZQ/DER	CEN/SUP/POS	10000
Otros	OP31	Reajuste de suspensión	MEDIO	EXTERIOR	IZQ/DER	SUP/POS	10000
	OP32	Reajuste de tapicería	BAJO	CABINA	IZQ/DER	SUP/POS	20000
	OP33	Rectificación de discos de freno	ALTO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	15000/ uso
	OP34	Alineación	MEDIO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUPERIOR	10000
	OP35	Balanceo	MEDIO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	10000
	OP36	Rotación de ruedas	MEDIO	EXTERIOR	C/LLANTA	SUP/POS	10000/ uso

**Anexo 3:** Procesos y operaciones de mantenimiento planificado para Quito Motors S.A.C.I.*Tabla de contenidos:*

1. Análisis de asistencia a taller, pruebas pareadas entre días
2. Análisis de independencia y aleatoriedad de los datos
3. Análisis de distribuciones de probabilidad para las estaciones de servicio y pruebas de bondad y ajuste
4. Diagrama de la disposición Quito Motors Matriz 2010

### Anexo 3: Análisis de asistencias a taller, pruebas pareadas entre días

Utilizando una prueba de hipótesis para validar si las medias de los arribos entre los diferentes días de la semana, se puede probar si el comportamiento es el mismo, para lo cual se utilizó una prueba t de dos muestras, asumiendo tamaños de muestra iguales, con las frecuencias desde el 1ero. De febrero de 2013 hasta el 31 de mayo de 2013. Para que la prueba sea más robusta se realiza el supuesto de varianzas iguales. (Montgomery, 2007)

- **Prueba T e IC de dos muestras: Lunes. Martes**

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Lunes	17	18,18	4,67	1,1
Martes	17	20,94	4,39	1,1

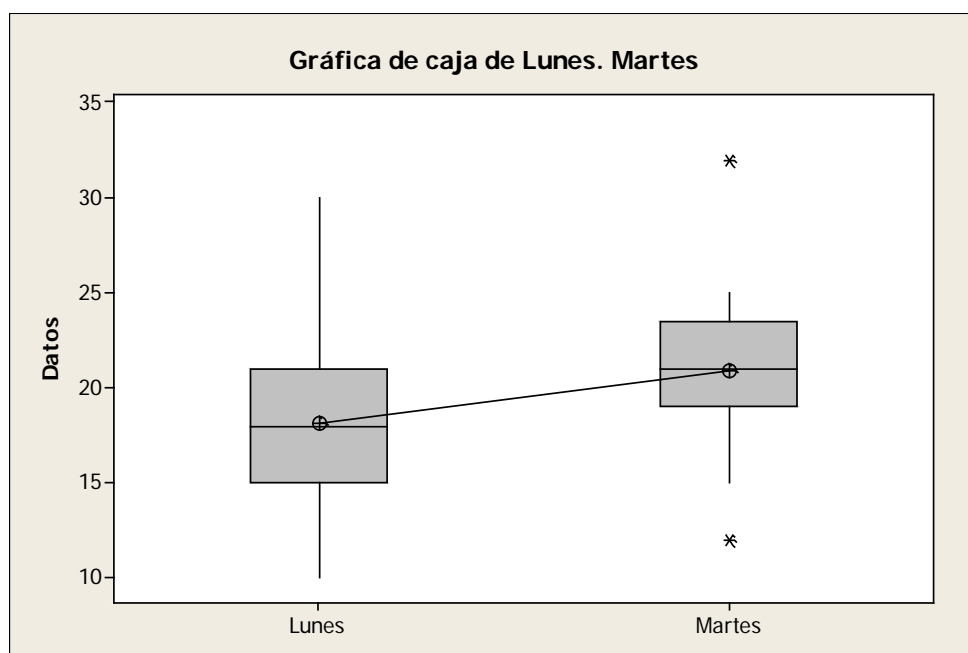
Diferencia =  $\mu$  (Lunes) -  $\mu$  (Martes)

Estimado de la diferencia: -2,76

IC de 95% para la diferencia: (-5,93. 0,40)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1,78 Valor P = 0,085  
GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,5326 (Minitab 16®, 2013)



**Figura 70:** Gráfica de caja Lunes. Martes

Fuente: Minitab 16®



Con un valor de  $p=0.085$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Lunes. Miércoles**

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Lunes	17	18,18	4,67	1,1
Miércoles	17	20,00	6,08	1,5

Diferencia =  $\mu$  (Lunes) -  $\mu$  (Miércoles)

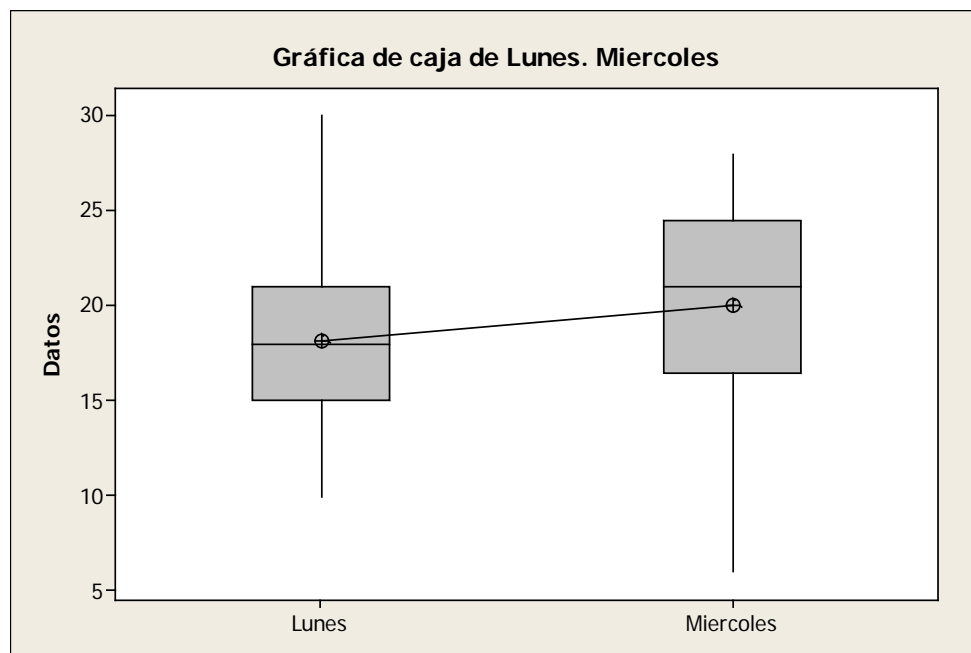
Estimado de la diferencia: -1,82

IC de 95% para la diferencia: (-5,61. 1,96)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -0,98 Valor P = 0,334

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 5,4212 (Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 71.** Gráfica de caja Lunes. Miércoles

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.334$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Lunes. Jueves**

	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la media
Lunes	17	18,18	4,67	1,1
Jueves	17	18,41	4,02	0,97

Diferencia =  $\mu$  (Lunes) -  $\mu$  (Jueves)

Estimado de la diferencia: -0,24

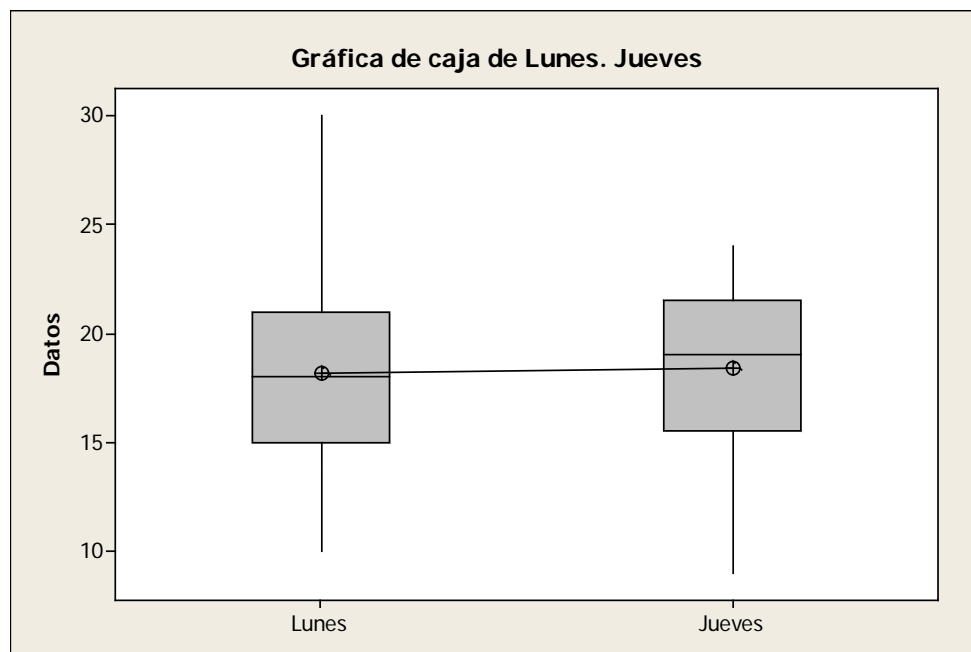
IC de 95% para la diferencia: (-3,28. 2,81)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -0,16 Valor P = 0,876

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,3538

(Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 72.** Gráfica de caja Lunes. Jueves

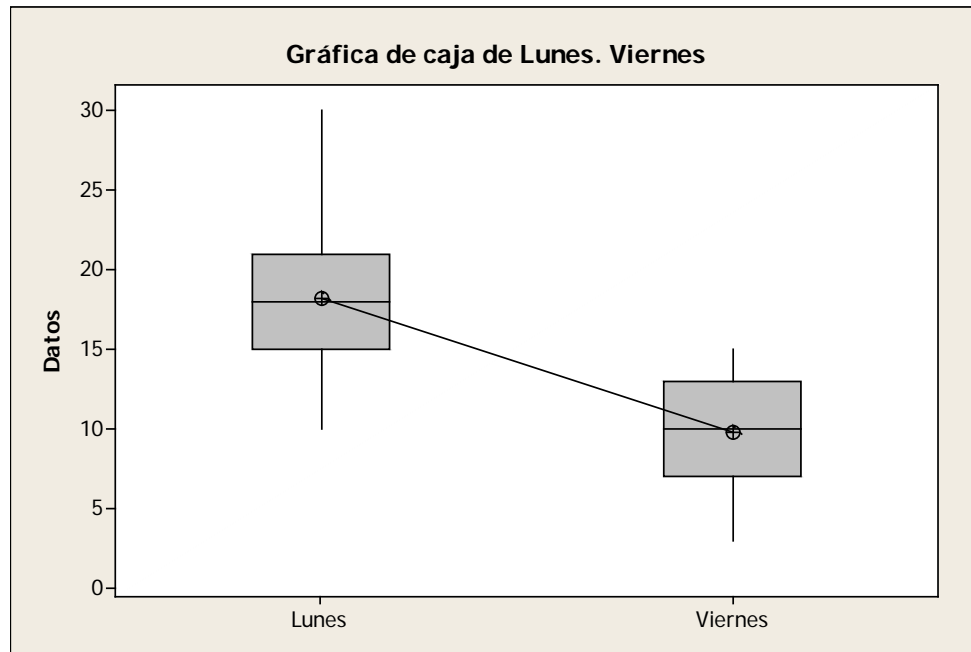
Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.876$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Lunes. Viernes**

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Lunes	17	18,18	4,67	1,1
Viernes	17	9,76	3,46	0,84

Diferencia =  $\mu$  (Lunes) -  $\mu$  (Viernes)  
 Estimado de la diferencia: 8,41  
 IC de 95% para la diferencia: (5,54. 11,28)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 5,97 Valor P = 0,000  
 GL = 32  
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,1061 (Minitab 16®, 2013)



**Figura 73.** Gráfica de caja Lunes. Viernes

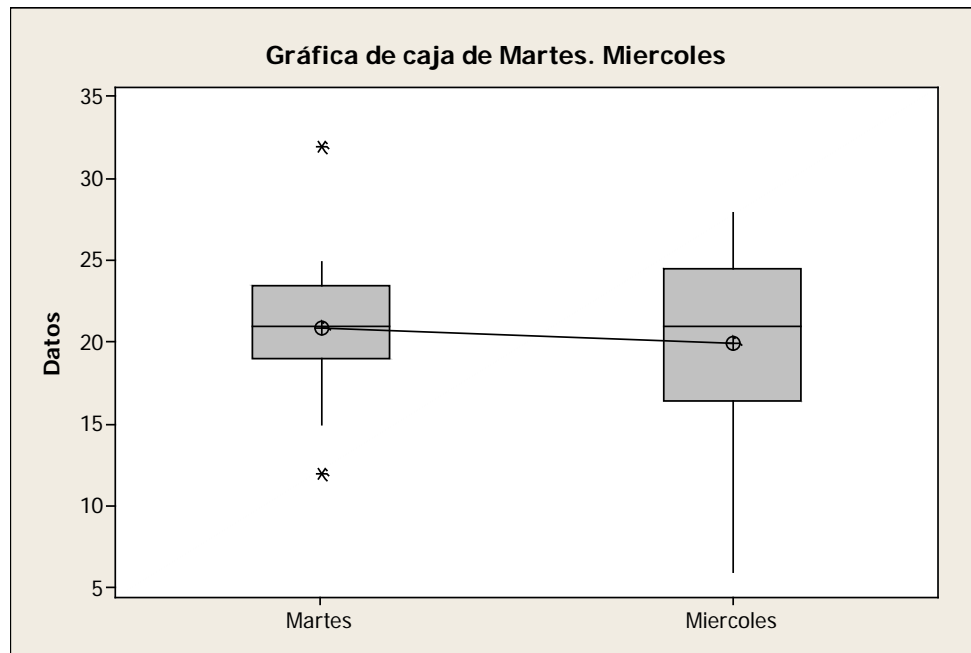
Fuente: Minitab 16®

Con un valor de  $p=0.0$ , se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre ambas muestras, las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Martes. Miércoles**

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Martes	17	20,94	4,39	1,1
Miércoles	17	20,00	6,08	1,5

Diferencia =  $\mu$  (Martes) -  $\mu$  (Miércoles)  
 Estimado de la diferencia: 0,94  
 IC de 95% para la diferencia: (-2,77. 4,65)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0,52 Valor P = 0,609  
 GL = 32  
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 5,3061 (Minitab 16®, 2013)



**Figura 74.** Gráfica de caja Martes, Miércoles

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.609$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Martes. Jueves**

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Martes	17	20,94	4,39	1,1
Jueves	17	18,41	4,02	0,97

Diferencia =  $\mu$  (Martes) -  $\mu$  (Jueves)

Estimado de la diferencia: 2,53

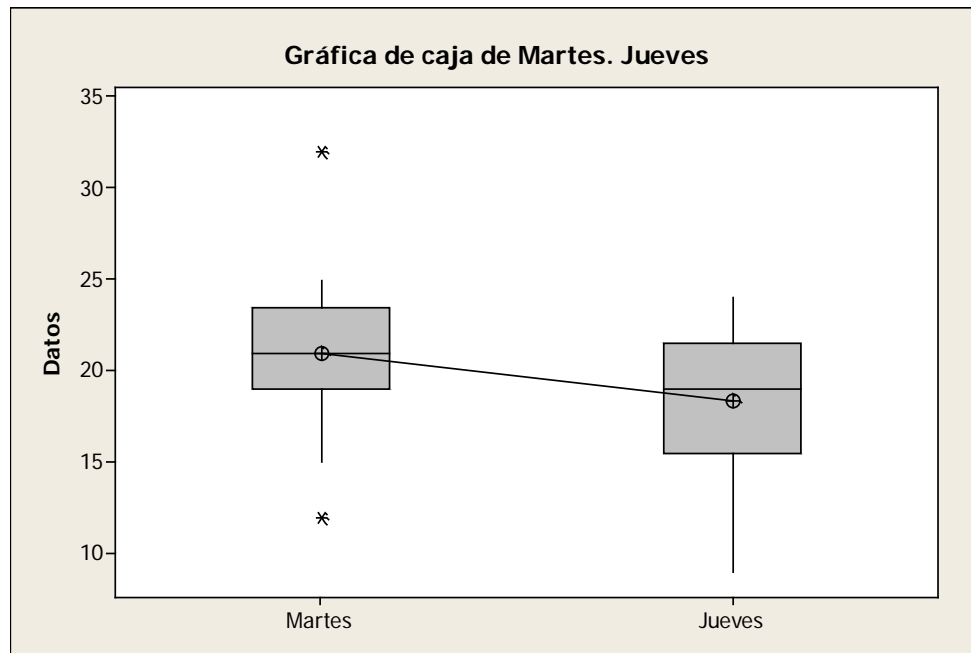
IC de 95% para la diferencia: (-0,41. 5,47)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 1,75 Valor P = 0,089

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,2096

(Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 75.** Gráfica de caja Martes, Jueves

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.089$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Martes. Viernes**

T de dos muestras para Martes vs. Viernes

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Martes	17	20,94	4,39	1,1
Viernes	17	9,76	3,46	0,84

Diferencia =  $\mu$  (Martes) -  $\mu$  (Viernes)

Estimado de la diferencia: 11,18

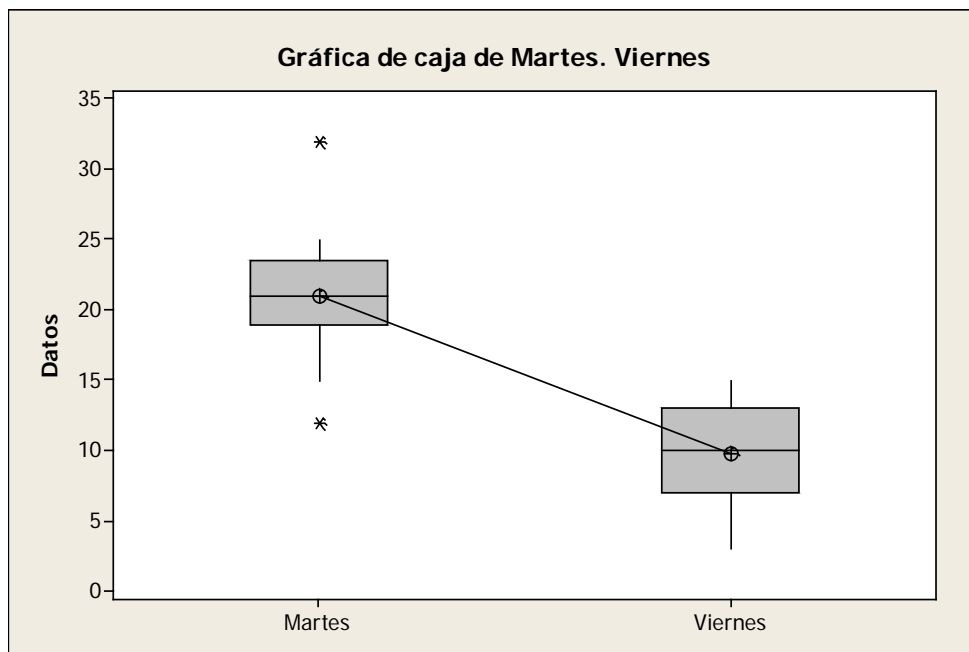
IC de 95% para la diferencia: (8,41. 13,94)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 8,24 Valor P = 0,000

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 3,9528

(Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 76.** Gráfica de caja Martes, Viernes

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.0$ , se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre ambas muestras, las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Miércoles. Jueves**

T de dos muestras para Miércoles vs. Jueves

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Miércoles	17	20,00	6,08	1,5
Jueves	17	18,41	4,02	0,97

Diferencia =  $\mu$  (Miércoles) -  $\mu$  (Jueves)

Estimado de la diferencia: 1,59

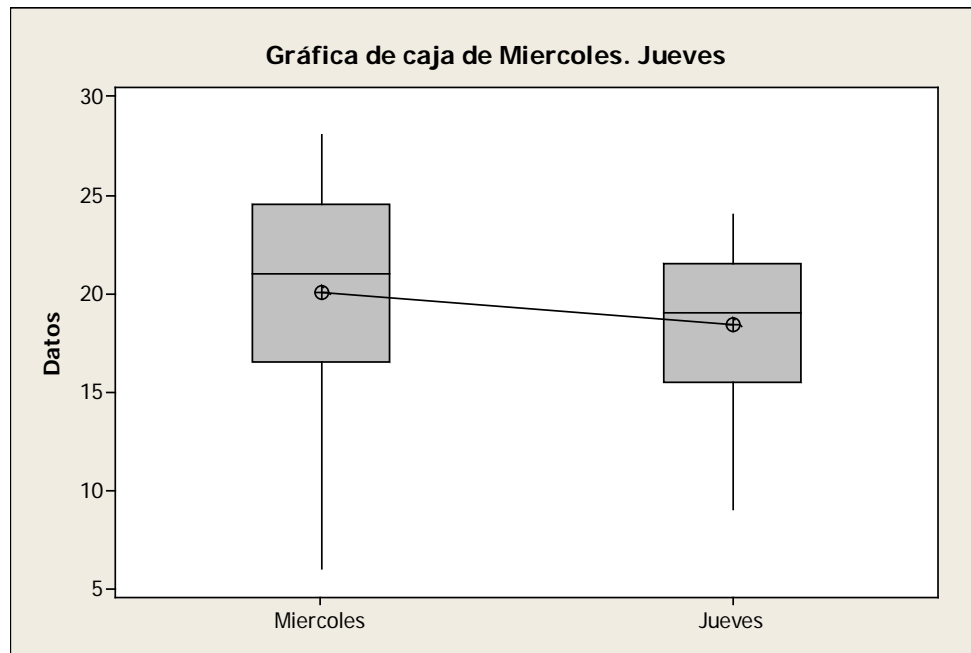
IC de 95% para la diferencia: (-2,01. 5,19)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0,90 Valor P = 0,376

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 5,1542

(Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 77.** Gráfica de caja Miércoles, Jueves

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.376$ , no existe suficiente evidencia estadística para probar que las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Miércoles. Viernes**

T de dos muestras para Miércoles vs. Viernes

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Miércoles	17	20,00	6,08	1,5
Viernes	17	9,76	3,46	0,84

Diferencia =  $\mu$  (Miércoles) -  $\mu$  (Viernes)

Estimado de la diferencia: 10,24

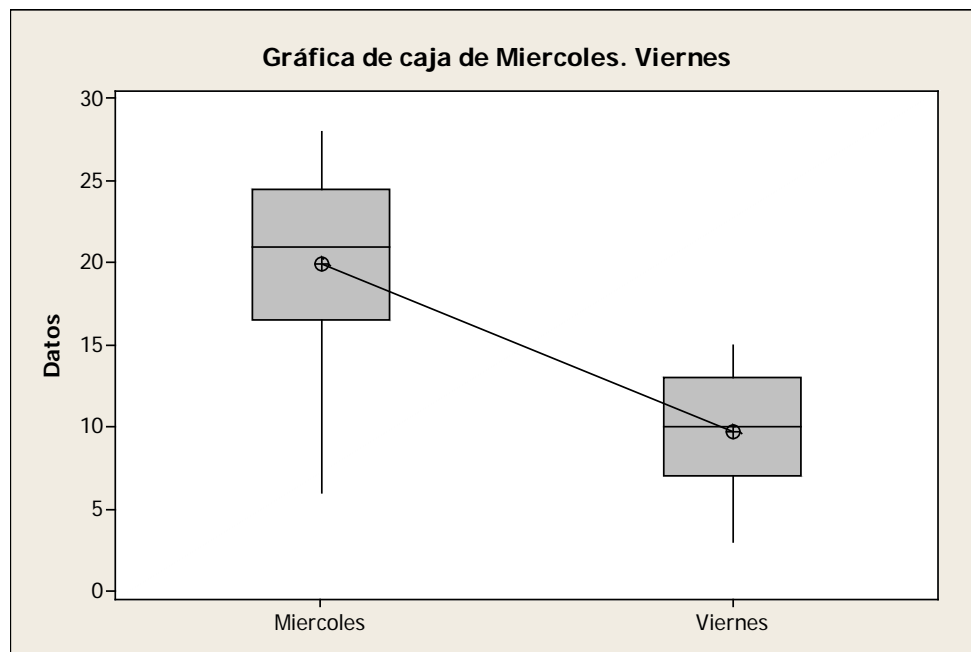
IC de 95% para la diferencia: (6,78. 13,69)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 6,03 Valor P = 0,000

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 4,9468

(Minitab 16 ®, 2013)



**Figura 78.** Gráfica de caja Miércoles, Viernes

Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.0$ , se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre ambas muestras, las medias entre los días difieren.

- **Prueba T e IC de dos muestras: Jueves. Viernes**

T de dos muestras para Jueves vs. Viernes

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Jueves	17	18,41	4,02	0,97
Viernes	17	9,76	3,46	0,84

Diferencia =  $\mu$  (Jueves) -  $\mu$  (Viernes)

Estimado de la diferencia: 8,65

IC de 95% para la diferencia: (6,03. 11,26)

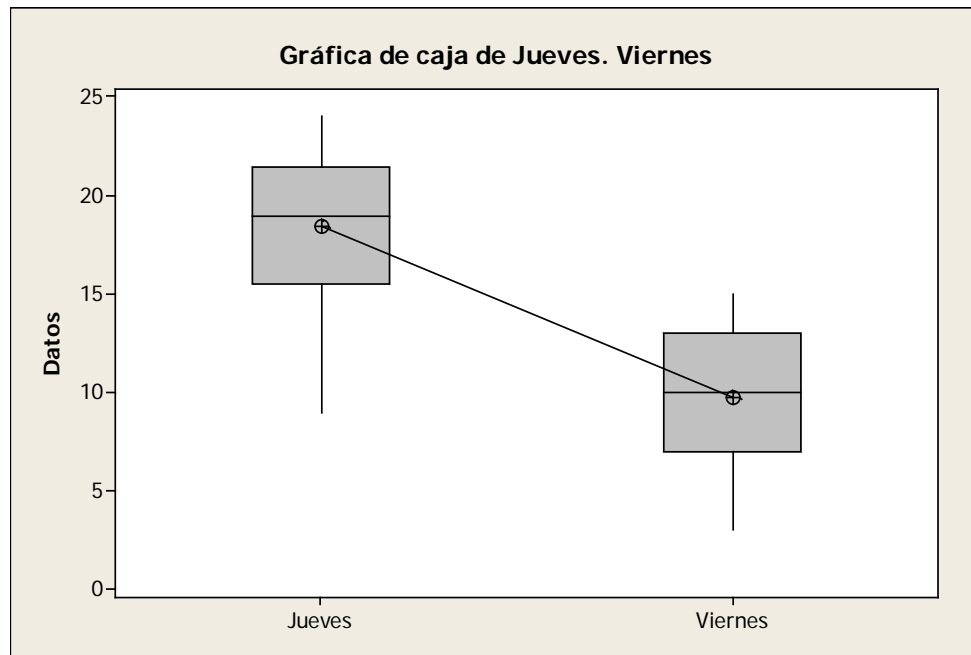
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 6,73 Valor P = 0,000

GL = 32

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 3,7466

(Minitab 16 ®, 2013)





**Figura 79.** Gráfica de caja Jueves, Viernes

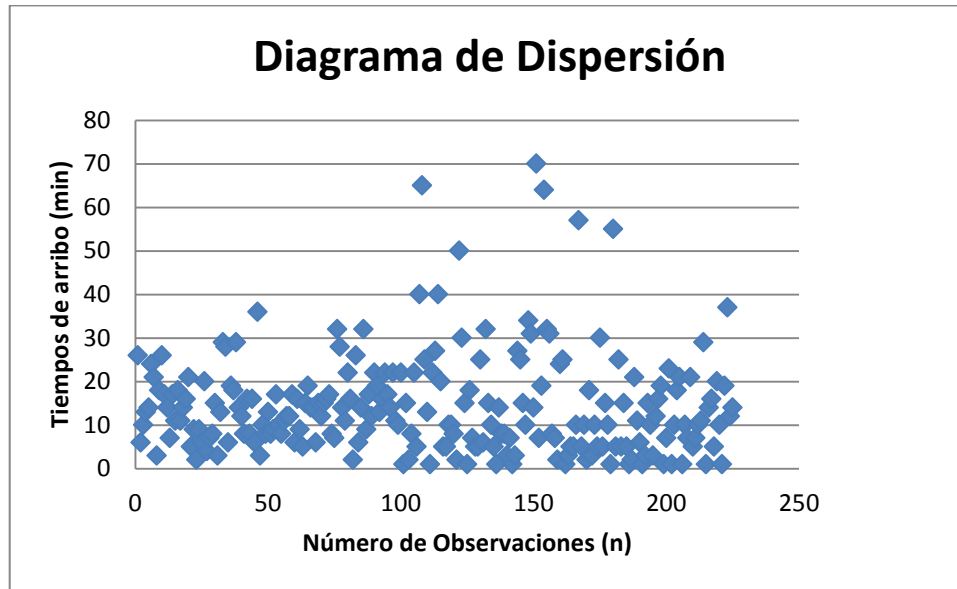
Fuente: Minitab 16 ®

Con un valor de  $p=0.0$ , se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre ambas muestras, las medias entre los días difieren.

### Anexo 3: Análisis de independencia y aleatoriedad de los datos

- **Tiempo entre arribos Lunes, Martes, Miércoles, Jueves:**

#### Independencia:



**Figura 80.** Análisis de independencia para tiempos de arribo lunes - jueves

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

#### Aleatoriedad:

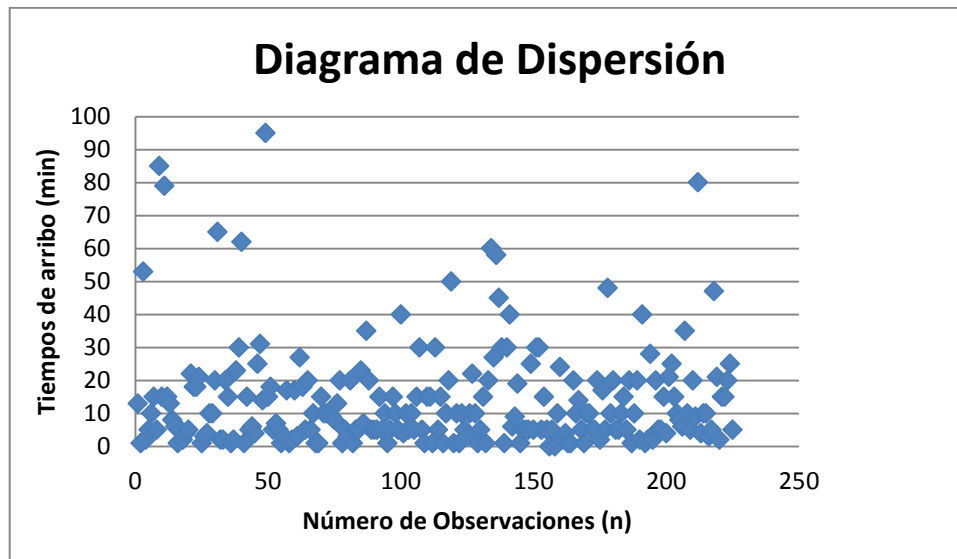
Prueba de corridas: T. Arribos L,M,Mi,J  
Corridas por encima y por debajo de  $K = 14,3556$

El número observado de corridas = 116  
El número esperado de corridas = 109,391  
91 observaciones por encima de  $K$ ; 134 por debajo  
Valor  $P = 0,359$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,359 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de arribos viernes:**

### Independencia:



**Figura 81.** Análisis de independencia para tiempos de arribo viernes

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

### Aleatoriedad:

Prueba de corridas para T. Arribos V

Corridas por encima y por debajo de  $K = 13,8489$

El número observado de corridas = 109

El número esperado de corridas = 107,72

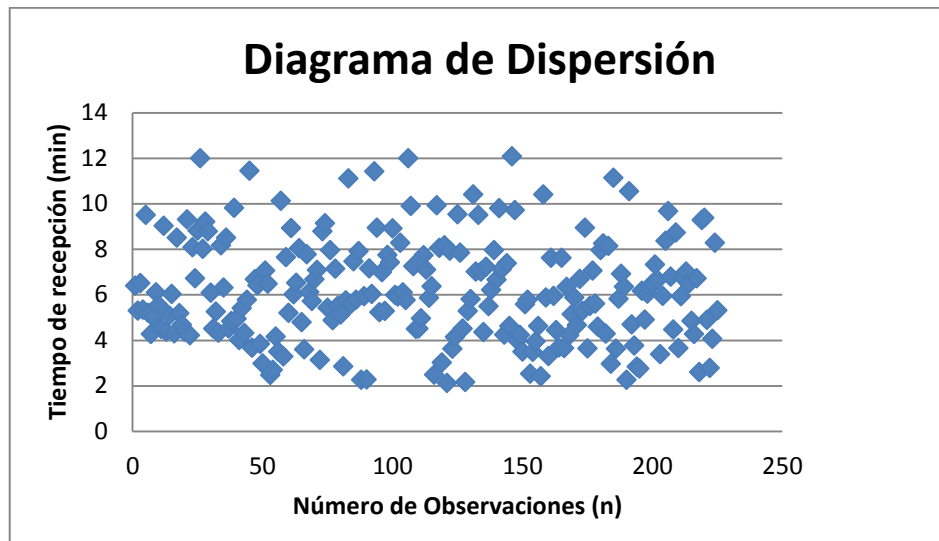
87 observaciones por encima de  $K$ ; 138 por debajo

Valor  $P = 0,857$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,857 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de recepción de vehículos**

**Independencia:**



**Figura 82.** Análisis de independencia para tiempos de recepción

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T. Recepción

Corridas por encima y por debajo de  $K = 6,13476$

El número observado de corridas = 122

El número esperado de corridas = 112,111

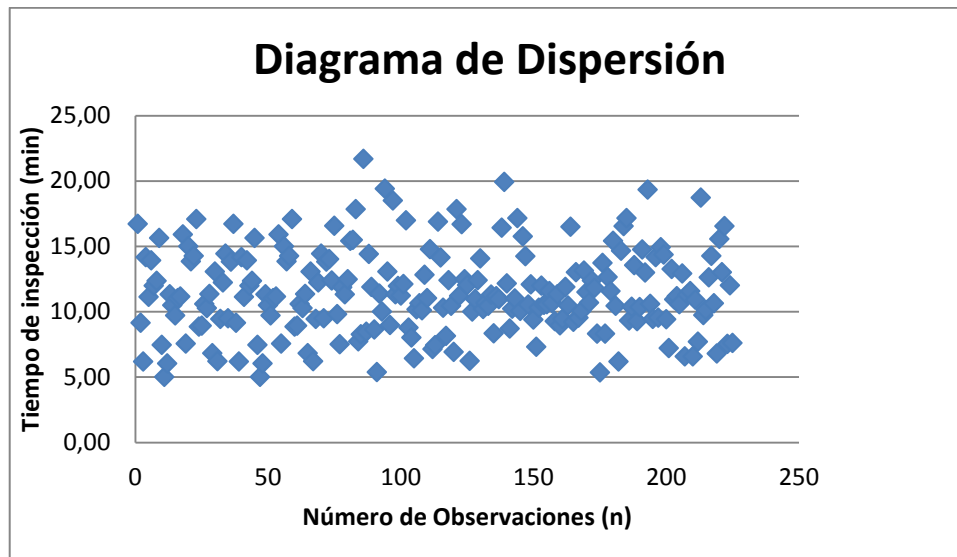
100 observaciones por encima de  $K$ ; 125 por debajo

Valor  $P = 0,181$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,181 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de inspección de vehículos**

**Independencia:**



**Figura 83.** Análisis de independencia para tiempos de inspección

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T. Inspección

Corridas por encima y por debajo de  $K = 11,4688$

El número observado de corridas = 110

El número esperado de corridas = 111,631

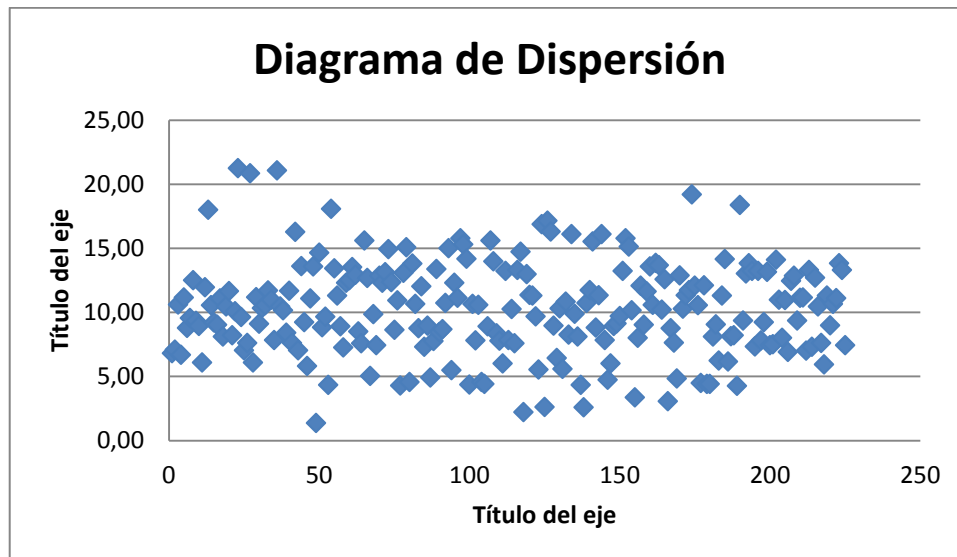
98 observaciones por encima de  $K$ ; 127 por debajo

Valor  $P = 0,825$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,825 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de pedido y despacho de repuestos**

**Independencia:**



**Figura 84.** Análisis de independencia para tiempos de repuestos

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T. Repuestos

Corridas por encima y por debajo de  $K = 10,2325$

El número observado de corridas = 121

El número esperado de corridas = 113,444

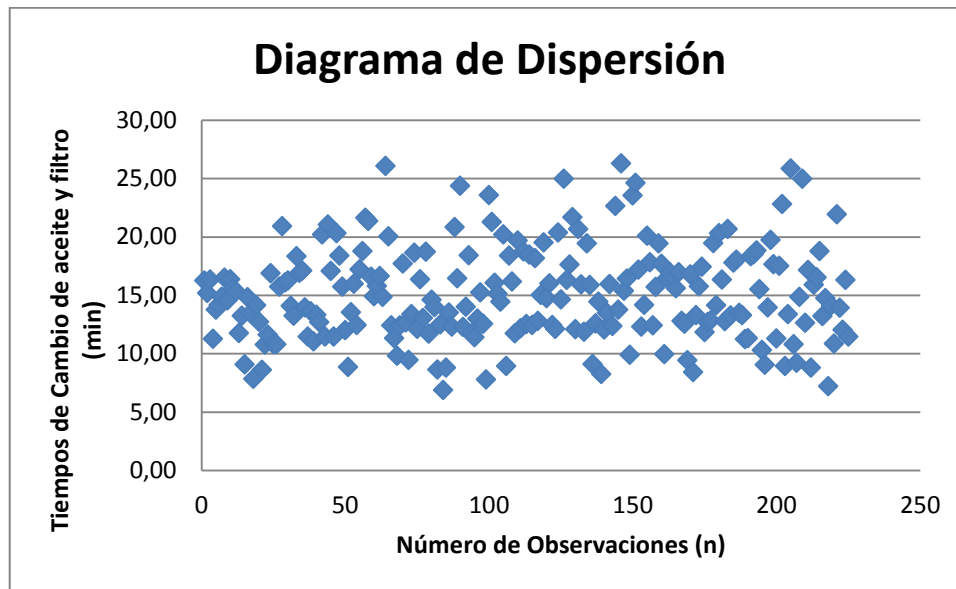
115 observaciones por encima de  $K$ ; 110 por debajo

Valor  $P = 0,312$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,312 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de cambio de aceite y filtro**

**Independencia:**



**Figura 85.** Análisis de independencia para tiempos de cambio de aceite y filtro

Fuente: Microsoft Excel ®

Se observan patrones cíclicos aparentemente en la muestra, sin embargo los datos fueron tomados en diferentes días y en diferentes observaciones a diferentes operarios, por lo que se puede concluir que existe independencia en la muestra.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T.A&F

Corridas por encima y por debajo de  $K = 15,0520$

El número observado de corridas = 110

El número esperado de corridas = 113

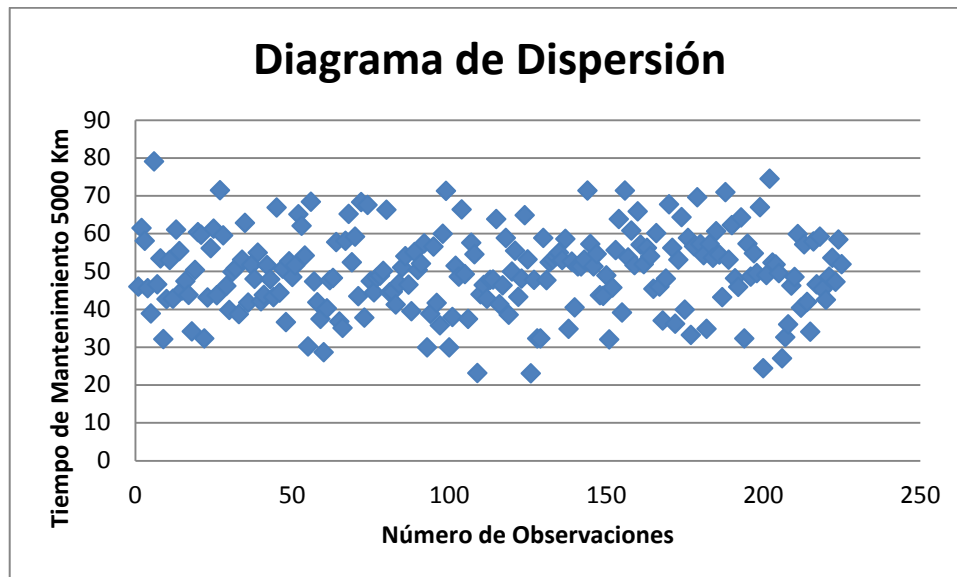
105 observaciones por encima de  $K$ ; 120 por debajo

Valor  $P = 0,687$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,687 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

- **Tiempo de mantenimiento planificado**

**Independencia:**



**Figura 86.** Análisis de independencia para tiempos de mantenimiento 5000 Km

Fuente: Microsoft Excel ®

Se observan patrones cíclicos aparentemente en la muestra, sin embargo los datos fueron tomados en diferentes días y en diferentes observaciones a diferentes operarios, por lo que se puede concluir que existe independencia en la muestra.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T. Mantenimiento

Corridas por encima y por debajo de  $K = 49,8463$

El número observado de corridas = 116

El número esperado de corridas = 113,48

114 observaciones por encima de  $K$ ; 111 por debajo

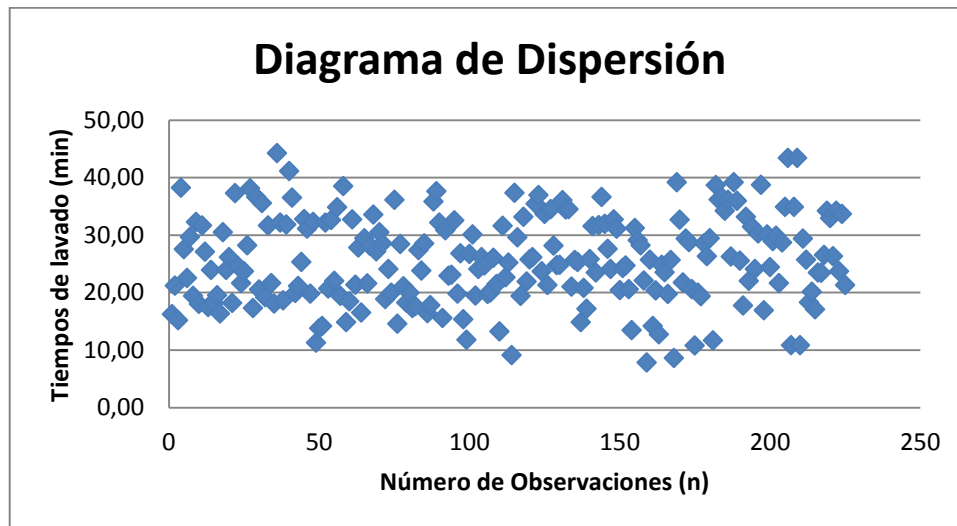
Valor  $P = 0,736$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,736 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.



- **Tiempo de lavado de vehículos**

**Independencia:**



**Figura 87.** Análisis de independencia para tiempos de lavado de vehículos

Fuente: Microsoft Excel ®

No se observan patrones que identifiquen tendencias en la muestra, por lo que se puede asumir independencia de los datos.

**Aleatoriedad:**

Prueba de corridas para T. Lavado

Corridas por encima y por debajo de  $K = 25,6335$

El número observado de corridas = 121

El número esperado de corridas = 113,391

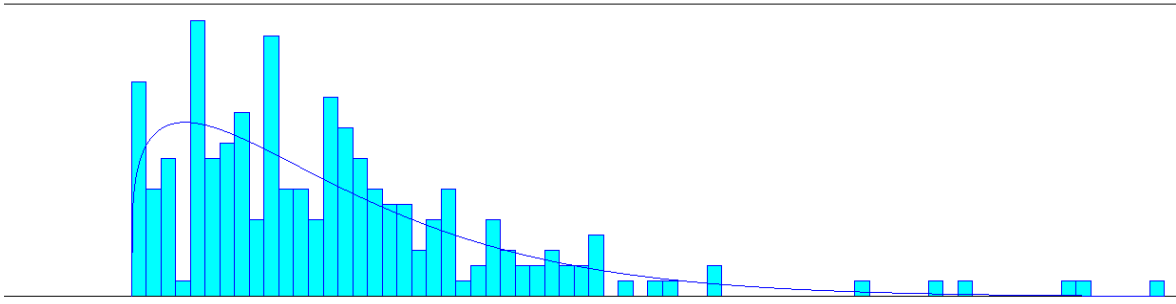
109 observaciones por encima de  $K$ ; 116 por debajo

Valor  $P = 0,309$  (Minitab 16 ®, 2013)

Con un valor  $p$  de 0,309 superior al del nivel de confianza (0,05), se puede concluir que la muestra es aleatoria.

**Anexo 3:** Análisis de distribuciones de probabilidad para las estaciones de trabajo y pruebas de bondad y ajuste

- **Tiempo de arribos Lunes, Martes, Miércoles, Jueves:**



**Figura 88.** Distribución resultante para tiempos de arribo L-J

Fuente: Input Analyzer ®

**Distribution Summary**

Distribution: Weibull

Expression:  $0.5 + \text{WEIB}(14.8, 1.22)$

Square Error: 0.008060

**Chi Square Test**

Number of intervals = 17

Degrees of freedom = 14

Test Statistic = 25.2

Corresponding p-value = 0.1348

**Data Summary**

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 1

Max Data Value = 70

Sample Mean = 14.4

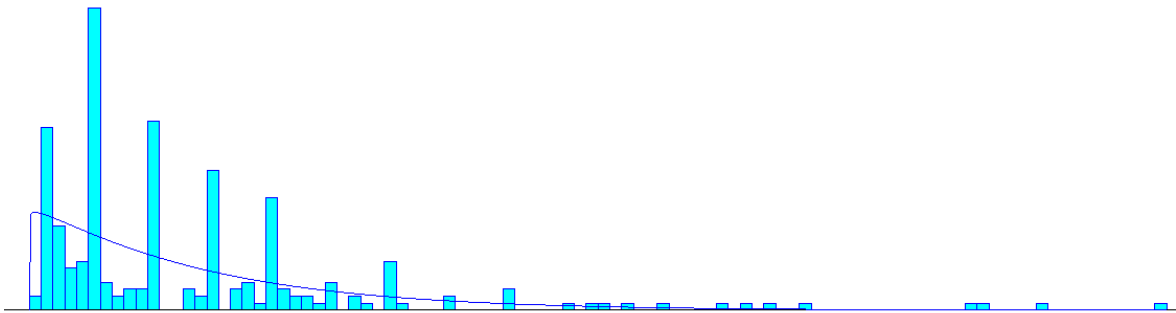
Sample Std Dev = 11.6

**Histogram Summary**

Histogram Range = 0.5 to 70.5

Number of Intervals = 70 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de arribos Viernes:**



**Figura 89.** Distribución resultante para tiempos de arribo Viernes

Fuente: Input Analyzer ®

#### Distribution Summary

Distribution: Weibull

Expression:  $0.5 + \text{WEIB}(14.5, 1.03)$

Square Error: 0.049722

#### Chi Square Test

Number of intervals = 18

Degrees of freedom = 15

Test Statistic = 197

Corresponding p-value = 0.150

#### Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 0

Max Data Value = 95

Sample Mean = 13.8

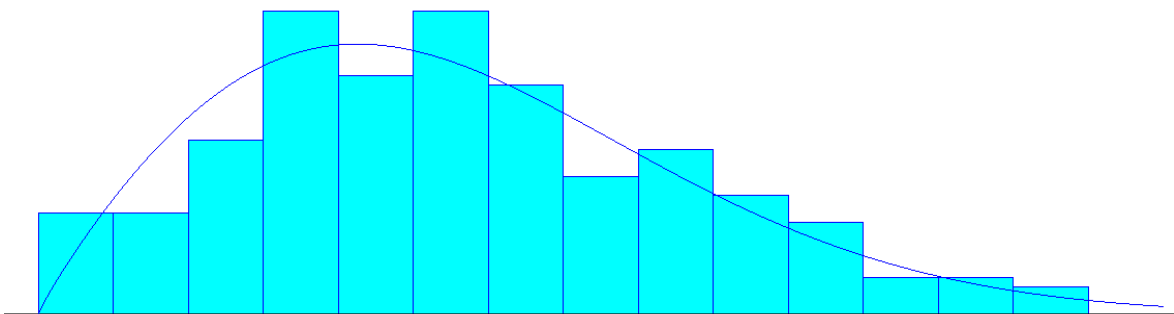
Sample Std Dev = 15.6

### Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 95.5

Number of Intervals = 96 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de recepción de vehículos:**



**Figura 90.** Distribución resultante para tiempos de recepción de vehículos

Fuente: Input Analyzer ®

### Distribution Summary

Distribution: Weibull

Expression:  $2 + WEIB(4.64, 1.89)$

Square Error: 0.003823

### Chi Square Test

Number of intervals = 10

Degrees of freedom = 7

Test Statistic = 5.77

Corresponding p-value = 0.568

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0382

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 225

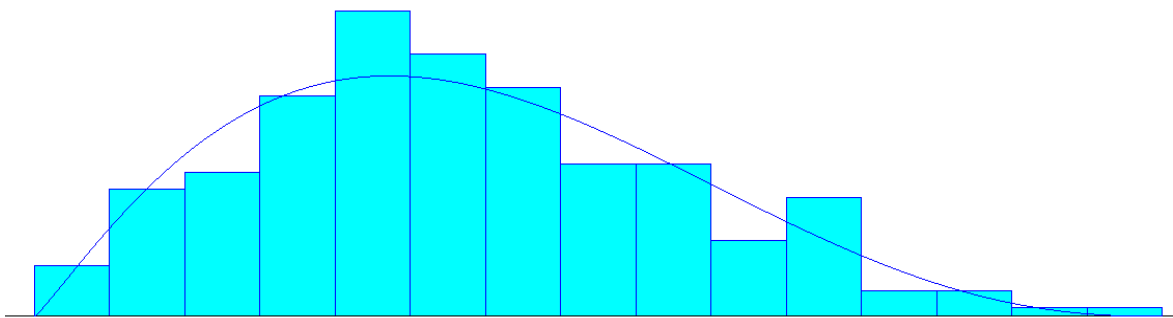
Min Data Value = 2.11

Max Data Value = 12.1  
 Sample Mean = 6.14  
 Sample Std Dev = 2.22

#### Histogram Summary

Histogram Range = 2 to 13  
 Number of Intervals = 15 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de inspección de vehículos:**



**Figura 91.** Distribución resultante para tiempos de inspección de vehículos

Fuente: Input Analyzer ®

#### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $5 + 17 * \text{BETA}(2.14, 3.48)$

Square Error: 0.003304

#### Chi Square Test

Number of intervals = 10

Degrees of freedom = 7

Test Statistic = 7.29

Corresponding p-value = 0.412

#### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0586

Corresponding p-value > 0.15

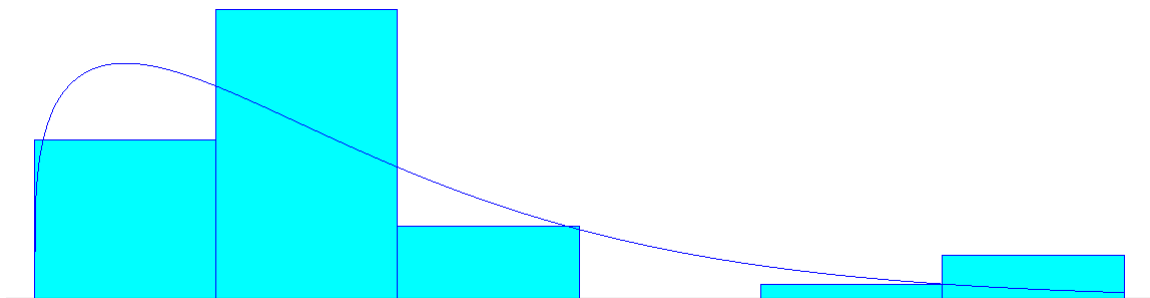
### Data Summary

Number of Data Points	= 225
Min Data Value	= 5
Max Data Value	= 21.7
Sample Mean	= 11.5
Sample Std Dev	= 3.21

### Histogram Summary

Histogram Range	= 5 to 22
Number of Intervals	= 15 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de pedido y despacho de repuestos:**



**Figura 92.** Distribución resultante para tiempos de pedido y despacho de repuestos

Fuente: Input Analyzer ®

### Distribution Summary

Distribution: Weibull

Expression:  $1 + \text{WEIB}(10.4, 2.71)$

Square Error: 0.004491

### Chi Square Test

Number of intervals = 10

Degrees of freedom = 7

Test Statistic = 11.6

Corresponding p-value = 0.121

## Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0469

Corresponding p-value &gt; 0.15

## Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 1.36

Max Data Value = 21.2

Sample Mean = 10.2

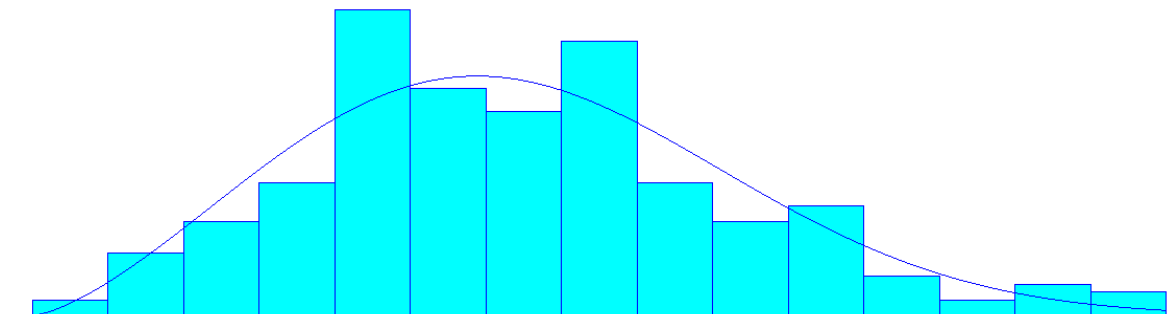
Sample Std Dev = 3.64

## Histogram Summary

Histogram Range = 1 to 22

Number of Intervals = 15 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de cambio de aceite y filtro**



**Figura 93.** Distribución resultante para tiempos de cambio de aceite y filtro

Fuente: Input Analyzer ®

## Distribution Summary

Distribution: Weibull

Expression: 6 + WEIB(10.2, 2.44)

Square Error: 0.006273

## Chi Square Test

Number of intervals = 10

Degrees of freedom = 7

Test Statistic = 13.7

Corresponding p-value = 0.0598

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0492

Corresponding p-value > 0.15

#### Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 6.89

Max Data Value = 26.3

Sample Mean = 15.1

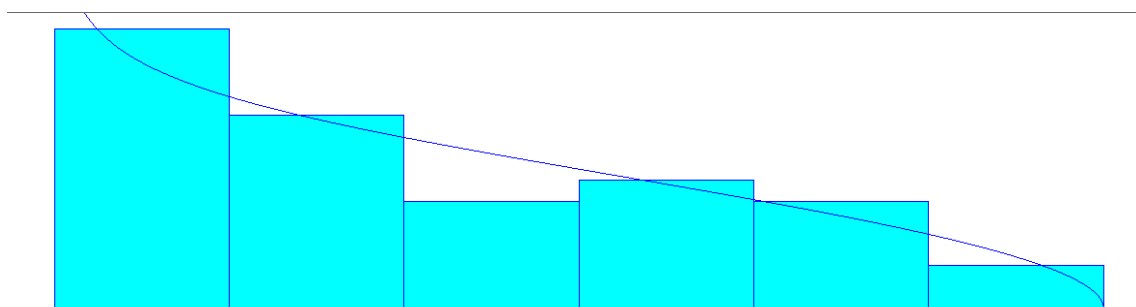
Sample Std Dev = 3.95

#### Histogram Summary

Histogram Range = 6 to 27

Number of Intervals = 15 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de mantenimiento:**



**Figura 94.** Distribución resultante para tiempos mantenimiento de 5000 KM

Fuente: Input Analyzer ®

Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $23 + 57 * \text{BETA}(3.03, 3.41)$



Square Error: 0.004317

Chi Square Test

Number of intervals = 10

Degrees of freedom = 7

Test Statistic = 9.66

Corresponding p-value = 0.218

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0492

Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 23.1

Max Data Value = 79

Sample Mean = 49.8

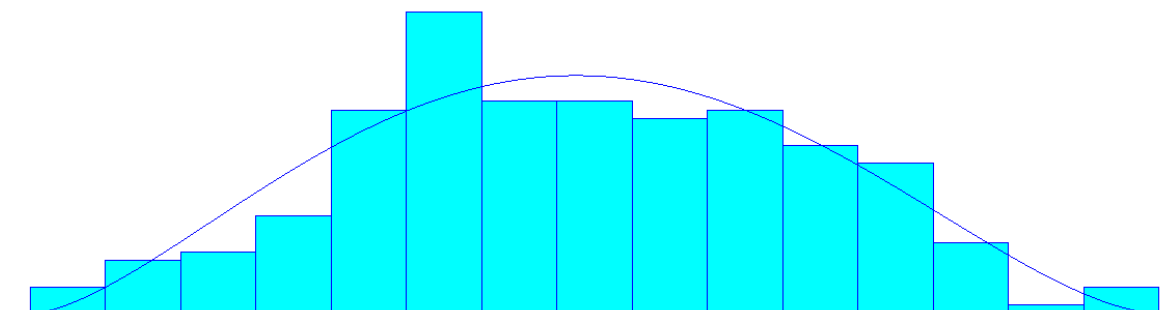
Sample Std Dev = 10.4

Histogram Summary

Histogram Range = 23 to 80

Number of Intervals = 15 (Input Analyzer ®)

- **Tiempo de lavado de vehículos:**



**Figura 95.** Distribución resultante para tiempos lavado de vehículos

Fuente: Input Analyzer ®

### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $7 + 38 * \text{BETA}(2.63, 2.74)$

Square Error: 0.003832

### Chi Square Test

Number of intervals = 11

Degrees of freedom = 8

Test Statistic = 9.16

Corresponding p-value = 0.342

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0398

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 225

Min Data Value = 7.82

Max Data Value = 44.2

Sample Mean = 25.6

Sample Std Dev = 7.58

### Histogram Summary

Histogram Range = 7 to 45

Number of Intervals = 15 (Input Analyzer ®)



- 1 Vehículos terminados
- 2 Vehículos en proceso
- 3 Bodega de Lubricantes
- 4 Bodega de Repuestos
- 5 Pulmón de ingreso de vehículos
- 6 Mantenimiento
- 7 Mecánica
- 8 Electricidad electrónica
- 9 Motores
- 10 Transmisión automática
- 11 Aire acondicionado
- 12 Oficinas de Supervisores
- 13 Baños para técnicos
- 14 Camerinos para técnicos
- 15 Bodega de Herramientas
- 16 Mecánica general
- 17 Tapicería
- 18 Vidrio
- 19 Lavado de vehículos
- 20 Cambio de aceite
- 21 Alineación y balanceo
- 22 Recepción
- 23 Oficina de postventa
- 24 Parqueaderos gerentes
- 25 Bodega de garantías
- 26 Express
- 27 Mecánica General Volvo
- 28 Espera Repuestos
- 29 Secado
- 30 Tratamiento de aguas
- Fosas
- ↔ Elevador hidroneumático
- || Bahías

Quito Motors usados

<b>DIAGRAMA DE DISPOSICION QUITO MOTORS MATRIZ 2010</b>	
ANEXO N°. 3	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascázubi
CONTIENE: PLANTA GENERAL	ESCALA: 1:500
REALIZADO POR: ARQ. MAURICIO PALOMEQUE	REVISADO POR: ING. NORMAN NARANJO

**Anexo 4:** Diagramación de las instalaciones actuales e identificación de flujos del taller

*Tabla de contenidos:*

1. Diagrama de disposición Quito Motors Matriz Levantado
2. Diagrama Espagueti para los flujos de la planta de Quito Motors S.A.C .I.



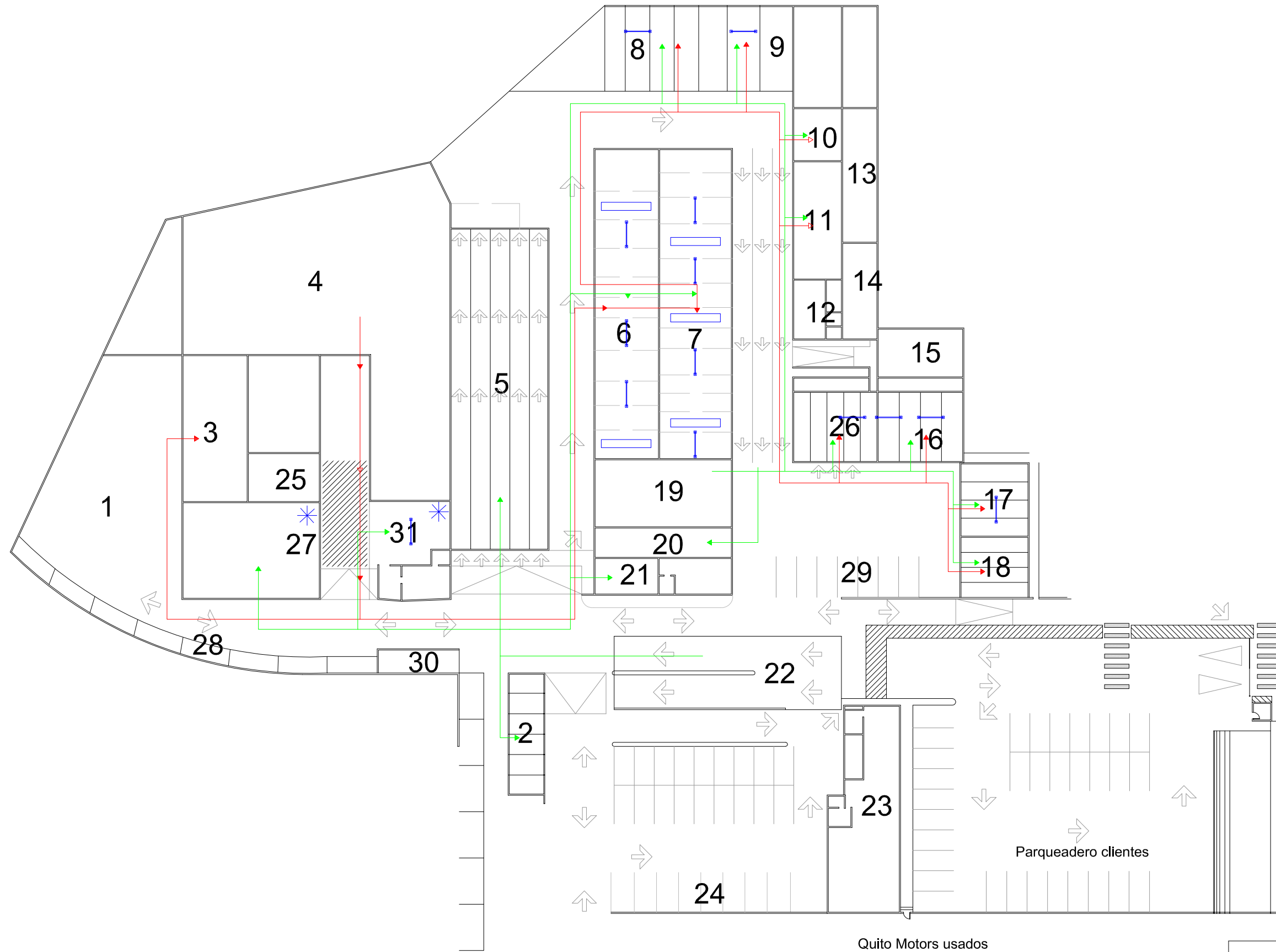
- 1 Vehículos terminados
- 2 Vehículos en proceso
- 3 Bodega de Lubricantes
- 4 Bodega de Repuestos
- 5 Pulmòn de ingreso de vehiculos
- 6 Mantenimiento
- 7 Mecànica
- 8 Electricidad electrònica
- 9 Motores
- 10 Transmisiòn automàtica
- 11 Aire acondicionado
- 12 Oficinas de Supervisores
- 13 Baños para tècnicos
- 14 Camerinos para tècnicos
- 15 Bodega de Herramientas
- 16 Mecànica general
- 17 Tapicería
- 18 Vidrio
- 19 Lavado de vehículos
- 20 Cambio de aceite
- 21 Alineaciòn y Balanceo
- 22 Recepciòn
- 23 Oficina de Ventas
- 24 Parqueaderos Gerentes
- 25 Bodega de garantías
- 26 Express
- 27 Mecànica General Volvo
- 28 Espera Repuestos
- 29 Secado
- 30 Tratamiento de aguas
- 31 Lavado y Secado
- 32 Inspecciòn-Mecànica General Volvo
- 33 Archivo - Sala de Reuniones
- Fosas
- Elevador hidroneumàtico
- Elevador - alineadora
- Balanceadora - prensa
- Garita de Ascensores de Servicio
- Basurero
- Quito Motors Satelital (SHERLOCK)

Ingreso Av. 10 de Agosto

Quito Motors usados

PLANTA GENERAL  
escala 1:500

<b>DIAGRAMA DE DISPOSICION QUITO MOTORS MATRIZ LEVANTADO</b>	
ANEXO N° 4	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascàzubi
CONTIENE: PLANTA GENERAL	ESCALA: 1:500
REALIZADO POR: JUAN PABLO MONTENEGRO SILVA	REVISADO POR: ING. ERNESTO ANDRADE



- 1 Vehículos terminados
- 2 Vehículos en proceso
- 3 Bodega de Lubricantes
- 4 Bodega de Repuestos
- 5 Pulmón de ingreso de vehículos
- 6 Mantenimiento
- 7 Mecánica
- 8 Electricidad electrónica
- 9 Motores
- 10 Transmisión automática
- 11 Aire acondicionado
- 12 Oficinas de Supervisores
- 13 Baños para técnicos
- 14 Camerinos para técnicos
- 15 Bodega de Herramientas
- 16 Mecánica general
- 17 Tapicería
- 18 Vidrio
- 19 Lavado de vehículos
- 20 Cambio de aceite
- 21 Alineación y balanceo
- 22 Recepción
- 23 Oficina de postventa
- 24 Parqueaderos gerentes
- 25 Bodega de garantías
- 26 Express
- 27 Mecánica General Volvo
- 28 Espera Repuestos
- 29 Secado
- 30 Tratamiento de aguas
- Fosas
- ↔ Elevador hidroneumático
- Bahías

→ Flujo de Repuestos  
→ Flujo de Vehículos

Quito Motors usados

<b>DIAGRAMA ESPAGUETI PARA LOS FLUJOS DE LA PLANTA DE QUITO MOTORS S.A.C.I.</b>	
ANEXO Nº. 4	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascázubi
CONTIENE: PLANTA GENERAL	ESCALA: 1:500
REALIZADO POR: JUAN PABLO MONTENEGRO S.	REVISADO POR: ING. ERNESTO ANDRADE

**Anexo 5:** Análisis de instalaciones actuales y matrices necesarias para cálculos de eficiencia*Tabla de contenidos:*

1. Matriz de Distancias entre departamentos para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
2. Matriz de Desde - Hacia para cargas unificadas entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
4. Matriz de costos para cargas unificadas en Quito Motors S.A.C.I.
5. Matriz de adyacencias para los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
6. Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

Anexo 5: Matriz de Distancias entre departamentos para la planta de Quito Motors S.A.C.I.

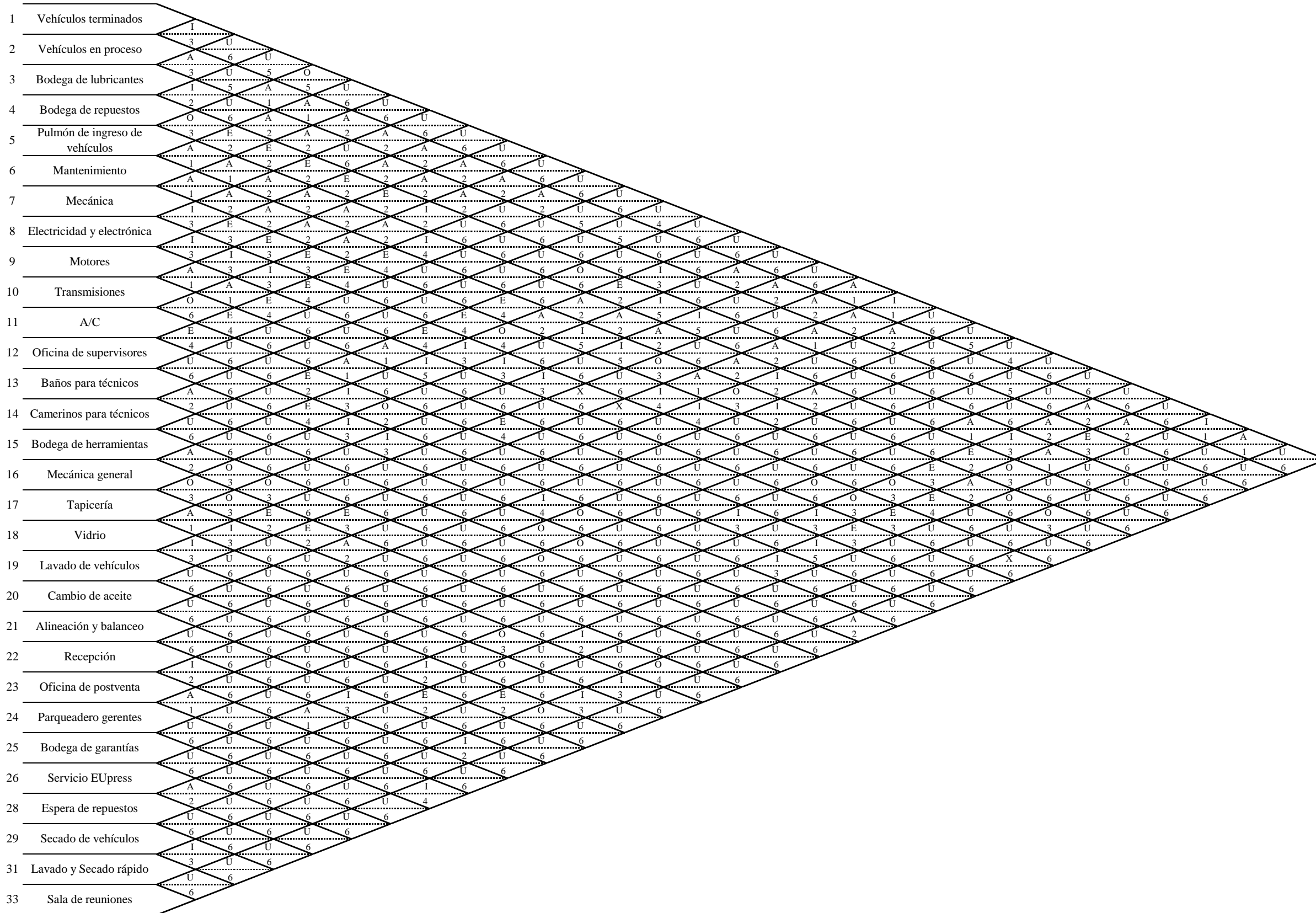
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1		62,6	11,5	23	46,5	63,7	72	81,15	94,4	92,5	89	86,5	95,6	92	98,4	98	107,5	108,5	67	68	64,65	80,3	102,25	86,8	20	37,6	20,3	30,5	91	46,6	39	24,25	72,8
2	62,6		53,6	63,75	59,4	59,4	56,8	86	90	82	72,6	63,3	79,8	68,1	67,3	61,4	64,3	61	34,2	29	23,1	25,9	42,6	24,4	48	53,6	42,4	37,9	44	16	26,5	39,2	28,5
3	11,5	53,6		17,2	35,2	52,7	60,8	72,3	84,8	82,2	78,2	75,3	84,9	80,8	87	86,5	96	97	55,5	56,7	53,6	69,6	91,9	77,3	8,5	76	12,8	27,2	79,6	38	28,6	18,4	61,6
4	23	63,75	17,2		32,5	45,9	54,3	58,8	72,8	71,9	69,8	69,3	75,8	74,4	82,2	83,5	94,5	97	56	59	57,6	74,7	97,6	85,9	17,2	73,3	28,8	43,9	80,9	49,7	37,5	34,6	64,5
5	46,5	59,4	35,2	32,5		18,8	26,2	46,4	54,9	49,9	44,2	40,2	51,3	45,8	51,8	51,9	62,2	64,5	23,8	27,6	27,8	44,7	67,4	59,4	26,9	41,5	34,8	46	48,5	34,9	22,8	38	33,3
6	63,7	59,4	52,7	45,9	18,8		8,5	31,7	37,1	31,3	25,6	23,4	32,6	28,6	36,5	39	51	55,4	23,7	29,6	33,4	46,9	67,2	65	44,8	29,7	53,5	64,4	43	50,7	40,3	56,7	34,4
7	72	56,8	60,8	54,3	26,2	8,5		31,5	33,2	25,7	18,2	15	25,6	20,2	28,2	31,4	43,8	48,8	23,6	29,5	34,4	45,4	63,9	64,3	52,7	22,9	60,9	71	38,3	55,4	46,3	63,7	33,5
8	81,15	86	72,3	58,8	46,4	31,7	31,5		16	21,3	28,1	37	28,4	38	48,6	55,9	68,4	75,2	54,5	60,5	64,8	76,8	94,8	95,7	66	50,8	77,6	91	68,5	81	69,2	82	64,7
9	94,4	90	84,8	72,8	54,9	37,1	33,2	16		10,5	20,8	31,6	17,1	30,3	39,9	48,4	60	67,7	56,4	62,2	67,4	76,5	91,4	95,8	77,7	46,2	88,4	100,7	64,6	87,8	77,1	92,5	65,3
10	92,5	82	82,8	71,9	49,9	31,3	25,7	21,3	10,5		10,5	21,4	7,3	19,9	29,6	38	49,7	57,4	48	53,5	59	66,9	81,3	86,3	74,8	36	84,5	95,7	54,3	81	71,4	88	56,2
11	89	72,6	78,2	69,8	44,2	25,6	18,2	28,1	20,8	10,5		11	75	10	20,9	28,3	40,6	47,8	38,6	44	49,7	56,6	70,6	75,8	70,2	25,5	78,9	89,2	43,8	72,9	64,2	81,4	46,1
12	86,5	63,3	75,3	69,3	40,2	23,4	15	37	31,6	21,4	11		17,2	5,6	13,7	19	32	38,2	29,4	34,4	40,2	45,7	59,8	65,5	67,2	14,5	74,1	83	32,8	65,1	58,1	76,6	36,2
13	95,6	79,8	84,9	75,8	51,3	32,6	25,6	28,4	17,1	7,3	75	17,2		14	22,9	31,4	43,1	50,8	45,5	51	56,9	63	76	82,4	77	30,8	85,9	96,6	49,8	80,4	71,9	89,4	50
14	92	68,1	80,8	74,4	45,8	28,6	20,2	38	30,3	19,9	10	5,6	14		10,8	18,2	30,6	37,8	34,4	39,4	45,2	49,7	61,7	68,6	72,6	17,1	79,8	88,7	35,1	70,6	63,7	82	40,5
15	98,4	67,3	87	82,2	51,8	36,5	28,2	48,6	39,9	29,6	20,9	13,7	22,9	10,8		9	20	27,2	36,2	39,3	45,3	45,7	54,9	64,2	14	84,8	85	92,3	28,9	72,1	67	86,4	38,3
16	98	61,4	86,5	83,5	51,9	39	31,4	55,9	48,4	38	28,3	19	31,4	18,2	9		12,7	19,4	32,6	34,6	40,2	38,3	45,4	56,3	78	10,6	82,6	89	20,6	68,1	64,5	84	33,1
17	107,5	64,3	96	94,5	62,2	51	43,8	68,4	60	49,7	40,6	32	43,1	30,6	20	12,7		8,3	40,4	40,7	45,8	38,8	39,3	53,9	87,6	21,7	91,2	95,8	20,7	73,8	71,9	91,6	38,1
18	108,5	61	97	97	64,5	55,4	48,8	75,2	67,7	57,4	47,8	38,2	50,8	37,8	27,2	19,4	8,3		41,3	40,4	45,4	35	31,8	48	89	25,9	91,6	92,9	18,4	71,8	71,6	91,2	36,7
19	67	34,2	55,5	56	23,8	23,7	23,6	54,5	56,4	48	38,6	29,4	45,5	34,4	36,2	32,6	40,4	41,3		6,1	11,3	23,5	44,6	41,5	47,3	22,6	51	56,5	24,5	36,4	31,7	51,8	11
20	68	29	56,7	59	27,6	29,6	29,5	60,5	62,2	53,5	44	34,4	51	39,4	39,3	34,6	40,7	40,4	6,1		6,1	18	39,8	35,5	48,7	25,3	50,6	54,9	22,7	33,4	31,3	51	5,4
21	64,65	23,1	53,6	57,6	27,8	33,4	34,4	64,8	67,4	59	49,7	40,2	56,9	45,2	45,3	40,2	45,8	45,4	11,3	6,1		16,9	40	32,4	45,9	31,2	46,4	49,6	27,2	27,2	26,2	46,2	8,5
22	80,3	25,9	69,6	74,7	44,7	46,9	45,4	76,8	76,5	66,9	56,6	45,7	63	49,7	45,7	38,3	38,8	35	23,5	18	16,9		22,7	19,6	62,3	32,9	61,5	60,9	19	37,6	41,5	59,7	12,9
23	102,25	42,55	91,9	97,6	67,4	67,2	63,9	94,8	91,4	81,3	70,6	59,8	76	61,7	54,9	45,4	39,3	31,8	44,6	39,8	40	22,7		20,9	84,5	45,4	82,4	80,4	27,1	58,2	63,9	80,3	34,1
24	86,8	24,4	77,3	85,9	59,4	65	64,3	95,7	95,8	86,3	75,8	65,5	82,4	68,6	64,2	56,3	53,9	48	41,5	35,5	32,4	19,6	20,9		71	52	66,5	61,8	35,8	40	49	63,5	31
25	20	48	8,5	17,2	26,9	44,8	52,7	66	77,7	74,8	70,2	67,2	77	72,6	14	78	87,6	89	47,3	48,7	45,9	62,3	84,5	71		67,8	12,5	27,7	71,3	32,9	21,4	18,2	53,9
26	87,6	53,6	76	73,3	41,5	29,7	22,9	50,8	46,2	36	25,5	14,5	30,8	17,1	84,8	10,6	21,7	25,9	22,6	25,3	31,2	32,9	45,4	52	67,8		73	80	18,3	58,8	53,7	73,9	25,2
27	20,3	42,4	12,8	28,8	34,8	53,5	60,9	77,6	88,4	84,5	78,9	74,1	85,9	79,8	85	82,6	91,2	91,6	51	50,6	46,4	61,5	82,4	66,5	12,5	73		15,3	73,4	26,6	19,5	5,9	54,8
28	30,5	37,9	27,2	43,9	46	64,4	71	91	100,7	95,7	89,2	83	96,6	88,7	92,3	89	95,8	92,9	56,5	54,9	49,6	60,9	80,4	61,8	27,7	80	15,3		76,4	23	25,1	9,6	57,9
29	91	44	79,6	80,9	48,5	43	38,3	68,5	64,6	54,3	43,8	32,8	49,8	35,1	28,9	20,6	20,7	18,4	24,5	22,7	27,2	19	27,1	35,8	71,3	18,3	73,4	76,4		53,6	53,8	73,1	18,7
30	46,6	16	38	49,7	34,9	50,7	55,4	81	87,8	81	72,9	65,1	80,4	70,6	72,1	68,1	73,8	71,8	36,4	33,4	27,2	37,6	58,2	40	32,9	58,8	26,6	23	53,6		13,2	23,2	35,4
31	39	26,5	28,6	37,5	22,8	40,3	46,3	69,2	77,1	71,4	64,2	58,1	71,9	63,7	67	64,5	71,9	71,6	31,7	31,3	26,2	41,5	63,9	49	21,4	53,7	19,5	25,1	53,8	13,2		19,9	35,3
32	24,25	39,5	18,4	34,6	38	56,7	63,7	82	92,5	88	81,4	76,6	89,4	82	86,4	84	91,6	91,2	51,8	51	46,2	59,7	80,3	63,5	18,2	73,9	5,9	9,6	73,1	23,2	19,9		54,5
33	72,8	28,5	61,6	64,5	33,3	34,4	33,5	64,7	65,3	56,2	46,1	36,2	50	40,5	38,3	33,1	38,1	36,7	11	5,4	8,5	12,9	34,1	31	53,9	25,2	54,8	57,9	18,7	35,4	35,3		







**Anexo 5:** Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.

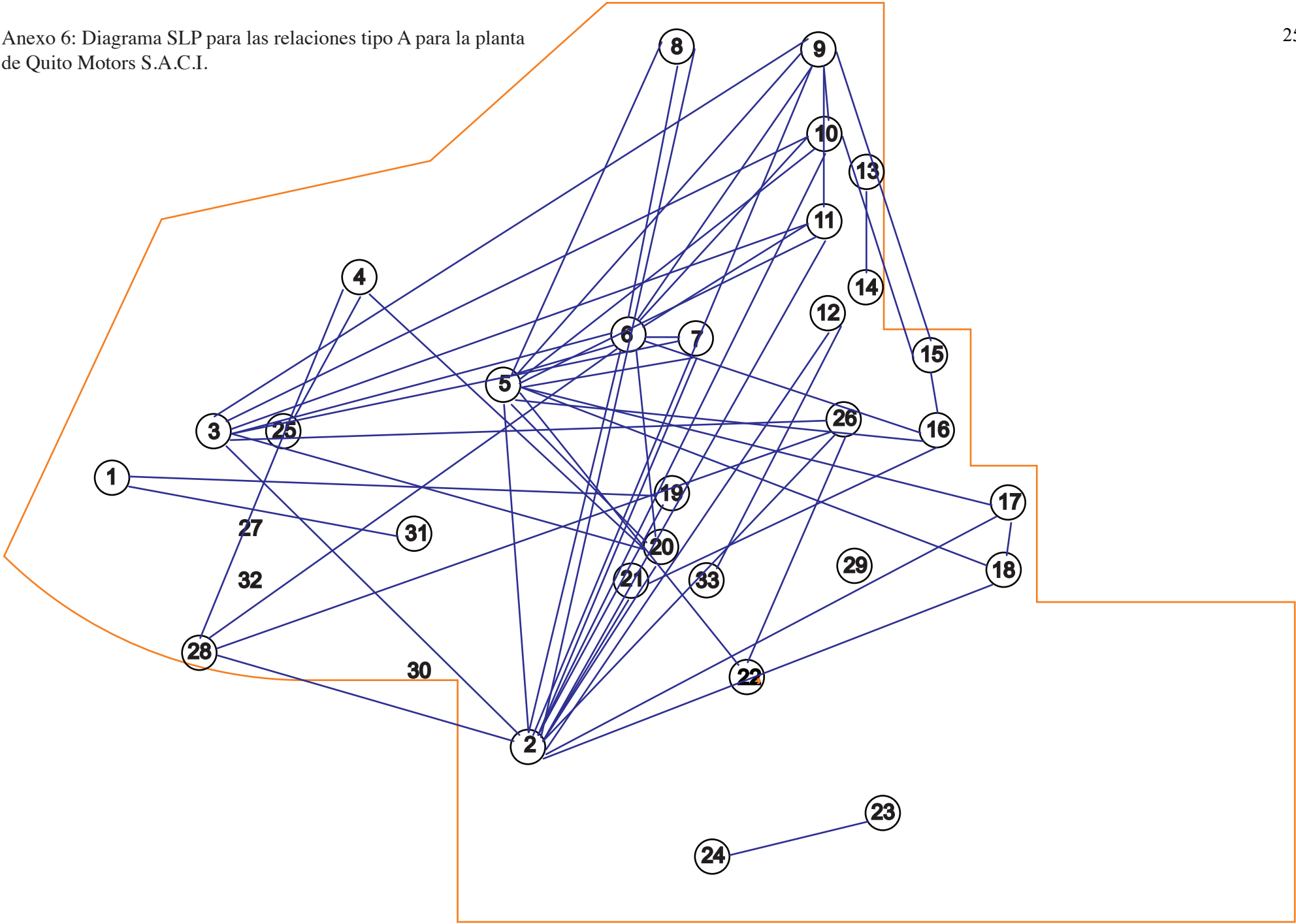


Valor	Cercanía	Código
A	Absolutamente necesaria	10
E	Muy Importante	7
I	Importante	5
O	Está bien, una cercanía normal	3
U	No es Importante	0
X	No es conveniente	-10

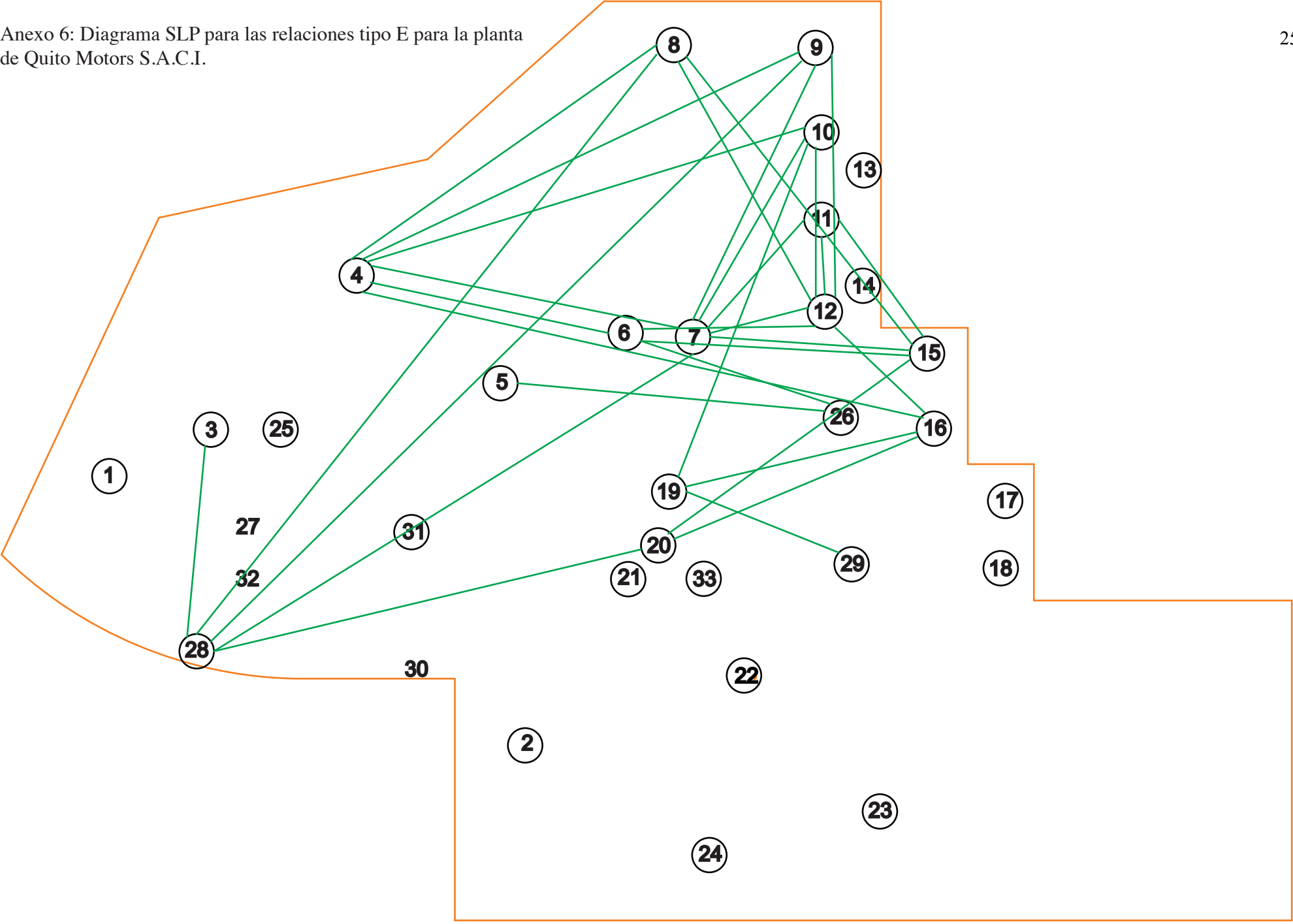
Código	Razón
1	Alta necesidad de llegar rápido
2	Media necesidad de llegar rápido
3	Baja necesidad de llegar rápido
4	Alto flujo de información
5	Bajo flujo de información
6	Distracción

**Anexo 6:** Diagramación de relaciones y procedimiento SLP*Tabla de contenidos:*

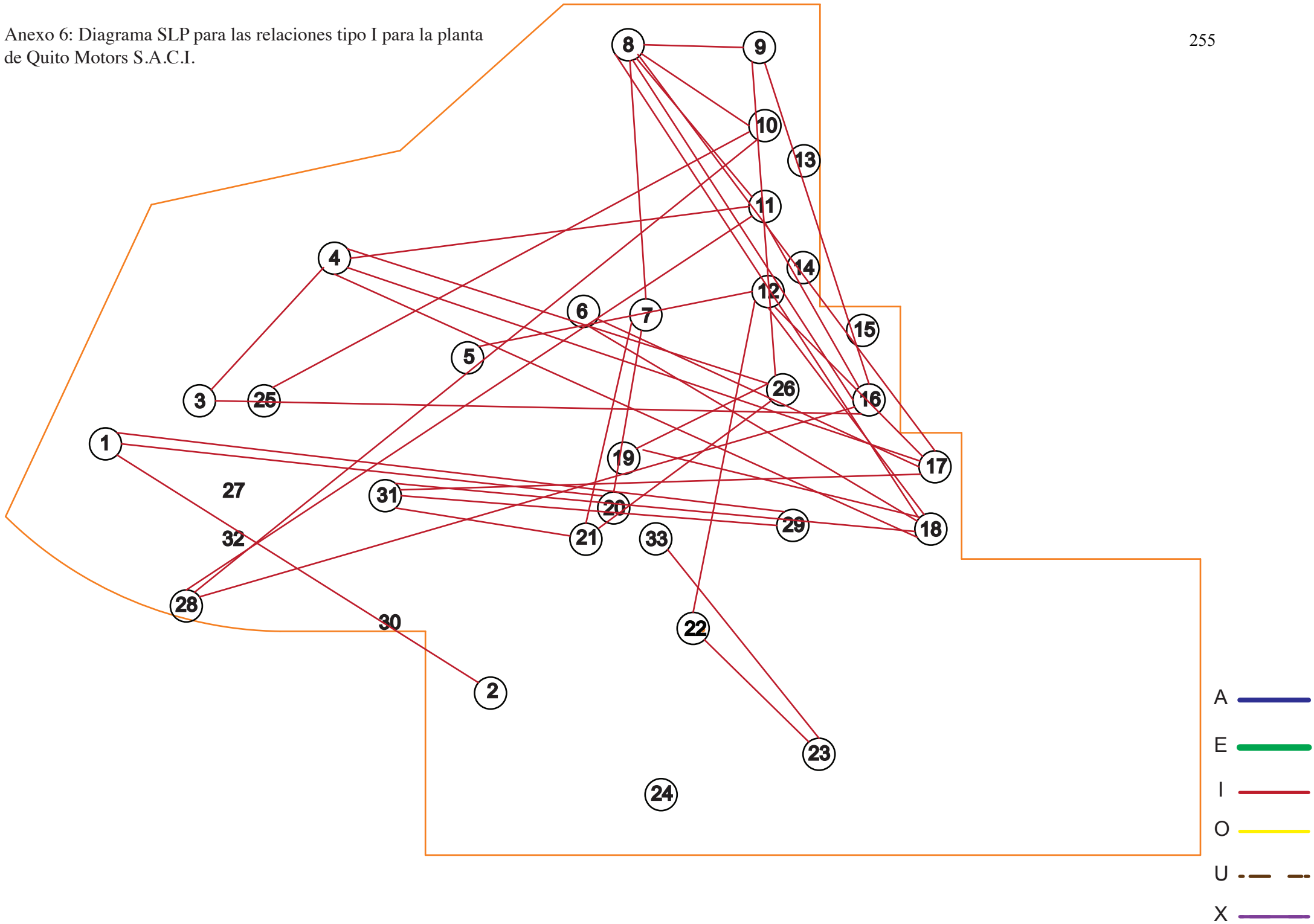
1. Diagrama SLP para las relaciones tipo A para la planta de Quito Motors S.A.C.I
2. Diagrama SLP para las relaciones tipo E para la planta de Quito Motors S.A.C.I
3. Diagrama SLP para las relaciones tipo I para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
4. Diagrama SLP para las relaciones tipo O para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
5. Diagrama SLP para las relaciones tipo U para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
6. Diagrama SLP para las relaciones tipo X para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
7. Diagrama SLP con todas las relaciones para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
8. Diagrama SLP con cuadro de áreas para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
9. Diagrama SLP con cuadro de áreas para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
10. Diagrama de instalaciones resultante del modelo SLP para la planta de Quito Motors S.A.C.I.

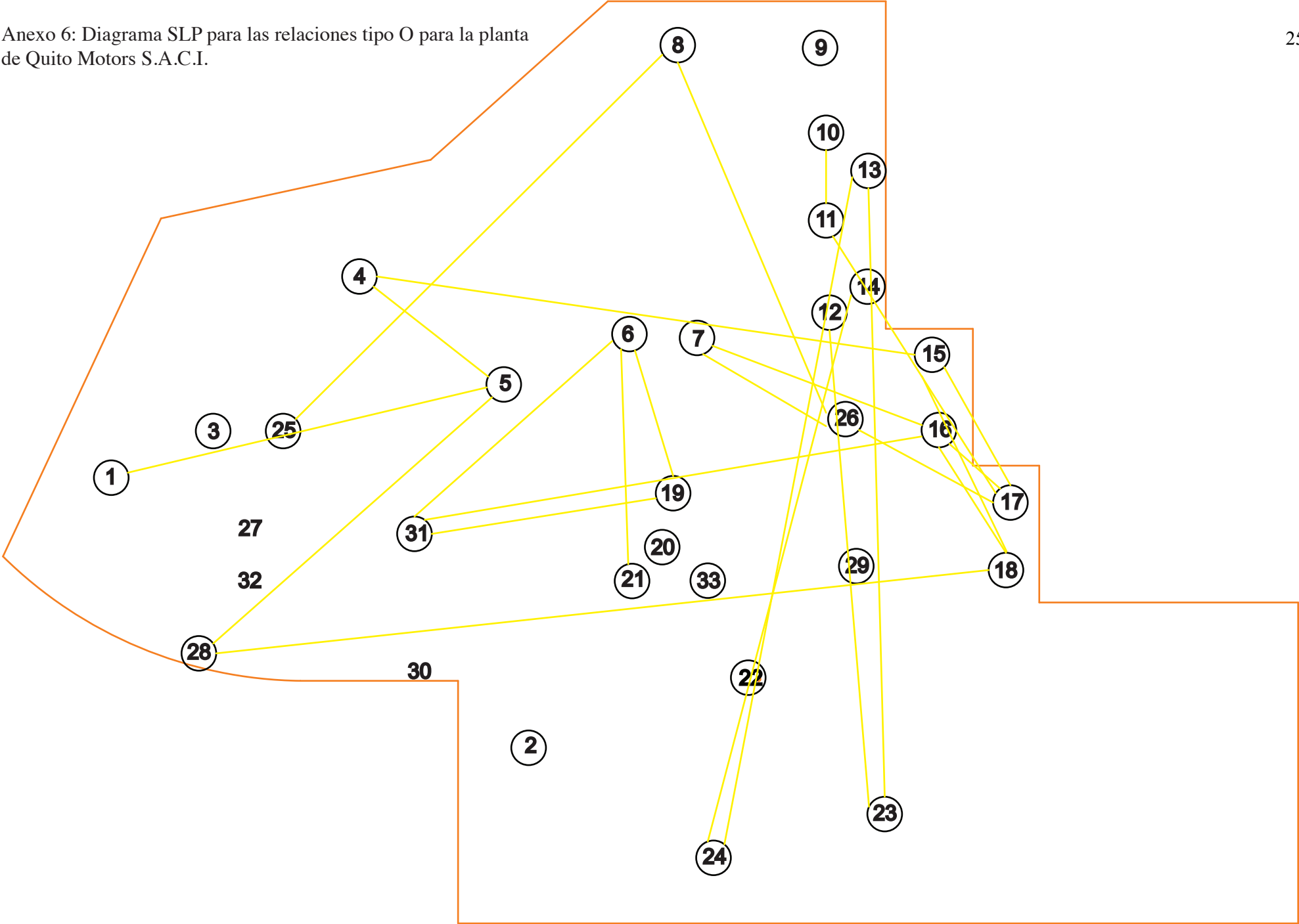


- A —
- E —
- I —
- O —
- U - - -
- X —



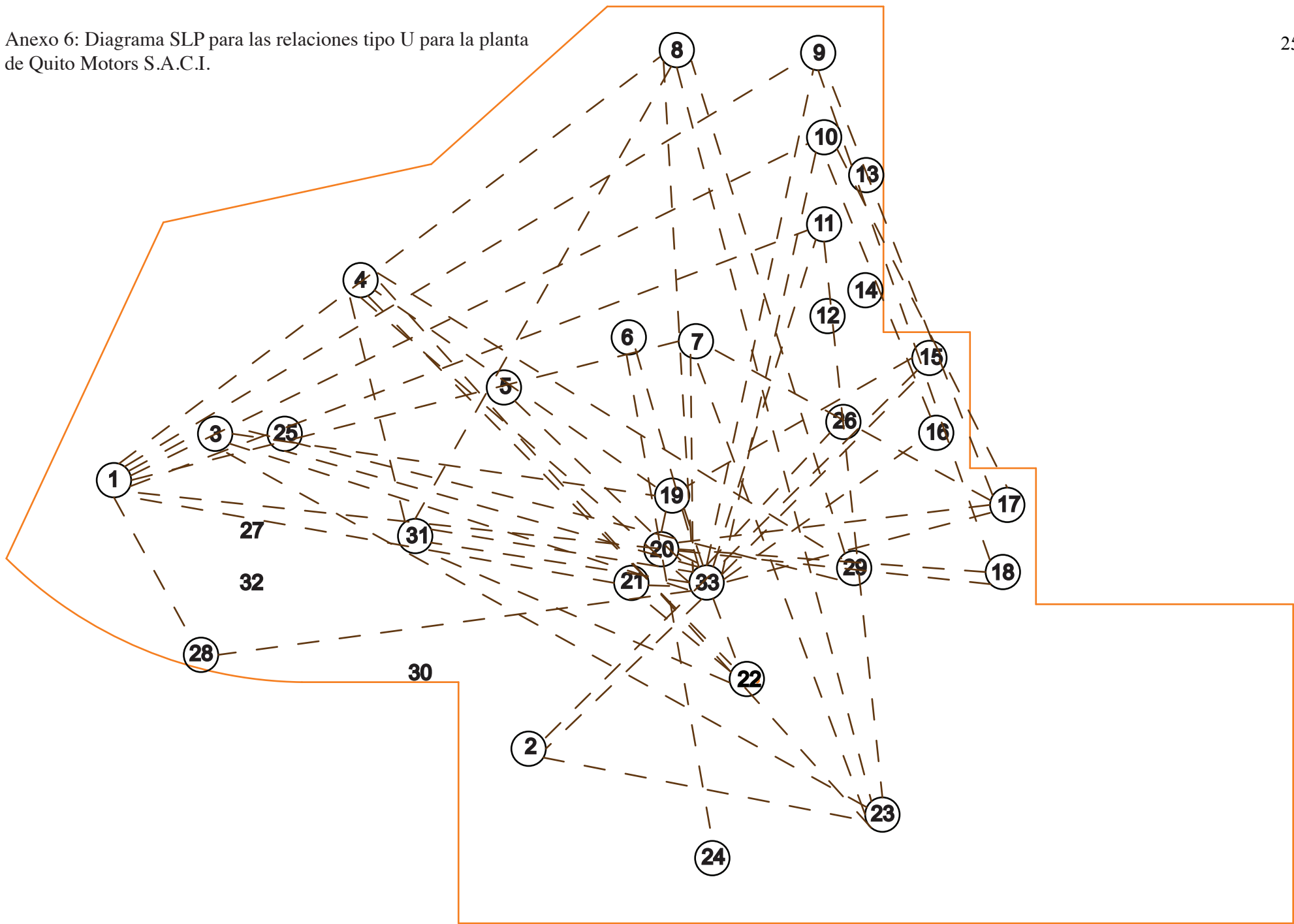
- A
- E
- I
- O
- U
- X





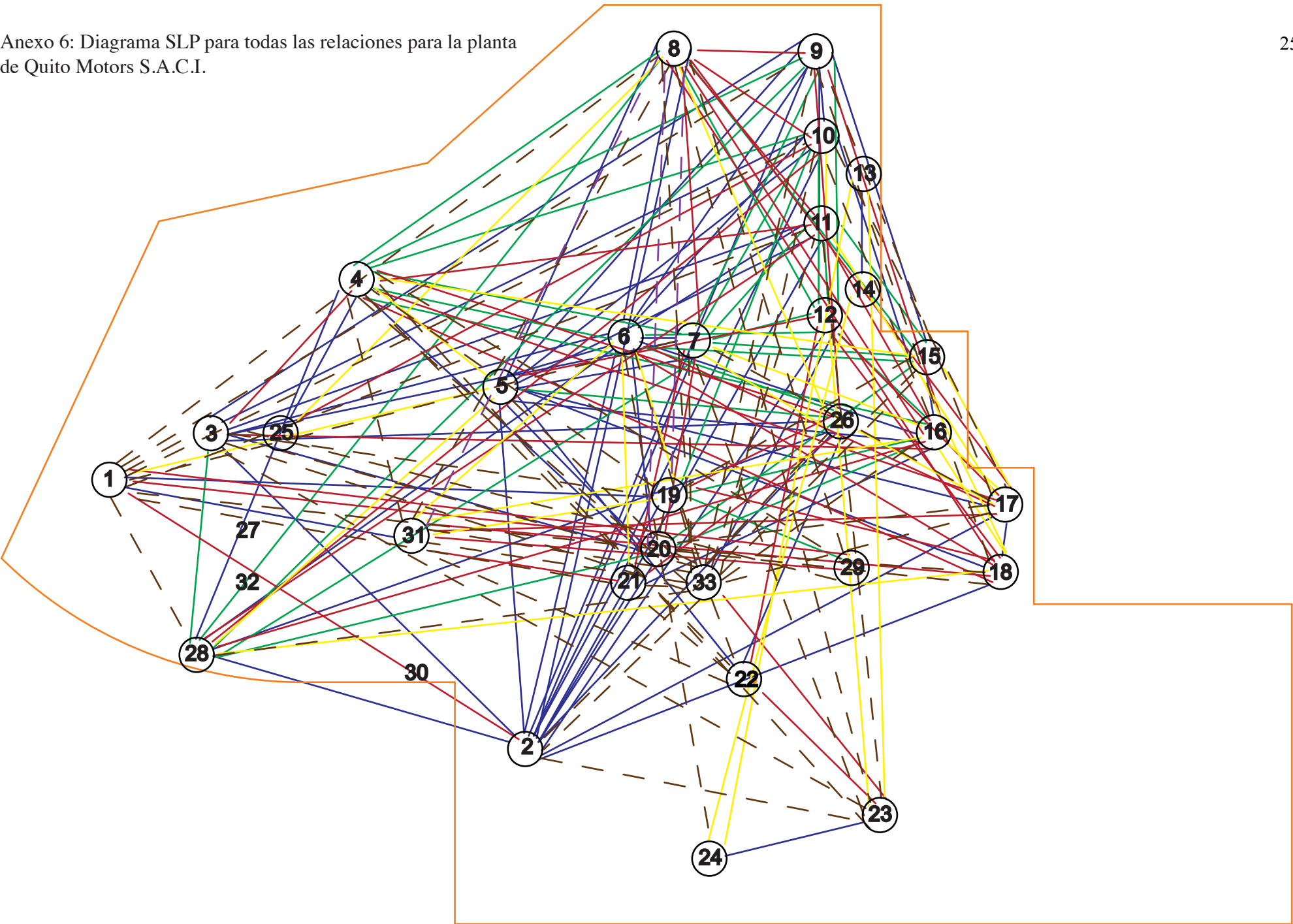
- A —
- E —
- I —
- O —
- U - -
- X —



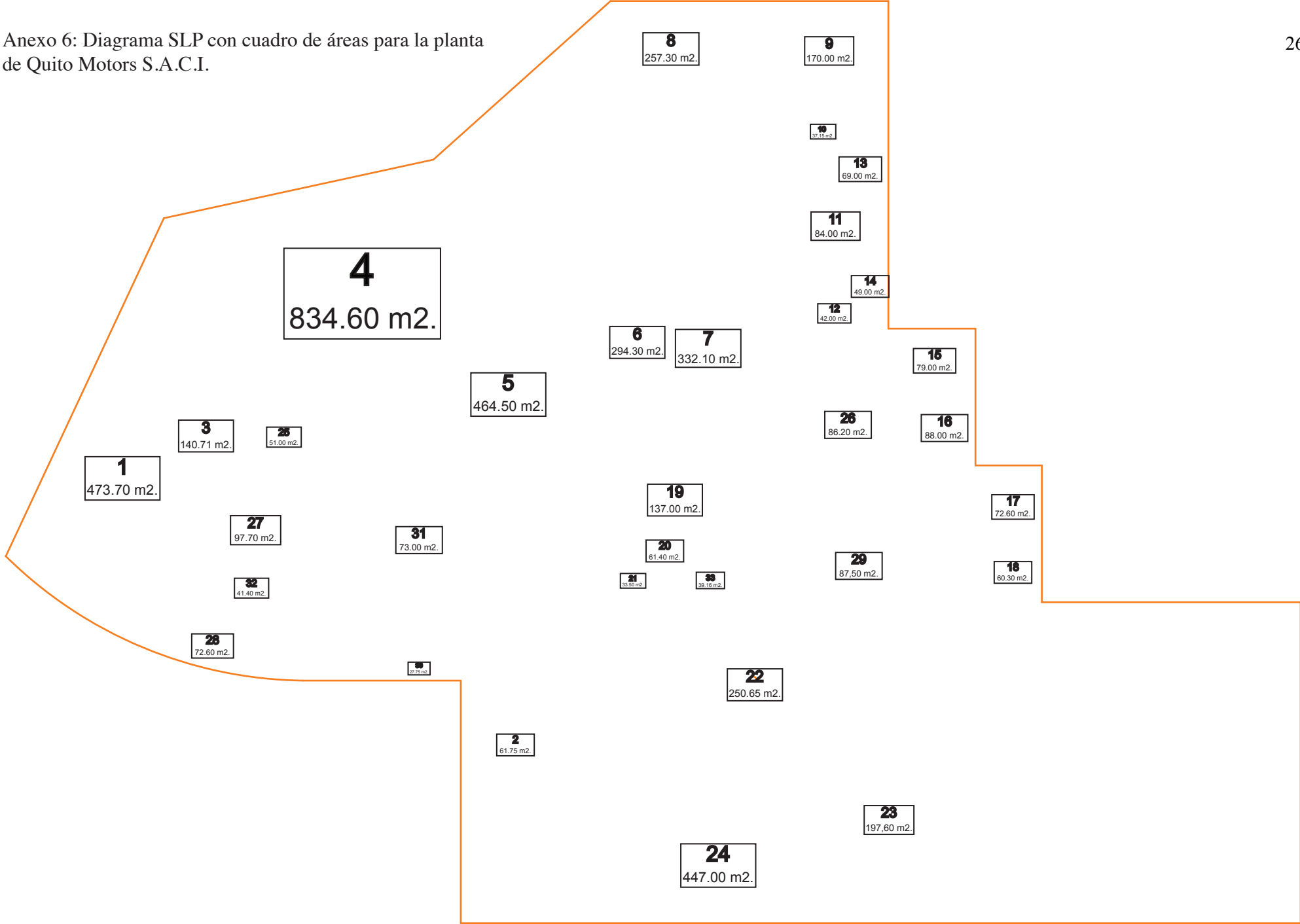


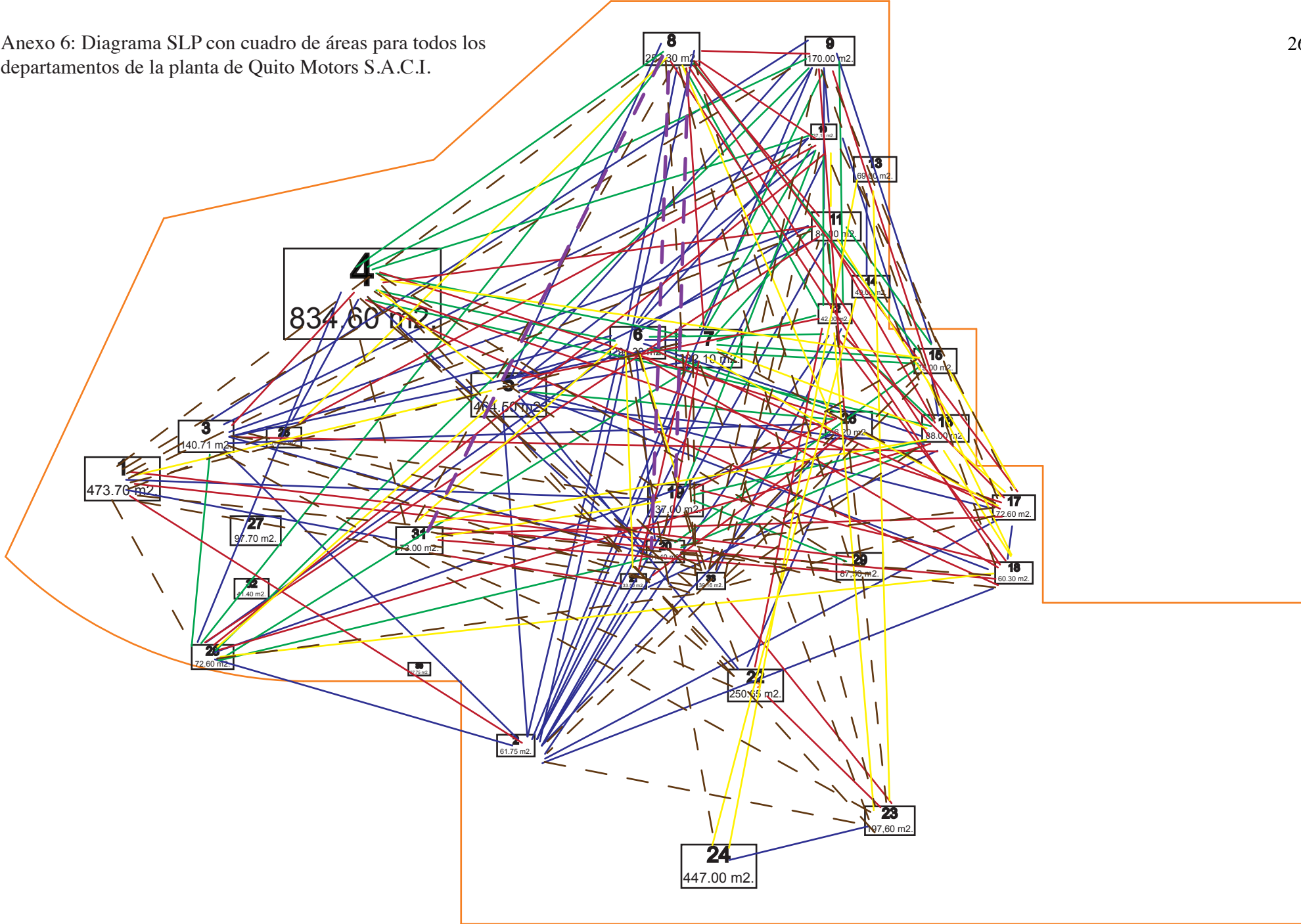
- A ———
- E ———
- I ———
- O ———
- U - - -
- X ———



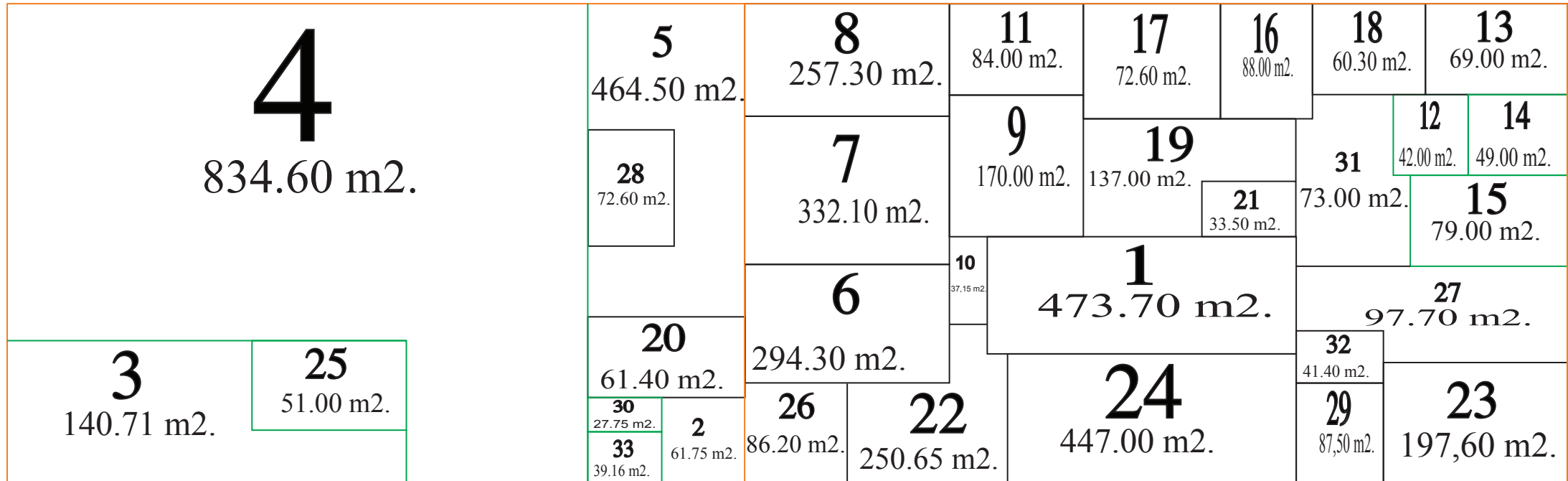


- A ———
- E ———
- I ———
- O ———
- U - - -
- X ———





- A ——— (Blue solid line)
- E ——— (Green solid line)
- I ——— (Red solid line)
- O ——— (Yellow solid line)
- U - - - - (Dashed black line)
- X - - - - (Purple dashed line)



**Anexo 7:** Matrices para cálculo de eficiencia del modelo SLP*Tabla de contenidos:*

1. Matriz de Desde - Hacia para cargas unificadas entre departamentos de la planta de Quito  
Moters S.A.C.I.
2. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito  
Moters S.A.C.I.
3. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo SLP resultante



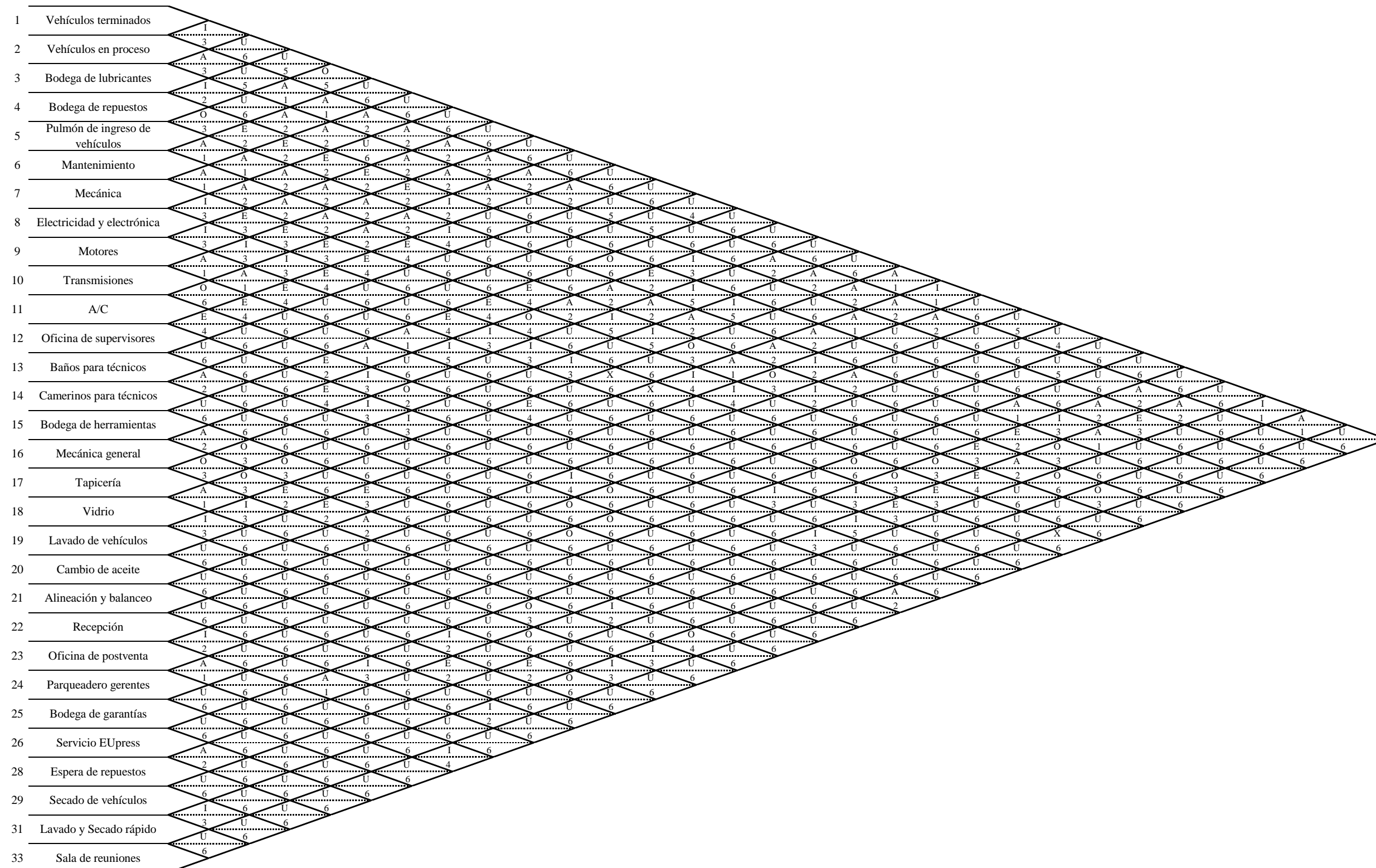




**Anexo 8:** Matrices para elaboración del modelo BLOCPLAN y cuantificación de la eficiencia*Tabla de contenidos:*

1. Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
2. Diagrama BLOCPLAN Resultante para la planta de Quito Motors S.A.C.I.
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo BLOCPLAN
5. Matriz de distancias para modelo BLOCPLAN en Quito Motors S.A.C.I.
6. Matriz de adyacencias ponderadas para modelo BLOCPLAN

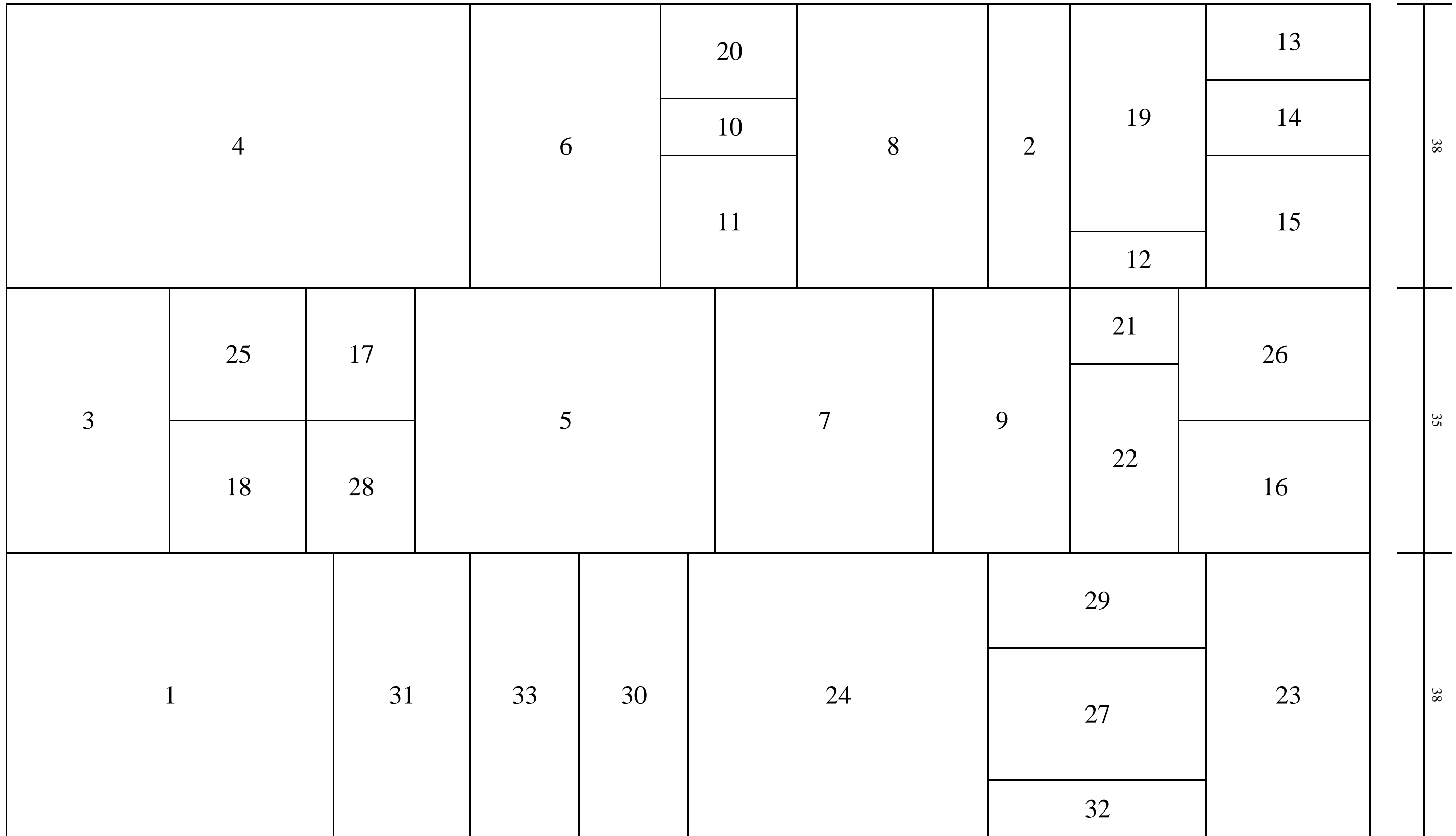
**Anexo 8:** Matriz de relaciones entre departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.



Valor	Cercanía	Código
A	Absolutamente necesaria	10
E	Muy Importante	7
I	Importante	5
O	Está bien, una cercanía normal	3
U	No es Importante	0
X	No es conveniente	-10

Código	Razón
1	Alta necesidad de llegar rápido
2	Media necesidad de llegar rápido
3	Baja necesidad de llegar rápido
4	Alto flujo de información
5	Bajo flujo de información
6	Distracción

Anexo 8: Diagrama BLOCPLAN Resultante para la planta de Quito Motors S.A.C.I.





**Anexo 8:** Matriz de distancias para modelo BLOCPAN en Quito Motors S.A.C.I.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1		78,21	46,6	74,23	40,48	76,4	45,67	70,7	44,86	89,9	80,16	83	99,15	88	79,4	68,4	32,32	22,2	89,9	96,4	56,3	68	49,7	35,2	46,7	60,68	59,4	23,7	55,45	20,45	12,2	57,2	20,7
2	78,21		78,21	43,2	39,7	28,3	32,6	12,2	38,9	29,7	22,8	5,60	21	11,25	8,7	22	51	63,5	11,72	30,87	22,02	12,05	69,2	72,4	44	21	33,22	56,9	41,9	57,8	76	37,7	53,6
3	46,6	51,55		28,4	20,6	35,7	30,73	39,6	45	49,2	41,4	57,3	68,6	63,1	57,45	56,4	17	24,4	61	56,5	37,12	47,75	74,35	66	8,3	46,2	56,1	25,15	59,3	52,6	52,8	57,6	63,4
4	74,23	43,2	28,4		38,8	15,5	43	32,2	58,4	25,2	22,4	47,5	52,4	50,4	51,3	58,3	42,4	52,4	47,7	32,4	42	46,1	92,2	87,3	28,2	50	63,8	51,1	70	57,4	78,7	67	89
5	40,48	39,7	20,6	38,8		37,1	10,3	30	23,8	50	40	45	60	50,5	43,1	37,7	11,6	24,5	51	56,7	19,6	31,7	54,2	48,7	14,3	27,6	35,4	17,5	38,1	20,7	41,7	36,6	51,4
6	76,4	28,3	35,7	15,5	37,1		37,3	18,3	51,6	13,9	7,2	32,6	37,2	36,2	37	46,1	44,3	56,3	32,2	21,1	32	46,1	92	83,3	31,3	39,3	54	52,7	60,8	57,4	78,6	57,2	88,3
7	45,67	32,6	30,73	43	10,3	37,3		25,6	15,7	48,7	38,4	37,5	53,4	42,7	34,5	27,5	21,3	32,5	44,3	53,4	10,3	23	49,2	46,5	22,9	17,6	26	25	29	25,2	44,2	27	52,7
8	70,7	12,2	39,6	32,2	30	18,3	25,6		36,7	24,8	15,2	17,7	30,2	23,2	19,8	27,3	40,8	54,1	21,8	29,1	17,4	15	70,2	70	33	21,3	47,7	48,05	43,5	50,3	70	39,7	79,6
9	44,86	38,9	45	58,4	23,8	51,6	15,7	36,7		61,3	51,1	42,3	59,3	46,4	37,1	23,8	31,7	39,4	50,2	65,6	19,3	27	34,1	33,7	37,7	18,2	14,9	31,1	14,6	27	39,3	14,1	45,4
10	89,9	29,7	49,2	25,2	50	13,9	48,7	24,8	61,3		10,3	32	29,9	34,9	38	50,9	58	70,6	28,3	7,4	42	38,9	94,4	94,3	44,6	46,3	60,5	66,3	68,6	70,5	91,5	64,7	100,9
11	80,16	22,8	41,4	22,4	40	7,2	38,4	15,2	51,1	10,3		26,5	30,1	30,6	31,4	32,3	48,5	61,4	25,4	16,3	31,8	30	84,9	84	35,9	36,8	51,5	55,8	59	60,5	81,4	55,2	90,6
12	83	5,6	57,3	47,5	45	32,6	37,5	17,7	42,3	32	26,5		17	5,6	6,8	22,8	56,4	68,2	8,1	32	26,7	15,5	71,1	75,4	50	24,1	34,8	62	43,6	52,6	80,2	39,2	87,4
13	99,15	21	68,6	52,4	60	37,2	53,4	30,2	59,3	29,9	30,1	17		14,1	23	39,1	70,81	84,5	9,3	25,9	43	32,5	87,6	92,3	61,7	41,2	51,3	77,3	60	78,6	96,9	55,9	104,4
14	88	11,25	63,1	50,4	50,5	36,2	42,7	23,2	46,4	34,9	30,6	5,6	14,1		9,3	25,1	61,9	74,3	7,2	33,6	31,8	20,1	74,2	78,9	55	28,2	37,5	67,3	46,2	67,8	84	42	91,7
15	79,4	8,7	57,45	51,3	43,1	37	34,5	19,8	37,1	38	31,4	6,8	23	9,3		16,2	54,6	66,7	14,6	38,5	23,7	11,6	65,2	69,6	49,4	19,1	28,4	49,5	37,1	59,2	75,8	32,9	82,5
16	68,4	22	56,4	58,3	37,7	46,1	27,5	27,3	23,8	50,9	32,3	22,8	39,1	25,1	16,2		48,8	59,5	30,7	52,8	19,3	12,5	49,1	54,3	48,1	10,3	12,5	41,5	21,1	49,5	63,1	16,9	68,7
17	32,32	51	17	42,4	11,6	44,3	21,3	40,8	31,7	58	48,5	56,4	70,81	61,9	54,6	48,8		12,7	62,1	64,7	31,2	43,3	58	49	14,8	38,9	45,1	8,9	46,3	16,6	36,6	45,5	47,1
18	22,2	63,5	24,4	52,4	24,5	56,3	32,5	54,1	39,4	70,6	61,4	68,2	84,5	74,3	66,7	59,5	12,7		47,7	76	43	55,3	58,8	47,5	25,7	50	54	8,3	53,4	14,4	29,8	54	40,4
19	20,7	53,6	63,4	89	51,4	88,3	52,7	79,6	45,4	100,9	90,6	87,4	104,4	91,7	82,5	68,7	47,1	40,4		106,6	62	72	35,4	20,2	61,5	63,5	57,4	38,4	51	31,6	10,7	54	106,6
20	96,4	30,87	56,5	32,4	56,7	21,1	53,4	29,1	65,6	7,4	16,3	32	25,9	33,6	38,5	52,8	64,7	76	95,2		46,3	41,5	98,7	99,1	52,2	49,6	64	72,8	71,7	76,7	97,5	67,6	62
21	56,3	22,02	37,12	42	19,6	32	10,3	17,4	19,3	42	31,8	26,7	43	31,8	23,7	19,3	31,2	43	26,6	46,3		12,2	52,6	52,8	28,9	9,2	21,9	35,7	30,3	47,8	64,8	25,1	72
22	68	12,05	47,75	46,1	31,7	46,1	23	15	27	38,9	30	15,5	32,5	20,1	11,6	12,5	43,3	55,3	33,8	41,5	12,2		57,3	60,4	39,3	8,4	21,9	47,9	30,3	47,8	64,8	26,2	35,4
23	49,7	69,2	74,35	92,2	54,2	92	49,2	70,2	34,1	94,4	84,9	71,1	87,6	74,2	65,2	49,1	58	58,8	23,3	98,7	52,6	57,3		15,3	68,6	48,7	36,3	52,1	27,6	44,4	38	31,8	20,2
24	35,2	72,4	66	87,3	48,7	83,3	46,5	70	33,7	94,3	84	75,4	92,3	78,9	69,6	54,3	49	47,5	79,2	99,1	52,8	60,4	15,3		61,9	51,5	42,1	40,1	34,3	33,4	23,2	38	61,5
25	46,7	44	8,3	28,2	14,3	31,3	22,9	33	37,7	44,6	35,9	50	61,7	55	49,4	48,1	14,8	25,7	83,4	52,2	28,9	39,3	68,6	61,9		37,9	48,3	23,4	51,9	30	51,3	50	63,5
26	60,68	21	46,2	50	27,6	39,3	17,6	21,3	18,2	46,3	36,8	24,1	41,2	28,2	19,1	10,3	38,9	50	53,9	49,6	9,2	8,4	48,7	51,5	37,9		14,4	42,2	22,3	40,9	56,7	18,4	57,4
27	59,4	33,22	56,1	63,8	35,4	54	26	47,7	14,9	60,5	51,5	34,8	51,3	37,5	28,4	12,5	45,1	54	32	64	21,9	21,9	36,3	42,1	48,3	14,4		45,7	8,8	42	52,7	4,5	38,4
28	23,7	56,9	25,15	51,1	17,5	52,7	25	48,05	31,1	66,3	55,8	62	77,3	67,3	49,5	41,5	8,9	8,3	42,9	72,8	35,7	47,9	52,1	40,1	23,4	42,2	45,7		45,2	7,9	27,8	45,2	51
29	55,45	41,9	59,3	70	38,1	60,8	29	43,5	14,6	68,6	59	43,6	60	46,2	37,1	21,1	46,3	53,4	68,3	71,7	30,3	30,3	27,6	34,3	51,9	22,3	8,8	45,2		40	47,5	4,2	31,6
30	20,45	57,8	52,6	57,4	20,7	57,4	25,2	50,3	27	70,5	60,5	52,6	78,6	67,8	59,2	49,5	16,6	14,4	51,6	76,7	47,8	47,8	44,4	33,4	30	40,9	42	7,9	40		21,5	40,9	10,7
31	12,2	76	52,8	78,7	41,7	78,6	44,2	70	39,3	91,5	81,4	80,2	96,9	84	75,8	63,1	36,6	29,8	71	97,5	64,8	64,8	38	23,2	51,3	56,7	52,7	27,8	47,5	21,5		50	54
32	57,2	37,7	57,6	67	36,6	57,2	27	39,7	14,1	64,7	55,2	39,2	55,9	42	32,9	16,9	45,5	54	87,7	67,6	25,1	26,2	31,8	38	50	18,4	4,5	45,2	4,2	40,9	50		95,2
33	89,9	11,72	61	47,7	51	32,2	44,3	21,8	50,2	28,3	25,4	8,1	9,3	7,2	14,6	30,7	62,1	47,7	47,4	26,6	33,8	23,3	79,2	83,4	53,9	32	42,9	68,3	51,6	71	87,7	47,4	

**Anexo 8:** Matriz de adyacencias ponderadas para modelo BLOCPAN

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	31	33				
1		5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0				
2			10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	10	0	0	10	10	10	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0			
3				5	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0	0	5	0	0	0	10	0	0	0	0	10	7	0	0	0	0	0			
4					3	7	7	7	7	7	0	0	0	0	3	7	5	5	0	10	0	0	0	0	10	5	10	0	0	0	0			
5						0	10	10	10	10	10	5	0	0	0	0	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0		
6							10	10	10	10	10	7	0	0	7	10	5	5	3	0	3	0	0	0	0	7	10	0	3	0	0	0		
7								5	7	7	7	7	0	0	7	3	0	0	0	5	5	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0		
8									5	5	5	7	0	0	7	5	5	5	-10	-10	0	0	0	0	3	7	0	-10	0	0	0	0		
9										10	10	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	0	0	0	0	0	0	
10											3	7	0	0	10	0	0	0	7	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0			

**Anexo 9:** Algoritmo CRAFT para mejoramiento de la propuesta del algoritmo SLP*Tabla de contenidos:*

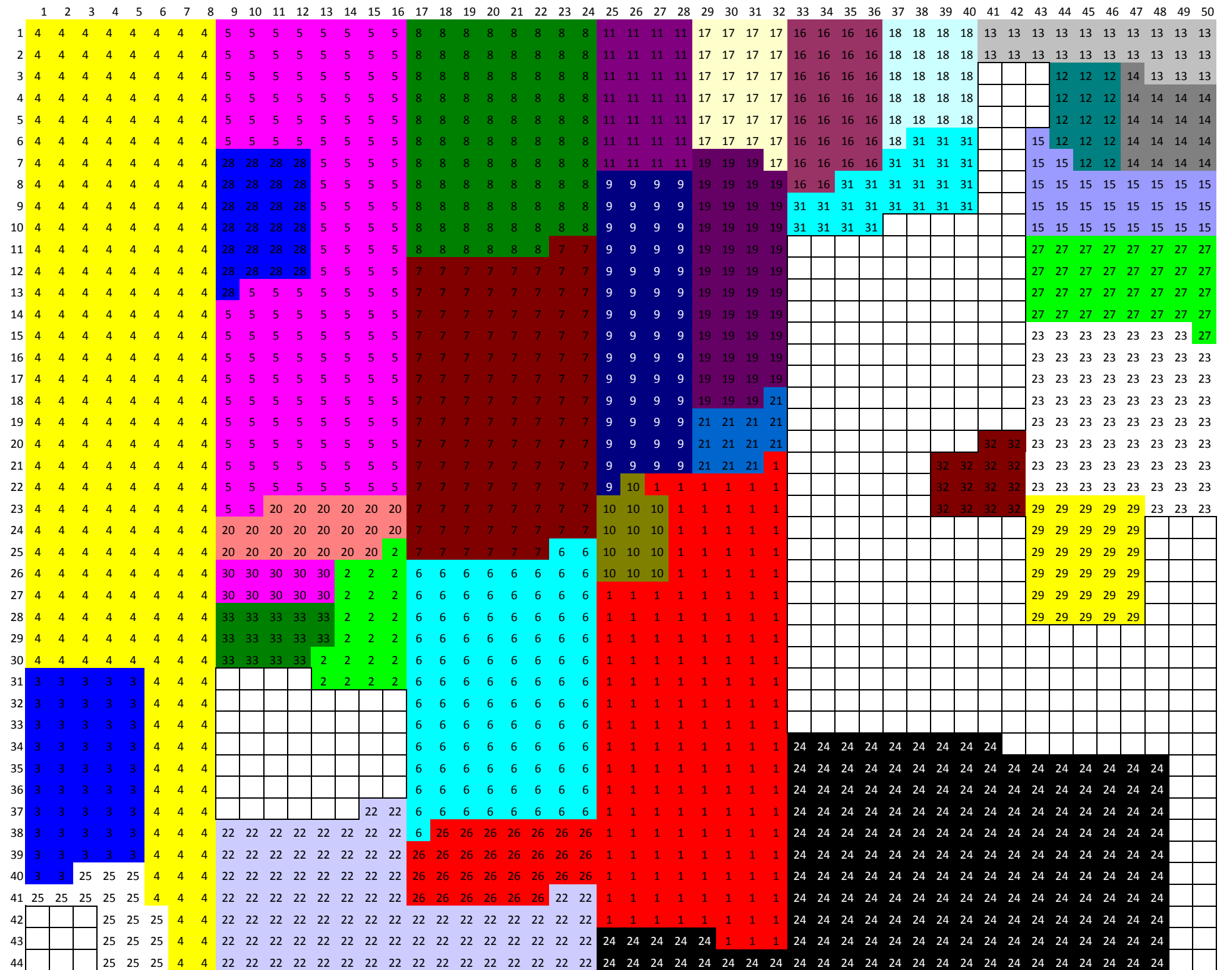
1. Plantilla de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo SLP
2. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo CRAFT resultante. SLP

Facility Layout

Problem Name:	QMM	Method:	Traditional
Number Depts.:	33	Layout:	Blank
Length(cells):	44	Fill Departments:	No
Width(cells):	50	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	2200	Number Aisles:	10
Cost:	0	Dept. Width:	5

- Random Layout
- Evaluate
- Show Flows
- Solve
- Switch
- Change Facility

Department	Color	Area-requirec	Area-defined	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	158	0	0	0	1
D 2	2	21	0	0	0	2
D 3	3	47	0	0	0	3
D 4	4	279	0	0	0	4
D 5	5	155	0	0	0	5
D 6	6	99	0	0	0	6
D 7	7	111	0	0	0	7
D 8	8	86	0	0	0	8
D 9	9	57	0	0	0	9
D 10	10	13	0	0	0	10
D 11	11	28	0	0	0	11
D 12	12	14	0	0	0	12
D 13	13	23	0	0	0	13
D 14	14	17	0	0	0	14
D 15	15	27	0	0	0	15
D 16	16	30	0	0	0	16
D 17	17	25	0	0	0	17
D 18	18	21	0	0	0	18
D 19	19	46	0	0	0	19
D 20	20	21	0	0	0	20
D 21	21	12	0	0	0	21
D 22	22	84	0	0	0	22
D 23	23	66	0	0	0	23
D 24	24	149	0	0	0	24
D 25	25	17	0	0	0	25
D 26	26	29	0	0	0	26
D 27	27	33	0	0	0	27
D 28	28	25	0	0	0	28
D 29	29	30	0	0	0	29
D 30	30	10	0	0	0	30
D 31	31	25	0	0	0	31
D 32	32	14	0	0	0	32
D 33	33	14	0	0	0	33









**Anexo 10:** Algoritmo CRAFT para mejoramiento de la propuesta del algoritmo BLOCPLAN*Tabla de contenidos:*

1. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN
2. Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN
3. Matriz Flujo Entre para cargas unificadas de los departamentos de la planta de Quito Motors S.A.C.I.
4. Matriz de adyacencias para los departamentos del modelo CRAFT resultante. BLOCPLAN
5. Matriz de distancias entre departamentos para Instalaciones Propuestas

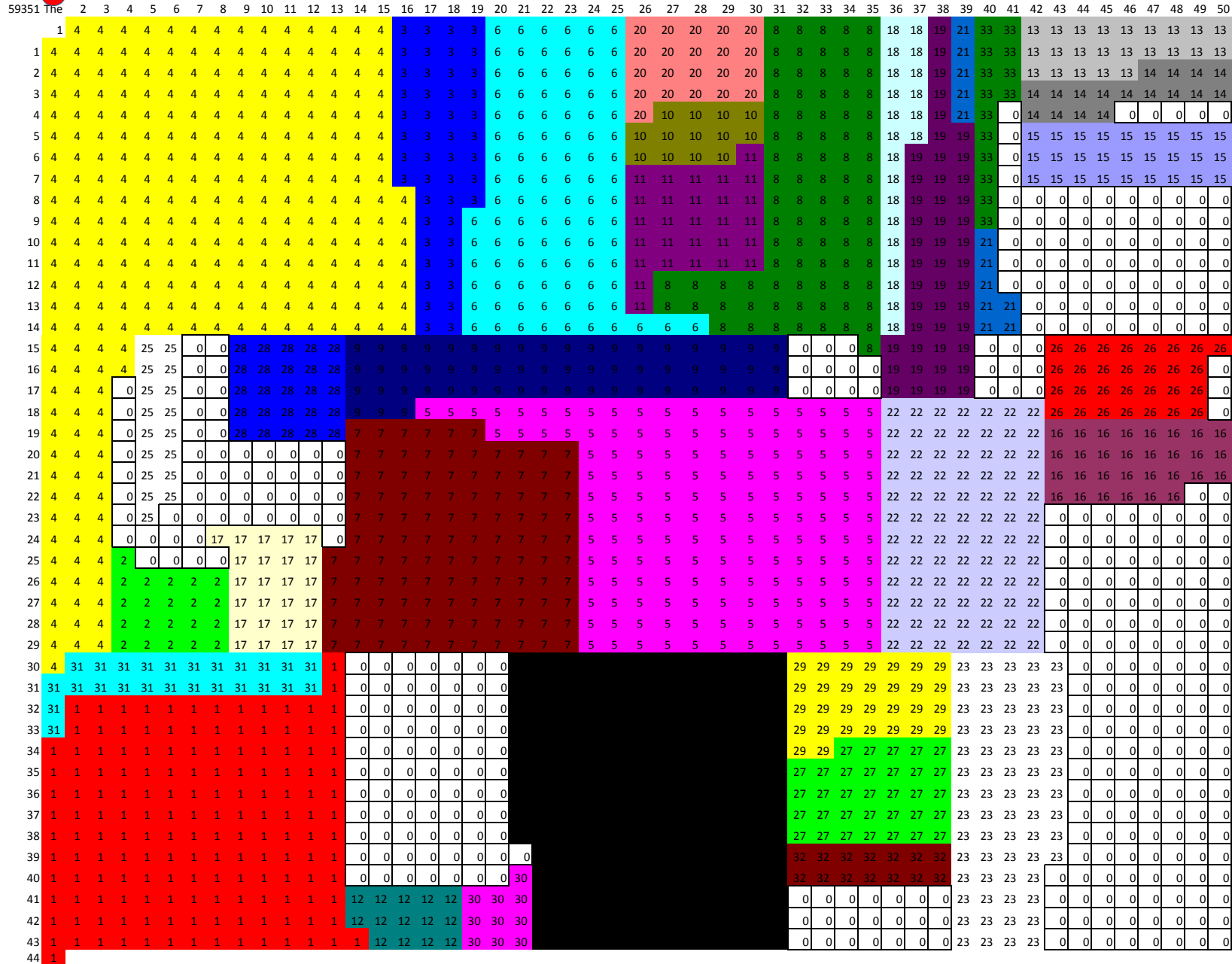
Anexo 10: Plantilla Inicial de Jensen para modelo CRAFT para mejoramiento del modelo BLOCPLAN

Facility Layout

Problem Name:	QMM	Method:	Traditional
Number Depts.:	33	Layout:	Blank
Length(cells):	44	Fill Departments:	No
Width(cells):	50	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	2200	Number Aisles:	10
Cost:	59351	Dept. Width:	5



Department	Color	Area-require	Area-defined	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	158	158	6,65822792	37,9810143	1
D 2	2	21	21	5,40476179	27,8809528	2
D 3	3	47	47	17,0319157	6,32978725	3
D 4	4	279	279	6,70430088	10,0806456	4
D 5	5	155	155	28,3645153	23,6354847	5
D 6	6	99	99	21,924242	7,9848485	6
D 7	7	111	111	17,6441441	24,8153152	7
D 8	8	86	86	32,0232544	8,26744175	8
D 9	9	57	57	21,6052628	16,6052628	9
D 10	10	13	13	27,5	5,5	10
D 11	11	28	28	27,4285717	9,64285755	11
D 12	12	14	14	15,6428576	42,4285698	12
D 13	13	23	23	45,0652161	1,326087	13
D 14	14	17	17	45,5	3,5	14
D 15	15	27	27	45,5	6,5	15
D 16	16	30	30	45,7999992	20,8999996	16
D 17	17	25	25	9,89999962	26,8999996	17
D 18	18	21	21	35,7857132	6,21428585	18
D 19	19	46	46	37,391304	10,978261	19
D 20	20	21	21	27,4047623	2,11904764	20
D 21	21	12	12	39,25	8,58333302	21
D 22	22	84	84	38,5	24	22
D 23	23	66	66	40,378788	36,6969681	23
D 24	24	149	149	25,6677856	36,8489914	24
D 25	25	17	17	4,97058821	19,2647057	25
D 26	26	29	29	45,6379318	16,9482765	26
D 27	27	33	33	34,651516	36,621212	27
D 28	28	25	25	10,5	17,5	28
D 29	29	30	30	34,3333321	32,1666679	29
D 30	30	10	10	19,6000004	42,2999992	30
D 31	31	25	25	5,78000021	31,0599995	31
D 32	32	14	14	34,5	40	32
D 33	33	14	14	39,7857132	4,14285707	33



Index	Init. Seq.	Iter.	Type	Action	Cost
1	1				
2	2	1	Switch	17 and 28	77126
3	3	2	Switch	12 and 33	72677
4	4	3	Switch	4 and 3	66868
5	5	4	Switch	19 and 33	65679
6	6	5	Switch	5 and 7	64225
7	7	6	Switch	1 and 31	63918
8	8	7	Switch	19 and 21	62908
9	9	8	Switch	2 and 18	60875
10	10	9	Switch	5 and 9	59351
11	11	10	Switch	4 and 25	59431
12	12				
13	13				
14	14				
15	15				
16	16				
17	17				
18	18				
19	19				
20	20				
21	21				
22	22				
23	23				
24	24				
25	25				
26	26				
27	27				
28	28				
29	29				
30	30				
31	31				
32	32				
33	33				





Anexo 10: Matriz de distancias entre departamentos para Instalaciones Propuestas

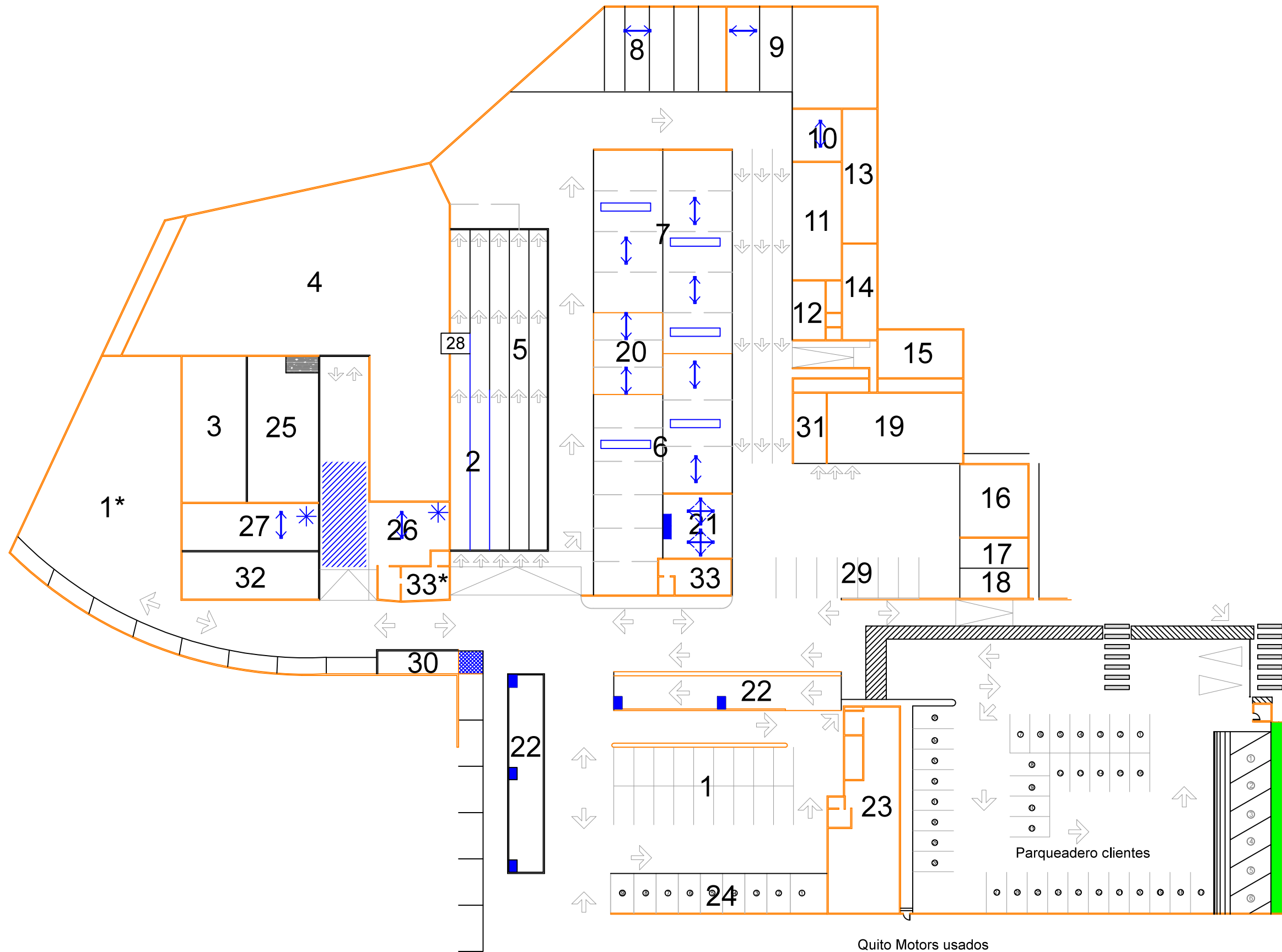
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1		48.85	74.20	81.50	49.60	48.30	67.10	90.30	90.40	80.80	70.55	59.80	77.10	63.40	59.10	49.75	45.50	43.40	49.60	53.70	31.70	18.10	20.35	13.30	66.80	47.90	63.90	62.10	31.60	38.15	45.60	61.30	25.60
2	48.85		31.80	33.50	6.25	24.90	34.60	55.80	63.80	58.15	51.50	46.10	59	51.80	56.40	64.05	64.80	65.60	52.10	23.30	28.70	33.40	64.50	61.10	23.20	12.50	28.30	14.70	49.20	25.40	41.60	30.90	31.50
3	74.20	31.80		17.50	36.40	56.50	58.70	72.10	84.70	82.10	78.10	75.20	84.90	80.80	86.90	95.85	96.65	97.30	83.10	51.50	60.70	56.30	91.90	84.20	8.70	27	12.75	31.40	79.60	37.90	72.90	18.40	61.60
4	81.50	33.50	17.50		35.30	54.80	49.10	58	71.85	71.10	69.05	68.50	75.10	73.95	81.50	93.70	95.60	96.90	79.80	46	61.50	64.60	97	93.15	18	34.90	28.70	25	80.20	49.30	69.60	34.60	63.90
5	49.60	6.25	36.40	35.30		20.30	29.30	50.20	57.70	51.90	45.30	40.15	52.70	45.80	50.90	59.70	61	62	46.70	17.10	25.70	35.80	62.75	62.50	27.95	18.10	34.10	12.60	45	30.70	36.55	36.60	28.80
6	48.30	24.90	56.50	54.80	20.30		25.60	49.40	51	42.90	33.20	24.60	40.70	29.70	31.75	39.70	40.90	42.30	27.45	13.80	9.40	34.40	48.30	54.50	47.80	34.30	52.80	30	26.10	40.60	16.70	54.20	15.60
7	67.10	34.60	58.70	49.10	29.30	25.60		23.40	28.70	23.95	19.70	21.50	26.30	25.80	35.20	52.30	56.40	59	37.30	14.20	35.80	58.90	72.90	80.10	51.30	48	60.70	27.70	26.10	59.20	29.80	64.30	41.50
8	90.30	55.80	72.10	58	50.20	49.40	23.40		15.95	21.30	28.10	37	28.40	38	48.70	68.40	73.70	76.80	54.20	37.45	58.10	82.10	94.80	103.50	66.10	67.10	78.25	44.20	69.15	80.90	50.90	82	64.80
9	90.40	63.80	84.70	71.85	57.70	51	28.70	15.95		10.40	20.70	31.60	18	29.75	39.90	59.90	65.90	69.30	47.50	42.10	59.10	85.30	91.50	103.30	78.70	75.90	88.40	54.70	64.30	87.70	47	93.30	65.30
10	80.80	58.15	82.10	71.10	51.90	42.90	23.95	21.30	10.40		10.40	21.40	7.25	19.90	29.60	50.50	55.60	59	37.10	35.30	50	76.85	81.20	93.60	74.70	69.70	84.30	51	54.70	80.90	85.80	87.80	56.05
11	70.55	51.50	78.10	69.05	45.30	33.20	19.70	28.10	20.70	10.40		10.90	6.70	10.80	20.60	39.80	44.80	49.35	27.10	28.20	39	67.30	70.80	82.10	70.15	63.10	78.80	46.70	43.80	72.80	25.40	81.80	46.10
12	59.80	46.10	75.20	68.50	40.15	24.60	21.50	37	31.60	21.40	10.90		17.20	5.70	13.70	31.80	36.80	39.80	17.30	23.70	30.60	57.70	59.80	72.20	67.20	57.30	74.25	44.40	33.10	65.10	14.50	76.60	35.80
13	77.10	59	84.90	75.10	52.70	40.70	26.30	28.40	18	7.25	6.70	17.20		16.35	23	43	49	52.50	31.20	35.70	47.50	74.60	75.90	89.40	77.50	70.40	86.10	53.50	49.20	80.40	31.50	89.20	53.10
14	63.40	51.80	80.80	73.95	45.80	29.70	25.80	38	29.75	19.90	10.80	5.70	16.35		10.60	30.40	36	39.30	17.25	29.30	34.90	62.40	61.75	75.60	72.45	63.50	80	49.90	35	70.60	17.80	82.30	40.30
15	59.10	56.40	86.90	81.50	50.90	31.75	35.20	48.70	39.90	29.60	20.60	13.70	23	10.60		20.10	26	29.40	9.60	35.70	34.50	61.10	54.40	70.15	78.60	66.30	84.70	56.90	28.80	72.10	16.25	86.40	39.40
16	49.75	64.05	95.85	93.70	59.70	39.70	52.30	68.40	59.90	50.50	39.80	31.80	43	30.40	20.10		6.40	10.10	15	48.30	36.20	57.60	39.40	58.40	87.50	71.85	91.10	68.70	20.25	73.20	24.20	91.50	37.80
17	45.50	64.80	96.65	95.60	61	40.90	56.40	73.70	65.90	55.60	44.80	36.80	49	36	26	6.40		3.70	19.50	51	36.40	54.95	33.60	53.20	88	71.60	91.10	70.75	18.20	71.70	27.20	91.10	36.60
18	43.40	65.60	97.30	96.90	62	42.30	59	76.80	69.30	59	49.35	39.80	52.50	39.30	29.40	10.10	3.70		22.50	52.90	36.95	53.75	30.30	50.50	88.80	72.40	91.30	72.15	18.70	71.15	29.45	91	37.15
19	49.60	52.10	83.10	79.80	46.70	27.45	37.30	54.20	47.50	37.10	27.10	17.30	31.20	17.25	9.60	15	19.50	22.50		33.90	27	52.60	45.15	60.80	74.90	61.70	79.85	54.80	19.20	65	10.40	80.95	30.55
20	53.70	23.30	51.50	46	17.10	13.80	14.20	37.45	42.10	35.30	28.20	23.70	35.70	29.30	35.70	48.30	51	52.90	33.90		23.60	44.70	61.80	67	43.30	34.90	50.90	21.20	38.40	45.70	24.05	53.60	28.60
21	31.70	28.70	60.70	61.50	25.70	9.40	35.80	58.10	59.10	50	39	30.60	47.50	34.90	34.50	36.20	36.40	36.95	27	23.60		27.50	39.15	45.05	51.75	35.30	54.75	37.10	19.40	38.5	18.20	55.10	6.20
22	18.10	33.40	56.30	64.60	35.80	34.40	58.90	82.10	85.30	76.85	67.30	57.70	74.60	62.40	61.10	57.60	54.95	53.75	52.60	44.70	27.50		37.30	28.30	49.40	30	45.90	47.75	37.30	20.25	45.30	43.25	22.30
23	20.35	64.50	91.90	97	62.75	48.30	72.90	94.80	91.50	81.20	70.80	59.80	75.90	61.75	54.40	39.40	33.60	30.30	45.15	61.80	39.15	37.30		21.80	84.60	64.80	82.60	75.10	27	57.55	45.70	80.40	34.30
24	13.30	61.10	84.20	93.15	62.50	54.50	80.10	103.50	103.30	93.60	82.10	72.20	89.40	75.60	70.15	58.40	53.20	50.50	60.80	67	45.05	28.30	21.80		77.40	58.10	72.80	74.65	42.50	46.40	58	69.30	38.80
25	66.80	23.20	8.70	18	27.95	47.80	51.30	66.10	78.70	74.70	70.15	67.20	77.50	72.45	78.60	87.50	88	88.80	74.90	43.30	51.75	49.40	84.60	77.40		19.50	12.60	23.60	71.20	32.40	64.25	17.90	53.15
26	47.90	12.50	27	34.90	18.10	34.30	48	67.10	75.90	69.70	63.10	57.30	70.40	63.50	66.30	71.85	71.60	72.40	61.70	34.90	35.30	30	64.80	58.10	19.50		19.30	24.10	54.10	15.65	50.90	20	35.50
27	63.90	28.30	12.75	28.70	34.10	52.80	60.70	78.25	88.40	84.30	78.80	74.25	86.10	80	84.70	91.10	91.10	91.30	79.85	50.90	54.75	45.90	82.60	72.80	12.60	19.30		33.70	73.40	26.40	69.60	6	54.80
28	62.10	14.70	31.40	25	12.60	30	27.70	44.20	54.70	51	46.70	44.40	53.50	49.90	56.90	68.70	70.75	72.15	54.80	21.20	37.10	47.75	75.10	74.65	23.60	24.10	33.70		55.90	39.30	44.60	37.95	40.80
29	31.60	49.20	79.60	80.20	45	26.10	26.10	69.15	64.30	54.70	43.80	33.10	49.20	35	28.80	20.25	18.20	18.70	19.20	38.40	19.40	37.30	27	42.50	71.20	54.10	73.40	55.90		53.60	18.90	73.10	19.20
30	38.15	25.40	37.90	49.30	30.70	40.60	59.20	80.90	87.70	80.90	72.80	65.10	80.40	70.60	72.10	73.20	71.70	71.15	65	45.70	38.5	20.25	57.55	46.40	32.40	15.65	26.40	39.30	53.60		55.90	23.15	34.90
31	45.60	41.60	72.90	69.60	36.55	16.70	29.80	50.90	47	85.80	25.40	14.50	31.50	17.80	16.25	24.20	27.20	29.45	10.40	24.05	18.20	45.30	45.70	58	64.25	50.90	69.60	44.60	18.90	55.90		70.85	23
32	61.30	30.90	18.40	34.60	36.60	54.20	64.30	82	93.30	87.80	81.80	76.60	89.20	82.30	86.40	91.50	91.10	91	80.95	53.60	55.10	43.25	80.40	69.30	17.90	20	6	37.95	73.10	23.15	70.85		54.50
33	25.60	31.50	61.60	63.90	28.80	15.60	41.50	64.80	65.30	56.05	46.10	35.80	53.10	40.30	39.40	37.80	36.60	37.15	30.55	28.60	6.20	22.30	34.30	38.80	53.15	35.50	54.80	40.80	19.20	34.90	23	54.50	

**Anexo 11:** Instalaciones propuestas para la planta de Quito Motors Matriz, consideraciones para bodega y otras estaciones de trabajo.

*Tabla de contenidos:*

1. Diagrama de disposición Quito Motors Matriz Propuesto
2. Detalles para la bodega de Quito Motors Matriz
3. Detalles para archivo y fosas para Quito Motors Matriz
4. Condiciones de almacenamiento fijo para la bodega de Quito Motors Matriz





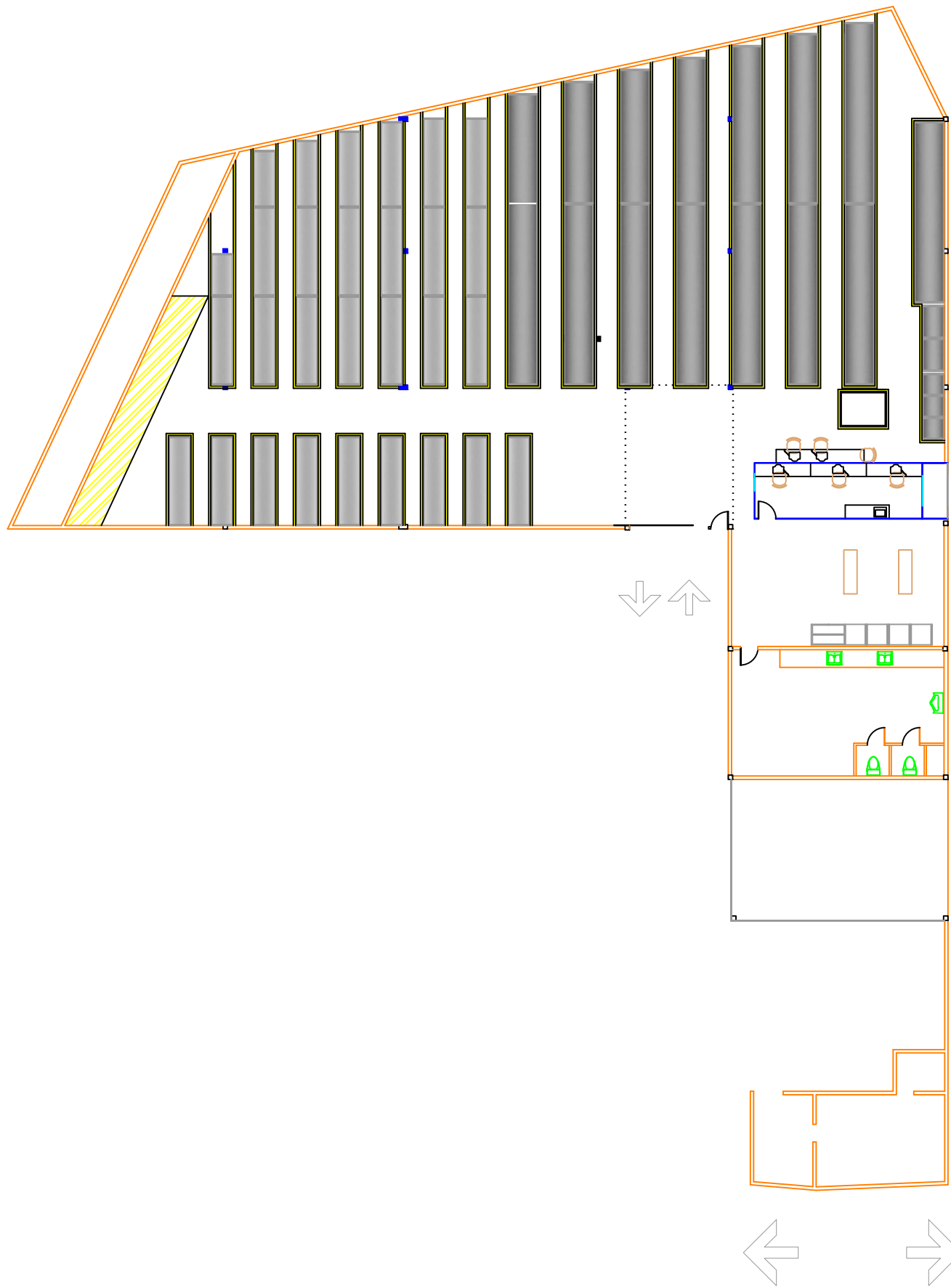
- 1 Vehículos terminados
  - 1\* Vehículos en garantía
  - 2 Vehículos en proceso
  - 3 Bodega de Lubricantes
  - 4 Bodega de Repuestos
  - 5 Pulmón de ingreso de vehículos
  - 6 Mantenimiento
  - 7 Mecánica
  - 8 Electricidad electrónica
  - 9 Motores
  - 10 Transmisión automática
  - 11 Aire acondicionado
  - 12 Oficinas de Supervisores
  - 13 Baños para técnicos
  - 14 Camerinos para técnicos
  - 15 Bodega de Herramientas
  - 16 Mecánica general
  - 17 Tapicería
  - 18 Vidrio
  - 19 Lavado de vehículos
  - 20 Cambio de aceite
  - 21 Alineación y Balanceo
  - 22 Recepción
  - 23 Oficina Postventa
  - 24 Parqueaderos Gerentes
  - 25 Bodega de garantías
  - 26 Express
  - 27 Mecánica General Volvo
  - 28 Espera Repuestos
  - 29 Secado
  - 30 Tratamiento de aguas
  - 31 Lavado y Secado
  - 32 Inspección-Mecánica General Volvo
  - 33 Sala de Reuniones
  - 33\* Archivo
- Fosas
  - Elevador hidroneumático
  - Elevador - alineadora
  - Balanceadora - prensa
  - Garita de Ascensores de Servicio
  - Basurero
  - Quito Motors Satelital (SHERLOCK)
  - Espacio montacargas

Ingreso Av. 10 de Agosto

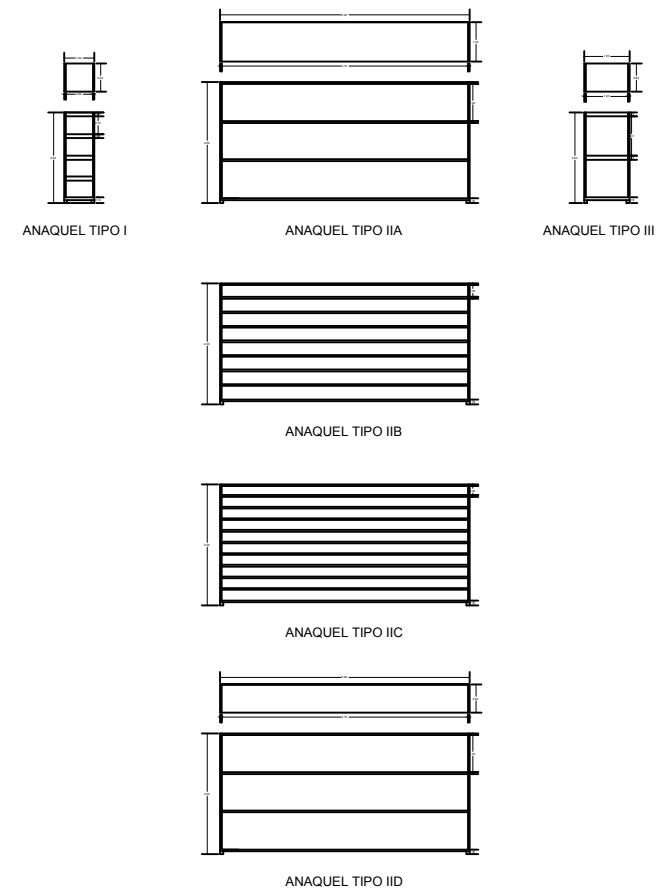
Quito Motors usados

**PLANTA GENERAL**  
escala 1:500

<b>DIAGRAMA DE DISPOSICION QUITO MOTORS MATRIZ PROPUESTO</b>	
ANEXO N°. 11	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascázubi
CONTIENE: PLANTA GENERAL	ESCALA: 1:500
REALIZADO POR: JUAN PABLO MONTENEGRO SILVA	REVISADO POR: ING. ERNESTO ANDRADE



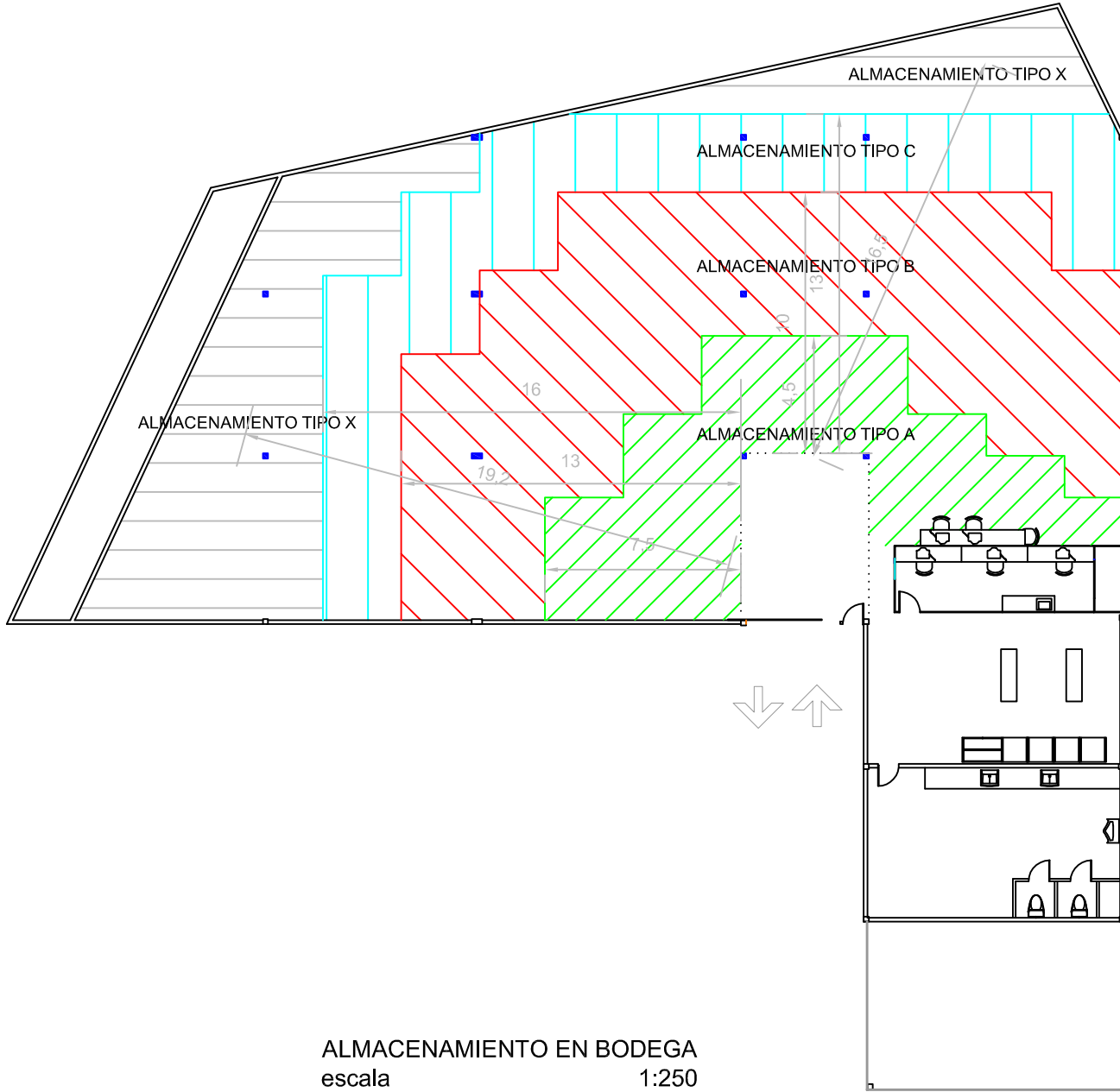
**BODEGA PROPUESTA**  
 escala 1:250



**ESTANTERIA PROPUESTA**  
 escala 1:250

<b>DETALLES PARA LA BODEGA DE QUITO MOTORS MATRIZ</b>	
ANEXO N° 11	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascázubi
CONTIENE: BODEGA PROPUESTA	ESCALA: 1:250
REALIZADO POR: JUAN PABLO MONTENEGRO SILVA	REVISADO POR: ING. ERNESTO ANDRADE





ALMACENAMIENTO EN BODEGA  
 escala 1:250

DISTANCIAS MAXIMAS

ZONA DE CONSOLIDACION Y DESPACHO DE PEDIDOS

	X	Y
ALMACENAMIENTO TIPO A	4.5 m.	7.5 m.
ALMACENAMIENTO TIPO B	10 m.	13 m.
ALMACENAMIENTO TIPO C	13 m.	16 m.
ALMACENAMIENTO TIPO X	16.5 m.	19.2 m.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO FIJO PARA LA BODEGA DE QUITO MOTORS MATRIZ	
ANEXO N°. 11	UBICACION: Av. 10 de Agosto y Ascázubi
CONTIENE: BODEGA PROPUESTA	ESCALA: 1:250
REALIZADO POR: JUAN PABLO MONTENEGRO SILVA	REVISADO POR: ING. ERNESTO ANDRADE

**Anexo 12:** Resultados de modelos de simulación*Tabla de contenidos:*

1. Resultados de sistema actual
2. Resultados de sistema propuesto

**Anexo 12:** Resultados del sistema actual

19:18:43

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Key Performance Indicators**

<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	12

19:18:43

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	108.90	2,27	103.63	115.01	82.2948	134.92
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	116.79	12,93	90.8073	149.50	0.00	274.59
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	225.69	13,98	196.12	259.43	95.3398	394.35

**Other**

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Autos	26.2000	1,06	24.0000	28.0000		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Autos	11.6000	0,37	11.0000	12.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	13.4466	1,68	9.6989	16.4240	2.0000	23.0000

19:18:43

**Category Overview**

junio 16, 2013

Values Across All Replications

**QMM**

Replications: 10 Time Units: Minutes

**Queue****Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambio de AF.Queue	16.9307	5,21	7.1477	27.0829	0.00	65.2379
Inspeccion.Queue	11.3936	7,06	1.5865	30.1708	0.00	74.2860
Lavado y Secado.Queue	1.1086	0,73	0.00177093	3.2867	0.00	18.7886
Mantenimiento 5000.Queue	112.80	11,47	93.1900	140.33	0.00	268.83
Recepcion.Queue	1.0647	0,46	0.4443	2.1650	0.00	14.1147
Repuestos.Queue	2.7939	1,10	0.5228	5.1160	0.00	24.2365

**Other**

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambio de AF.Queue	1.0346	0,34	0.4467	1.6927	0.00	4.0000
Inspeccion.Queue	0.6612	0,42	0.07257643	1.7600	0.00	6.0000
Lavado y Secado.Queue	0.02832488	0,02	0.00004427	0.08216761	0.00	1.0000
Mantenimiento 5000.Queue	7.1431	0,99	4.9437	9.4048	0.00	18.0000
Recepcion.Queue	0.05763867	0,03	0.02221651	0.1263	0.00	3.0000
Repuestos.Queue	0.1637	0,07	0.03158765	0.2984	0.00	3.0000



19:18:43

**Category Overview**

junio 16, 2013

Values Across All Replications

**QMM**

Replications: 10 Time Units: Minutes

**Resource****Usage**

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Asesor de servicio 1	0.3450	0,02	0.2837	0.3761	0.00	1.0000
Asesor de servicio 2	0.3450	0,02	0.2837	0.3761	0.00	1.0000
Op.Repuestos	0.6103	0,03	0.5376	0.6754	0.00	1.0000
Operario AF	0.8842	0,05	0.7513	0.9755	0.00	1.0000
Operario E1	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E2	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E3	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E4	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E5	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E6	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario inspeccion 1	0.6658	0,05	0.5195	0.7432	0.00	1.0000
Operario inspeccion 2	0.6658	0,05	0.5195	0.7432	0.00	1.0000
Operario lavado 1	0.6372	0,03	0.5610	0.7190	0.00	1.0000
Operario lavado 2	0.6372	0,03	0.5610	0.7190	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Asesor de servicio 1	0.3450	0,02	0.2837	0.3761	0.00	1.0000
Asesor de servicio 2	0.3450	0,02	0.2837	0.3761	0.00	1.0000
Op.Repuestos	0.6103	0,03	0.5376	0.6754	0.00	1.0000
Operario AF	0.8842	0,05	0.7513	0.9755	0.00	1.0000
Operario E1	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E2	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E3	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E4	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E5	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario E6	0.9587	0,01	0.9344	0.9883	0.00	1.0000
Operario inspeccion 1	0.6658	0,05	0.5195	0.7432	0.00	1.0000
Operario inspeccion 2	0.6658	0,05	0.5195	0.7432	0.00	1.0000
Operario lavado 1	0.6372	0,03	0.5610	0.7190	0.00	1.0000
Operario lavado 2	0.6372	0,03	0.5610	0.7190	0.00	1.0000

**QMM**

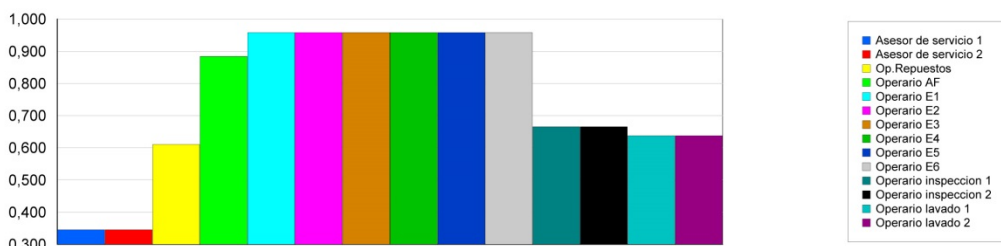
Replications: 10 Time Units: Minutes

**Resource**

**Usage**

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Asesor de servicio 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Asesor de servicio 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Op.Repuestos	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario AF	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E4	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E5	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E6	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Asesor de servicio 1	0.3450	0,02	0.2837	0.3761
Asesor de servicio 2	0.3450	0,02	0.2837	0.3761
Op.Repuestos	0.6103	0,03	0.5376	0.6754
Operario AF	0.8842	0,05	0.7513	0.9755
Operario E1	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario E2	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario E3	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario E4	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario E5	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario E6	0.9587	0,01	0.9344	0.9883
Operario inspeccion 1	0.6658	0,05	0.5195	0.7432
Operario inspeccion 2	0.6658	0,05	0.5195	0.7432
Operario lavado 1	0.6372	0,03	0.5610	0.7190
Operario lavado 2	0.6372	0,03	0.5610	0.7190



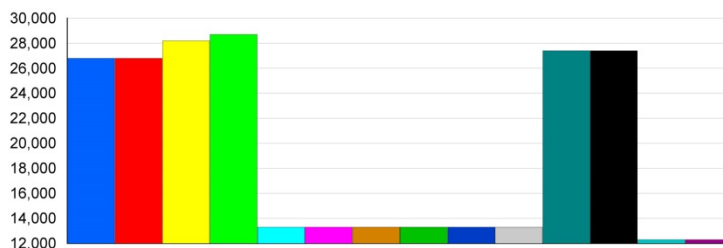
**QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Resource**

**Usage**

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Asesor de servicio 1	26.8000	1,16	24.0000	28.0000
Asesor de servicio 2	26.8000	1,16	24.0000	28.0000
Op.Repuestos	28.2000	1,30	25.0000	30.0000
Operario AF	28.7000	1,47	24.0000	30.0000
Operario E1	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario E2	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario E3	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario E4	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario E5	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario E6	13.3000	0,35	13.0000	14.0000
Operario inspeccion 1	27.4000	1,55	23.0000	29.0000
Operario inspeccion 2	27.4000	1,55	23.0000	29.0000
Operario lavado 1	12.3000	0,35	12.0000	13.0000
Operario lavado 2	12.3000	0,35	12.0000	13.0000



## Anexo 12: Resultados del sistema propuesto

23:11:13

### Category Overview

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10

Time Units: Minutes

### Key Performance Indicators

**System**

Average

Number Out

17

23:11:13

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	91.0255	1,75	87.9397	95.9324	64.7179	116.67
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	91.0458	19,16	49.1681	124.16	0.00	234.70
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	182.07	19,96	139.71	219.35	80.4379	344.08

**Other**

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Autos	26.7000	0,83	25.0000	28.0000		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Autos	16.5000	0,84	15.0000	18.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Autos	11.3440	1,75	7.2741	14.3690	2.0000	21.0000

23:11:13

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Queue****Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambio de AF.Queue	22.9728	9,25	3.9082	41.1743	0.00	101.73
Inspeccion.Queue	12.7274	8,07	3.7129	39.6299	0.00	58.2722
Lavado y Secado.Queue	52.1553	13,83	25.4451	78.1828	0.00	158.00
Mantenimiento 5000.Queue	29.1903	9,53	13.6437	49.9389	0.00	91.0351
Recepcion.Queue	1.0006	0,35	0.3907	2.0054	0.00	14.8230
Repuestos.Queue	1.6721	0,65	0.6949	3.7050	0.00	13.3817

**Other**

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambio de AF.Queue	1.4355	0,60	0.2140	2.6095	0.00	7.0000
Inspeccion.Queue	0.7460	0,47	0.1978	2.3117	0.00	5.0000
Lavado y Secado.Queue	2.6240	0,71	1.2971	3.9334	0.00	9.0000
Mantenimiento 5000.Queue	1.7817	0,65	0.7722	3.2078	0.00	7.0000
Recepcion.Queue	0.05509140	0,02	0.02070261	0.1170	0.00	2.0000
Repuestos.Queue	0.1006	0,04	0.03619158	0.2316	0.00	2.0000

23:11:13

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Resource****Usage**

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Asesor de servicio 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Asesor de servicio 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Op.Repuestos	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario AF	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario AF 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E4	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E5	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E6	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E7	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E8	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

23:11:13

**Category Overview**

junio 16, 2013

*Values Across All Replications***QMM**

Replications: 10      Time Units: Minutes

**Resource****Usage**

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Asesor de servicio 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Asesor de servicio 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Op.Repuestos	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario AF	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario AF 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E4	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E5	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E6	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E7	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario E8	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 1	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 2	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado 3	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000



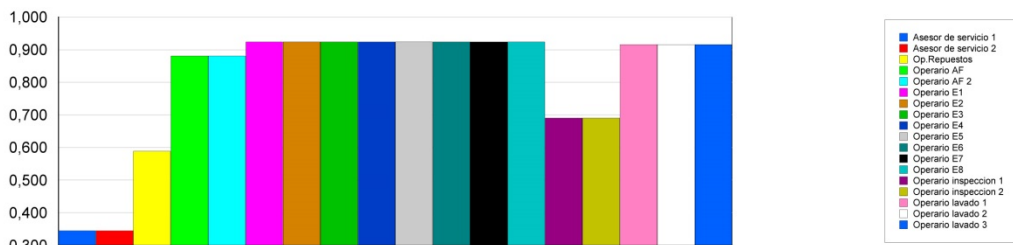
**QMM**

Replications: 10 Time Units: Minutes

**Resource**

**Usage**

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Asesor de servicio 1	0.3445	0,02	0.2973	0.3987
Asesor de servicio 2	0.3445	0,02	0.2973	0.3987
Op.Repuestos	0.5883	0,03	0.5151	0.6472
Operario AF	0.8809	0,06	0.6706	0.9682
Operario AF 2	0.8809	0,06	0.6706	0.9682
Operario E1	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E2	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E3	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E4	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E5	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E6	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E7	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario E8	0.9236	0,02	0.8800	0.9707
Operario inspeccion 1	0.6901	0,03	0.6507	0.7389
Operario inspeccion 2	0.6901	0,03	0.6507	0.7389
Operario lavado 1	0.9161	0,01	0.8932	0.9491
Operario lavado 2	0.9161	0,01	0.8932	0.9491
Operario lavado 3	0.9161	0,01	0.8932	0.9491



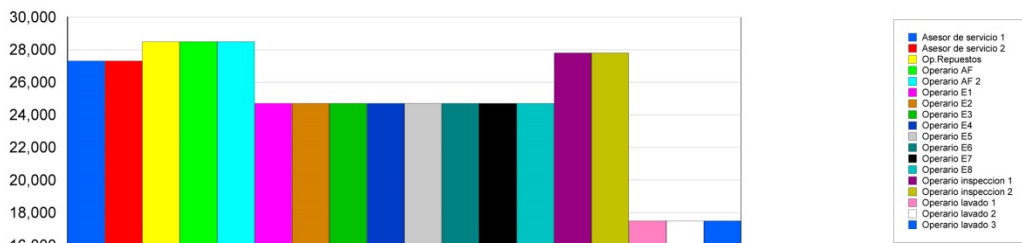
**QMM**

Replications: 10 Time Units: Minutes

**Resource**

**Usage**

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Asesor de servicio 1	27.3000	0,76	25.0000	28.0000
Asesor de servicio 2	27.3000	0,76	25.0000	28.0000
Op.Repuestos	28.5000	1,08	25.0000	30.0000
Operario AF	28.5000	1,32	24.0000	30.0000
Operario AF 2	28.5000	1,32	24.0000	30.0000
Operario E1	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E2	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E3	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E4	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E5	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E6	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E7	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario E8	24.7000	0,68	23.0000	26.0000
Operario inspeccion 1	27.8000	1,11	25.0000	29.0000
Operario inspeccion 2	27.8000	1,11	25.0000	29.0000
Operario lavado 1	17.5000	0,84	16.0000	19.0000
Operario lavado 2	17.5000	0,84	16.0000	19.0000
Operario lavado 3	17.5000	0,84	16.0000	19.0000



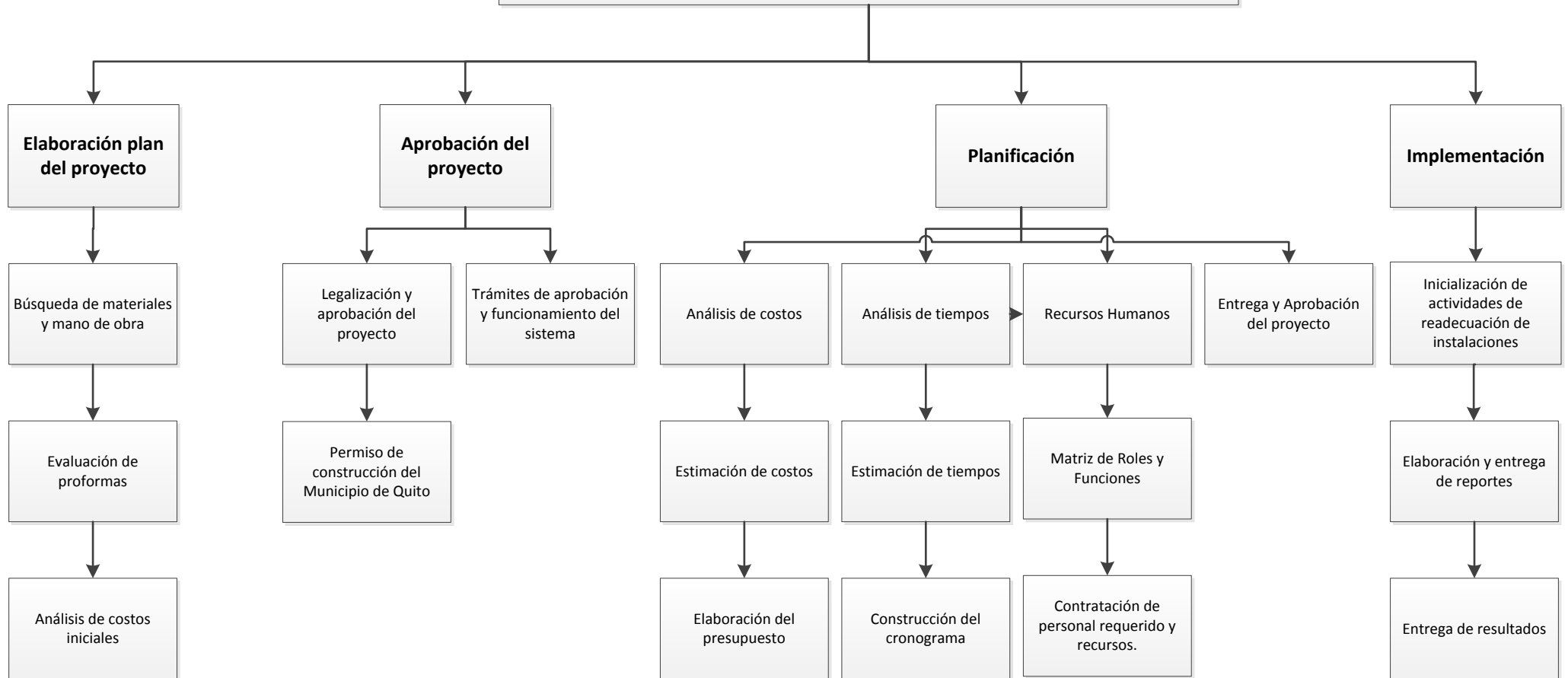
**Anexo 13:** WBS organizacional, WBS estructural, Diagrama de Gantt y Matriz de Roles y Funciones para la implementación del proyecto de Rediseño de Instalaciones para Quito Motors Matriz.

*Tabla de contenidos:*

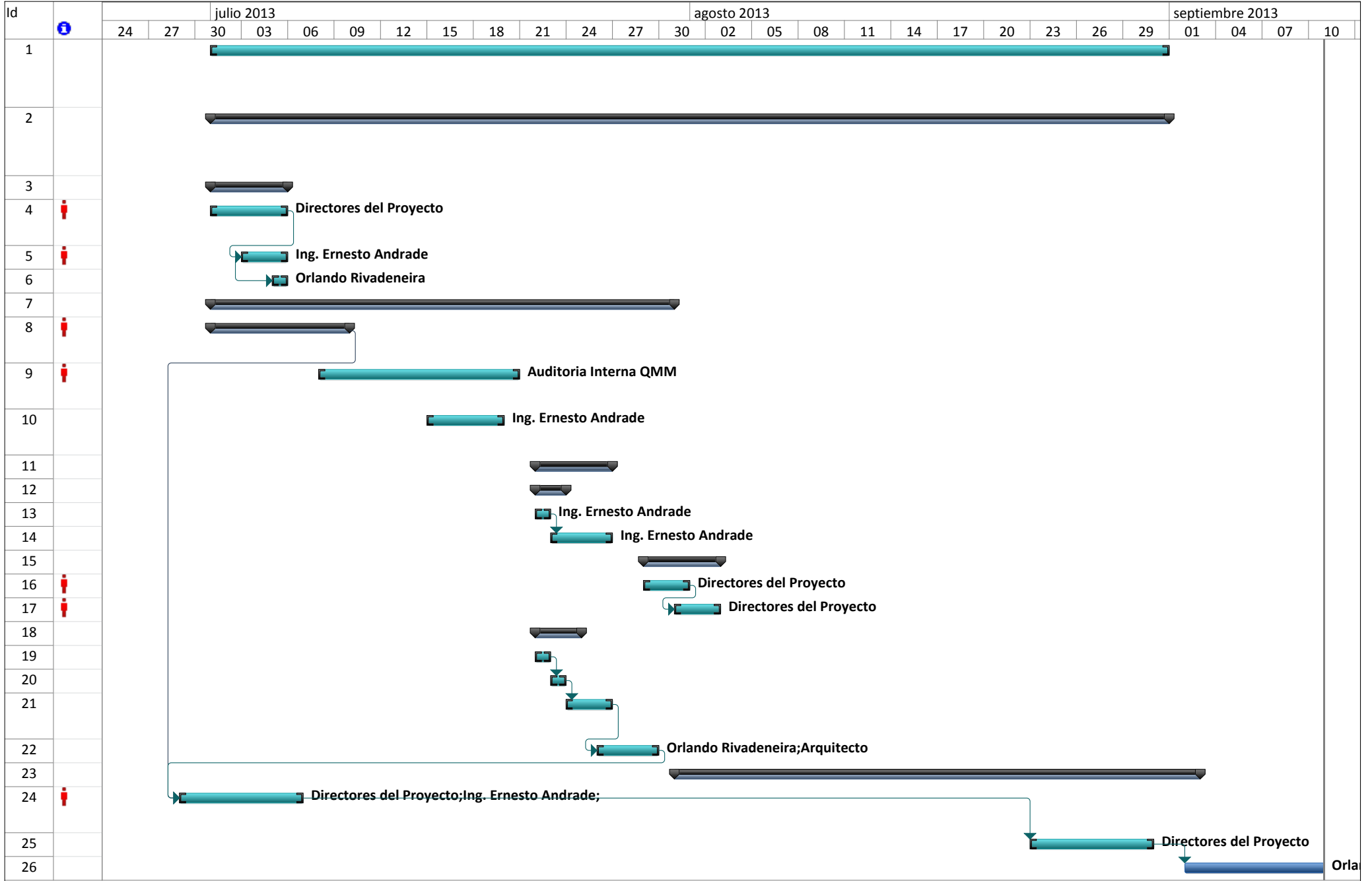
1. WBS organizacional
2. WBS estructural
3. Diagrama de Gantt
4. Matriz de roles y funciones

## Anexo 13:

**WBS: IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE REDISEÑO DE  
INSTALACIONES PARA QUITO MOTORS MATRIZ**







Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Director de Planeación Ing. Ernesto Andrade	Director de Análisis (Auditoria Interna QMM)	Orlando Rivadeneira	Sponsors	Arquitecto
1		<b>ANEXO 13: MATRIZ DE ROLES Y FUNCIONES</b>					
2		PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE REDISEÑO DE INSTALACIONES PARA QUITO MOTORS MATRIZ					
3		<b>1. Elaboración del Plan de Proyecto</b>					
4		1.1 Búsqueda de materiales y mano de obra	R	E			
5		1.2 Evaluación de proformas	R	E	R		
6		1.3 Análisis de costos iniciales	E	R	R		
7		<b>2. Aprobación del Proyecto</b>					
8		<b>2.1 Legalización y aprobación del proyecto</b>					
9		2.1.1 Legalización y aprobación del proyecto	R	R	R		E
10		2.1.2 Permiso de construcción del Municipio de Quito	R	R	R		E
11		<b>2.2 Trámites de aprobación y funcionamiento del sistema</b>	C	E	C		
12		<b>4. Planificación del Proyecto</b>					
13		<b>4.1 Análisis de costos</b>					
14		4.1.1 Estimación de costos	R	E	R		
15		4.1.2 Elaboración de Presupuesto	R	E	R	R	
16		<b>4.2 Análisis de Tiempos</b>					
17		4.2.1 Estimación de tiempos	E	R	R		
18		4.2.2 Construcción del cronograma	E	R	R	R	
19		<b>4.3 Recursos Humanos</b>					
20		4.3.1 Matriz de Roles y Funciones	R	R	E		
21		4.3.2 Contratación de personal requerido y recursos	R	R	E		
22		<b>4.4 Entrega y Aprobación del proyecto</b>	E	E	E	A	
23		<b>5. Implementación del Proyecto</b>					
24		5.1 Inicialización de actividades de readecuación de instalaciones	E	E	E		
25		5.2 Elaboración y entrega de reportes	E	E	E	A	
26		5.3 Entrega de resultados	E	E	E	A	E
27							
28		Leyenda: E = Ejecuta, P = Participa, C = Coordina, R = Revisa, A = Autoriza					