

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**Para Optar Por El Grado de Bachillerato En Ingeniería
Industrial.**

**Propuesta de Diseño de un Sistema Integrado de
Programación y Control de la Producción de las
Reparaciones de Motores en la Empresa Electro Motores
Ltda.**

AUTOR

Brayan Stward Alvarado Rodríguez

TUTOR

Ing. William Delgado Aguilar, M.E.R

LECTOR

SAN JOSÉ, ABRIL, 2018.

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a todas aquellas personas que sin duda alguna, proporcionaron su atención y apoyo al logro de mi meta, principalmente le dedico este trabajo a Dios, quien me ayudó a levantarme pese a las circunstancias o el panorama en que me encontraba, sin él no hubiese podido convertirme en la persona que he llegado a ser, por lo que se merece la atención en la dedicatoria de este proyecto, seguidamente, se lo debo dedicar a mi madre, quien luchó por sacarme adelante y junto con Dios, me abrieron las puertas para estudiar en una universidad tan prestigiosa como lo es la U.I.A, a mi familia y amigos, quienes brindaron un ánimo y me ofrecieron su ayuda para superar los retos que venían, también por su colaboración y participación en cada proyecto, tarea y demás.

Agradecimientos

Al igual que en la dedicatoria, quiero agradecer primero a Dios, por la oportunidad que me ha dado, por mover sus fichas y lograr que cumpla mi sueño y meta, por darme una oportunidad de vivir y salir adelante, quiero agradecer el apoyo a mis compañeros y amigos, quienes estuvieron conmigo en cada curso, problema, proyecto, al brindarme su apoyo incondicional, además un agradecimiento especial a todos los profesores, quienes se esforzaron por enseñarme las herramientas, ejemplos y casos que acontecen en la vida real, es una experiencia inolvidable y cada consejo será de suma importancia en el desempeño laboral. Mi madre Marcela, se merece el agradecimiento más íntimo e increíble al darme la oportunidad de estudiar, ya que no importaba la circunstancia, siempre quiso lo mejor para mí y para ella era una realización verme graduado, a mi padre Maynor, por estar conmigo en cada momento, por escucharme y aconsejarme, a mi hermano Erick Brandon, que espero que luche por cumplir sus metas y objetivos y tome mi ejemplo como una lección de vida.

Un agradecimiento especial a mi tutor el ing. William Delgado Aguilar, que me enseñó y me guió en la realización del proyecto, quien tuvo paciencia y sacó horas de su tiempo para orientarme y ayudarme a completarlo de manera correcta y efectiva.

Resumen ejecutivo

Electro Motores Ltda., es una empresa fundada a inicios del siglo XXI, se dedica al rebobinado y al mantenimiento de motores eléctricos.

El proyecto del diseño del sistema integrado de programación y control de la producción se debe a que actualmente la empresa no cuenta con un modelo de programación y control de la producción de sus actividades involucradas en las reparaciones, esto ha ocasionado que la producción se vea afectada en el cumplimiento de los tiempos de entrega de la reparación al cliente, por lo que se determinó que existe un problema.

A pesar de que la empresa cuenta con la capacidad para cumplir a tiempo las reparaciones, no lo logra, esto se comprueba al analizar la diferencia entre las capacidades real y teórica de las áreas, por ejemplo, el área mecánica hay una baja del 17%, en la eléctrica de 18%, en la de precisión un 11%, en la de acabado un 13% y en el de logística un 10%, entre todas suman una baja en el tiempo de ciclo de al menos 212 horas hombre.

Para determinar la anormalidad y la diferencia entre la capacidad necesaria y la real, se realizó un análisis de la situación actual en Electro Motores, donde se obtuvo que el resultado de que la baja en la capacidad y los atrasos en el tiempo de ciclo, se deben a la falta de materiales dentro del área, la inexistencia de la programación de la producción, reprocesos por desconocimiento e inexperiencia de las funciones de los operarios, pérdida de información, la falta de control de las actividades y evaluaciones, equipos no disponibles por mantenimiento, entre otros,

Debido a que la demanda y el tiempo de ciclo están relacionados y poseen una unidad en común, disminuye la capacidad y provoca lentitudes y atrasos en las actividades por realizar.

Para brindar una solución óptima al problema, se comenzó con la propuesta del funcionamiento del Sistema Integrado de Programación y Control de la Producción (SIPCP), donde se definen según sus etapas qué se debe hacer para lograr solventar el problema.

Seguidamente se evaluó los flujos de información y comunicación entre las áreas, esto mediante la aplicación del análisis estructurado para integrar los departamentos en la gestión y funcionamiento del SIPCP, de modo que la información sea oportuna y se encuentre cuando se le solicite, lo que evitaría pérdida por búsquedas de información de trabajo, entre otros y se estima que aumenta el tiempo de ciclo en al menos 12% promedio por cada área.

Se definió la necesidad de un cambio en la estructura organizacional, donde se añade un departamento de planeamiento que coordine y ejecute el SIPCP, el cual será asignado al ingeniero industrial a cargo de la producción. Como propuesta al recurso humano, se establece la definición de los perfiles de puestos y un plan de capacitación, que mejore el tiempo en al menos un 5% en las áreas, además, se debe añadir la disminución del tiempo de ciclo al eliminar las búsquedas de equipos y herramientas, lo que alcanza un ascenso en un 4% en promedio de las áreas.

Con la disminución del tiempo de ciclo y la eliminación de los tiempos muertos operativos, se logró aumentar la capacidad real de producción en las áreas

, al obtener valores en un rango que abarcan desde el 4% al 14%, lo que representa un resultado significativo, ya que se logra satisfacer la demanda de horas hombre y, en consecuencia, cumplir exitosamente con la entrega en tiempo esperado al cliente.

Debido al incremento de la capacidad y la disminución del tiempo de ciclo de las actividades, se estimó la disminución de la duración de las reparaciones según cada familia, al obtener una disminución mínima de 5 días según el diagrama de la ruta crítica.

Paralelamente, se logró aumentar la productividad de la empresa, donde se obtuvo un aumento porcentual de más de 0,2, lo que indica que se logra mayor eficiencia en el proceso, mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y garantiza la entrega oportuna al cliente según lo indicado.

La propuesta para mejorar la situación actual de la empresa y el diseño del SIPCP, tendrá un periodo de implementación de 7 meses, esto se debe a las adaptaciones, el plan de capacitación para los operarios, la mejora en los flujos de información, entre otras actividades, para planear, ejecutar y controlar la producción, de modo que se evite una situación semejante a la actual.

Se comprobó que el proyecto es factible, ya que al largo plazo (un periodo de 3 años) se obtiene un valor de ₡7,170,336.14 colones aproximadamente, con una ratio de costo-beneficio de 1.02. Se concluye que la investigación cumple con los objetivos y por ende se logró solventar el problema, también se le recomienda a la empresa implementar el diseño del SIPCP y desarrollarlo correctamente según sus etapas, tomando como guía el manual del usuario propuesto.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Carta de autorización del tutor.....	5
Carta de autorización del lector.....	6
Carta de revisión filológica.....	7
Declaración Jurada.....	8
Código de ética.....	9
Resumen ejecutivo.....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	27
Generalidades de la Empresa.....	28
Historia.....	28
Organización.....	29
Misión de Electro Motores Ltda.....	31
Visión de Electro Motores Ltda.....	31
Planteamiento del Problema.....	31
Objetivos de la Investigación.....	33
Objetivo general.....	33
Objetivos específicos.....	33
Misión del proyecto.....	34
Visión del proyecto.....	34
Justificación.....	34
Antecedentes.....	35
Proyecciones.....	35

Limitaciones	36
Estrategia para el Logro de los Objetivos.....	36
Etapa Antes.....	37
Etapa Durante	38
Etapa Después.....	40
capítulo II: Marco teórico	41
Motores Eléctricos	41
Potencia Horse Power (HP).....	42
Mantenimiento Preventivo de Motores Eléctricos	42
Rebobinado de un Motor	43
Sistema Integrado de Programación y Control de la Producción (SIPCP).....	43
Planeación Agregada	44
Análisis F.O.D.A	46
Diagrama de Gantt.....	47
Estructura de desglose del trabajo (EDT).....	48
Demanda	49
Clasificación ABC.....	50
Oferta	51
Pronósticos.....	52
Capacidad real	57
Capacidad teórica	58
Mapa de procesos	58
Diagrama de procesos.....	59
Diagrama de flujo de operación.....	59

	14
Cadena de Valor	61
Diagrama de la Ruta Crítica (CPM)	62
Cuello de botella	65
Productividad.....	65
Diagrama Causa-Efecto	66
Distribución de frecuencias	68
Matriz Klee	68
Diagrama de Pareto	69
Análisis Estructurado.....	72
Metodología 5S.....	72
Análisis costo-beneficio	72
capítulo iii: marco metodológico.....	76
Enfoque.....	76
Diseño.....	77
Muestra de la Investigación.....	78
Muestra no probabilística	78
Muestra probabilística	79
Variables	79
Instrumentos	81
Procesos de Recolección de Datos	83
Métodos de Análisis	84
Cronograma de Actividades	84
Estructura de desglose del trabajo	84
Diagrama de GANTT	85

Capítulo iv: análisis de la situación actual.....	87
Síntesis de la Empresa	89
Mapa de Procesos de Electro Motores Ltda	90
Diagrama de Procesos	91
Diagrama de Flujo	93
Cadena de Valor de la Empresa Electro Motores Ltda	102
Cadena de valor antes de la reparación de un motor	103
Cadena de valor durante la reparación de un motor	104
Cadena de valor después de la reparación de un motor	107
Análisis F.O.D.A de la Empresa Electro Motores Ltda.	110
Análisis Interno de la Empresa Electro Motores Ltda.....	111
Análisis Externo de la Empresa Electro Motores Ltda.....	111
Clasificación ABC de la Demanda de Motores de Bajo Voltaje de Electro Motores Ltda	112
Agrupación de Motores en Familias de Electro Motores Ltda.....	114
Análisis de la Demanda	116
Autocorrelación de la demanda	121
Proyección de la demanda de Electro Motores Ltda.	123
Análisis de Capacidad	127
Capacidad Teórica	127
Capacidad Real	129
Capacidad necesaria	130
Relación Oferta-Demanda	131
Red del Proyecto (CPM)	137
Productividades Parciales de Electro Motores Ltda.	152

Tiempos Muertos de Operación de la Planta.....	154
Análisis de Causas del Problema de Electro Motores Ltda.	156
Matriz Klee	156
Diagrama de Pareto	158
Análisis de causalidad por área	160
Costos de Producción	166
Sistema de Información y Programación Actual	168
Sistema de Programación Actual	168
Análisis Estructurado	169
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	173
Conclusiones	173
Recomendaciones	175
capítulo vi: propuesta.....	177
Propuesta del Funcionamiento del Sistema Integrado de Programación y Control de la Producción.....	180
Planear	181
Ejecutar	182
Controlar	183
Propuesta en la Integración de las Áreas	184
Análisis Estructurado.....	184
Flujos de Información.....	185
Tiempos requeridos de la información	187
Software propuesto para Integrar las Áreas.....	189
Propuesta de Cadena de Valor.....	191
Etapa Antes.....	192

Etapa Durante	192
Etapa Después.....	192
Propuesta de Mejora en la Estructura Organizacional.....	197
Actividades del Nuevo Departamento.....	198
Propuesta en Recurso Humano.....	202
Plan de capacitación	202
Perfil de puestos.....	203
Propuesta en la Producción.....	208
Plan de mantenimiento	208
Aplicación de 5S.....	210
Plan maestro de producción teórico.....	213
Plan de requerimiento de materiales teórico.....	214
Mitigación de tiempos muertos	218
Relación Oferta-Demanda Mejorada.....	220
Diagrama de la ruta crítica.....	226
Cambio de Productividad	238
Plan Agregado de Producción	240
Balance de Flujo	242
Plan Maestro de Producción Real.....	244
Plan de Requerimiento de Materiales	246
Indicadores.....	251
Plan de evaluación de progreso del proyecto	252
Análisis Económico.....	253
Plan de Implementación	255

FUENTES.....	260
anexos	263

Figuras

Figura 1. Organigrama Electro Motores Ltda	30
Figura 2. Mapa Conceptual de la Estrategia del Proyecto.....	36
Figura 3. Ejemplo de diagrama de GANTT	48
Figura 4. Fórmula de auto correlación.....	53
Figura 5. Ejemplo de Autocorrelograma de estacionalidad	54
Figura 6. Ejemplo de Autocorrelograma de Tendencia.....	55
Figura 7. Ecuación de regresión lineal	56
Figura 8. Ecuaciones de a y b.	57
Figura 9. Simbología para la construcción de un diagrama de flujo	61
Figura 10. Ejemplo de Diagrama CPM	63
Figura 11. Fórmula de Productividad Parcial	66
Figura 12. Aumento Porcentual de la Productividad.....	66
Figura 13. Ejemplo de diagrama causa-efecto.....	68
Figura 14. Ejemplo de diagrama de Pareto.....	71
Figura 15. Fórmulas de obtención de resultados del Costo-Beneficio.	73
Figura 16. Fórmula de Cálculo del VAN	74
Figura 17. Fórmula para el cálculo del TIR.....	75
Figura 18. Estructura de desglose del trabajo.....	85
Figura 19. Diagrama de GANTT de Cronograma.....	86

Figura 20. Estrategia de Diagnóstico.....	87
Figura 21. Mapa de Procesos de Electro Motores Ltda.....	91
Figura 22. Diagrama de Procesos de Electro Motores Ltda.....	92
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado.....	94
Figura 24. Diagrama de flujo de rebobinado con actividad de precisión	96
Figura 25. Diagrama de flujo de mantenimiento de un motor.....	98
Figura 26. Diagrama de flujo de mantenimiento de motor con actividad de precisión.....	100
Figura 27. Análisis F.O.D.A de la empresa Electro Motores Ltda.....	110
Figura 28. Cálculo de la capacidad teórica del área mecánica	128
Figura 29. Cálculo de la capacidad teórica del área eléctrica.....	128
Figura 30. Cálculo de la capacidad teórica del área de precisión.....	128
Figura 31. Cálculo de la capacidad teórica del área de acabado	129
Figura 32. Cálculo de la capacidad teórica del área de logística.....	129
Figura 33. Gráfico Oferta-Demanda Área Mecánica	132
Figura 34. Gráfico Oferta-Demanda Área Eléctrica.....	133
Figura 35. Gráfico Oferta-Demanda del Área Precisión	134
Figura 36. Gráfico Oferta-Demanda del Área Acabado.....	135
Figura 37. Gráfico Oferta-Demanda del Área Logística	136
Figura 38. Fórmula de cálculo de magnitud	136
Figura 39. Diagrama CPM de la Familia 1.....	141
Figura 40. Diagrama CPM de la Familia 2.....	142
Figura 41. Diagrama CPM de la Familia 3.....	143
Figura 42. Diagrama CPM de la Familia 4.....	144
Figura 43. Diagrama CPM de la Familia 5.....	145

Figura 44. Diagrama CPM de la Familia 6.....	146
Figura 45. Diagrama CPM de la Familia 7.....	147
Figura 46. Diagrama CPM de la Familia 8.....	148
Figura 47. Diagrama CPM de la Familia 9.....	149
Figura 48. Diagrama CPM de la Familia 10.....	150
Figura 49. Diagrama CPM de la Familia 11.....	151
Figura 50. Diagrama de Pareto de las Causas	159
Figura 51. Diagrama Causa-Efecto del Área Mecánica	161
Figura 52. Diagrama Causa-Efecto del Área Eléctrica.....	162
Figura 53. Diagrama Causa-Efecto del Área Precisión.....	163
Figura 54. Diagrama Causa-Efecto del Área de Acabado.....	164
Figura 55. Diagrama Causa-Efecto del Área Logística.....	165
Figura 56. Sistema de Programación Actual de Electro Motores.....	168
Figura 57. Análisis Estructurado Nivel 0	170
Figura 58. Flujos de Información de la Programación de Electro Motores	171
Figura 59. Mapa Conceptual de la Estrategia de Diseño.....	177
Figura 60. Mapa Conceptual del Funcionamiento del SIPCP.....	180
Figura 61. Nivel 0 del Análisis Estructurado	185
Figura 62. Propuesta de Flujos de Información.....	186
Figura 63. Propuesta de Mejora de Estructura Organizacional	197
Figura 64. Diagrama de Flujo del Departamento de Planeamiento.....	199
Figura 65. Propuesta de Caja de Herramientas.....	212
Figura 66. Gráfico OD Propuesto del Área Mecánica.....	221
Figura 67. Gráfico OD Propuesto del Área Eléctrica.....	222

Figura 68. Gráfico OD Propuesto del Área Precisión	223
Figura 69. Gráfico OD Propuesto del Área Acabado	224
Figura 70. Gráfico OD Propuesto del Área Logística	225
Figura 71. Diagrama CPM propuesto Fam. 1	228
Figura 72. Diagrama CPM propuesto Fam. 2	229
Figura 73. Diagrama CPM propuesto Fam. 3	230
Figura 74. Diagrama CPM propuesto Fam. 4	231
Figura 75. Diagrama CPM propuesto Fam. 5	232
Figura 76. Diagrama CPM propuesto Fam. 6	233
Figura 77. Diagrama CPM propuesto Fam. 7	234
Figura 78. Diagrama CPM propuesto Fam. 8	235
Figura 79. Diagrama CPM Propuesto Fam. 9	235
Figura 80. Diagrama CPM propuesto Fam. 10	236
Figura 81. Diagrama CPM propuesto Fam. 11	237
Figura 82. Fórmula de cambio de productividad	238
Figura 83. Flujo de las actividades de reposición y abastecimiento de inventarios	250
Figura 84. Índice de Productividad	251
Figura 85. Índice de Ganancia	251
Figura 86. Índice de variación de cumplimiento del proyecto	252
Figura 87. Eficiencia de la línea	252
Figura 88. Índice de control de actividades	252
Figura 89. Relación beneficio-costos	255

Tablas

Tabla 1. Ejemplo de tabla de clasificación ABC	51
Tabla 2. Ejemplo de construcción de diagrama de Pareto	71

Tabla 3. Variables de la investigación.....	80
Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos.....	82
Tabla 5. Cadena de Valor Antes de la Reparación de un Motor	103
Tabla 6. Cadena de Valor del Proceso de Rebobinado Durante la Reparación de un Motor .	105
Tabla 7. Cadena de Valor del Proceso de Mantenimiento Durante la Reparación de un Motor	106
Tabla 8. Cadena de Valor después del Rebobinado de un Motor.....	108
Tabla 9. Cadena de Valor después del Mantenimiento de un Motor	109
Tabla 10. Clasificación ABC de la Demanda de Motores de Bajo Voltaje de Electro Motores Ltda.....	113
Tabla 11. Familias de Motores Atendidos por Electro Motores Ltda.	115
Tabla 12. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 1.....	116
Tabla 13. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 2.....	117
Tabla 14. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 3.....	117
Tabla 15. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 4.....	118
Tabla 16. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 5.....	118
Tabla 17. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 6.....	119
Tabla 18. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 7.....	119
Tabla 19. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 8.....	119
Tabla 20. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 9.....	120
Tabla 21. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 10.....	120
Tabla 22. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 11.....	120
Tabla 23. Autocorrelación de la demanda por categoría	122
Tabla 24. Pronóstico Familia 1	123
Tabla 25. Pronóstico Familia 2.....	124

Tabla 26. Pronóstico Familia 3.....	124
Tabla 27. Pronóstico Familia 4.....	124
Tabla 28. Pronóstico Familia 5.....	125
Tabla 29. Pronóstico Familia 6.....	125
Tabla 30. Pronóstico Familia 7.....	125
Tabla 31. Pronóstico Familia 8.....	126
Tabla 32. Pronóstico Familia 9.....	126
Tabla 33. Pronóstico Familia 10.....	126
Tabla 34. Pronóstico Familia 11.....	126
Tabla 35. Capacidad Real de Producción por Área.....	129
Tabla 36. Capacidad Necesaria de Producción	130
Tabla 37. Comparación de Capacidades del Área Mecánica	131
Tabla 38. Comparación de Capacidades del Área Eléctrica.....	132
Tabla 39. Comparación de Capacidades del Área Precisión.....	133
Tabla 40. Comparación de Capacidades del Área Acabado.....	134
Tabla 41. Comparación de Capacidades del Área Logística.....	135
Tabla 42. Porcentaje de Tiempo de Ciclo por Disminuir.....	137
Tabla 43. Tolerancias utilizadas para el tiempo estándar.....	138
Tabla 44. Lista de Actividades para el Diagrama CPM	140
Tabla 45. Especificaciones para el CPM Familia 1.....	141
Tabla 46. Especificaciones para el CPM Familia 2.....	142
Tabla 47. Especificaciones para el CPM Familia 3.....	143
Tabla 48. Especificaciones para el CPM Familia 4.....	144
Tabla 49. Especificaciones para el CPM Familia 5.....	145

Tabla 50. Especificaciones para el CPM Familia 6.....	146
Tabla 51. Especificaciones para el CPM Familia 7.....	147
Tabla 52. Especificaciones para el CPM Familia 8.....	148
Tabla 53. Especificaciones para el CPM Familia 9.....	149
Tabla 54. Especificaciones para el CPM Familia 10.....	150
Tabla 55. Especificaciones para el CPM Familia 11.....	151
Tabla 56. Productividades Parciales.....	153
Tabla 57. Tiempos Muertos de Operación de las Áreas.....	155
Tabla 58. Matriz Klee de las Causas.....	157
Tabla 59. Distribución para construir el diagrama de Pareto.....	159
Tabla 60. Clasificación de Causas del Área Mecánica.....	161
Tabla 61. Clasificación de Causas del Área Eléctrica.....	162
Tabla 62. Clasificación de Causas del Área Precisión.....	163
Tabla 63. Clasificación de las Causas del Área Acabado.....	164
Tabla 64. Clasificación de Causas del Área Logística.....	165
Tabla 65. Costos de Producción de Electro Motores Ltda.....	167
Tabla 66. Propuesta del Tiempo de Ciclo de la Información.....	188
Tabla 67. Costos del Software.....	191
Tabla 68. Propuesta de Cadena de Valor Antes de la Reparación de un Motor.....	193
Tabla 69. Propuesta de Cadena de Valor Durante el Rebobinado de un Motor.....	194
Tabla 70. Propuesta de Cadena de Valor durante el Mantenimiento de un Motor.....	195
Tabla 71. Propuesta de Cadena de Valor Después de la Reparación de un Motor.....	196
Tabla 72. Plan de Capacitación del Personal.....	203
Tabla 73. Costos de los nuevos perfiles.....	208

Tabla 74. Propuesta de Mantenimiento de los Equipos.....	209
Tabla 75. Plan maestro de producción teórico de las áreas	213
Tabla 76. Plan maestro de producción teórico a nivel macro.....	214
Tabla 77. MRP I Teórico para Rebobinado.....	215
Tabla 78. MRP I Teórico para Mantenimiento.....	216
Tabla 79. MRP II Teórico de Rebobinado	217
Tabla 80. MRP II Teórico de Mantenimiento	217
Tabla 81. Posibles deficiencias durante la adaptación del sistema.....	219
Tabla 82. Reducción de Tiempos Muertos	220
Tabla 83. Capacidades de Producción.....	220
Tabla 84. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área mecánica	221
Tabla 85. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área eléctrica	222
Tabla 86. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área precisión	222
Tabla 87. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área acabado	223
Tabla 88. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área logística	224
Tabla 89. Comparación de Capacidades Propuestas	225
Tabla 90. Lista de actividades para la construcción del CPM.....	227
Tabla 91. Especificaciones propuestas CPM Fam. 1.....	228
Tabla 92. Especificaciones propuestas CPM Fam. 2.....	229
Tabla 93. Especificaciones propuestas CPM Fam. 3.....	230
Tabla 94. Especificaciones propuestas CPM Fam. 4.....	231
Tabla 95. Especificaciones propuestas CPM Fam. 5.....	232
Tabla 96. Especificaciones propuestas para CPM Fam. 6.....	233
Tabla 97. Especificaciones propuestas CPM Fam. 7.....	233

Tabla 98. Especificaciones propuestas CPM Fam. 8.....	234
Tabla 99. Especificaciones propuestas CPM Fam. 9.....	235
Tabla 100. Especificaciones propuestas CPM Fam. 10.....	236
Tabla 101. Especificaciones propuestas CPM Fam. 11.....	236
Tabla 102. Disminución del tiempo de proyecto.....	237
Tabla 103. Productividades Parciales Propuestas con su respectivo cambio	239
Tabla 104. Plan Inventario Cero de Producción.....	241
Tabla 105. Flujo Balanceado del Área de Producción	243
Tabla 106. Plan Maestro de Producción Real Propuesto.....	245
Tabla 107. MRP I Propuesto	247
Tabla 108. MRP II Propuesto	248
Tabla 109. Propuesta de Evaluaciones	252
Tabla 110. Costos del Proyecto	254
Tabla 111. Beneficios del proyecto	255
Tabla 112. Diagrama de GANTT	256

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la solución de un problema de programación de la producción en la empresa Electro Motores Ltda, generada por el desconocimiento de su posición con respecto a la demanda de los clientes y el hecho de que programan o fijan un tiempo esperado para la duración de la reparación del motor de los clientes sin considerar su capacidad, lo que hace que no se cumple con el tiempo esperado de entrega del motor reparado, lo anterior pese a que en ocasiones se incurre en un pago de horas extras, para intentar entregarle al cliente según el tiempo acordado.

La investigación inicia con una introducción al proyecto, para definir la empresa en estudio, así mismo como su misión y visión, con el objetivo de que se entienda la razón de ser de la empresa y a qué está dedicada. Seguidamente se presenta el marco referencial que contiene el concepto de las herramientas y definiciones empleadas en la elaboración del proyecto.

Posterior se justificó la metodología que se aplicó en la investigación, esto con base en el método y análisis científico, este capítulo contiene el enfoque del estudio, así como el diseño, la muestra de la investigación, las variables los instrumentos, recolección de datos, métodos de análisis y supuestos, estos aspectos fueron relevantes para confirmar la metodología de investigación que se utilizó en el desarrollo de la investigación.

Para poder demostrar la existencia de un problema real, se usó el capítulo cuatro de la investigación, que constituye a un diagnóstico, el cual, mediante el uso de herramientas, comprensión y análisis, demuestra que el problema existe y que corresponde a programación y control de la producción. Al terminar el diagnóstico, se realizó las respectivas conclusiones y establecer así los puntos clave de análisis y solvencia del problema.

Concluido el diagnóstico, se desarrollan las propuestas para la solución al problema, entre ellas se requerirá la integración de las áreas de la empresa para mejorar los flujos de información y comunicación, para ello se debe mejorar la estructura organizacional actual con un área que planea y gestione el sistema integrado de programación y control de la producción, también se debe realizar ajustes en la producción (taller), los cuales incurren en planes de mantenimiento y capacitación, la aplicación de 5S para distribuir las herramientas en las áreas.

Se debe re evaluar el tiempo de ciclo de las actividades al ser reducido y la duración de los proyectos, para comprobar que, si se disminuyera y alcanzara la capacidad necesaria, se genera la planeación agregada de la producción para que no se vuelva a presentar el problema, esto incluye la propuesta del plan maestro de producción y el plan de requerimiento de materiales, como medio de control se fijan evaluaciones de progreso con sus respectivos indicadores. Para evaluar la factibilidad del proyecto, se elabora un análisis económico y el plan de implementación de las propuestas.

Generalidades de la Empresa

Historia

Electro Motores es una empresa dedicada a la reparación y mantenimiento de motores de alto, medio y bajo voltaje y generadores eléctricos, tuvo sus inicios en 1987, cuando su fundador y actual presidente de la empresa Aníbal Rodríguez, decidió emprenderse en el aprendizaje y estudio de motores eléctricos, dónde pudo llevar a cabo, una pequeña instalación en la zona de Grecia, construyendo su propio taller, para el mantenimiento y reparación de motores y generadores eléctricos.

El taller creció debido al aumento de la demanda de motores entre los años 1990 y 2000, donde don Aníbal, dado a la necesidad de materiales, maquinaria y personal, para trabajar los motores de manera más eficiente, decide llevarlo a un lugar más cercano a los clientes, fue en 2002, cuando se abrió la planta actual, ubicada en el Coyol de Alajuela y se fundó bajo el nombre de Electro Motores S.A, debido al trabajo de calidad y el tiempo de respuesta en su momento, la empresa adquirió éxito y logró posicionarse en un mercado poco competitivo, pero con una demanda bastante amplia, lo suficiente para generar utilidades a la empresa en ese entonces.

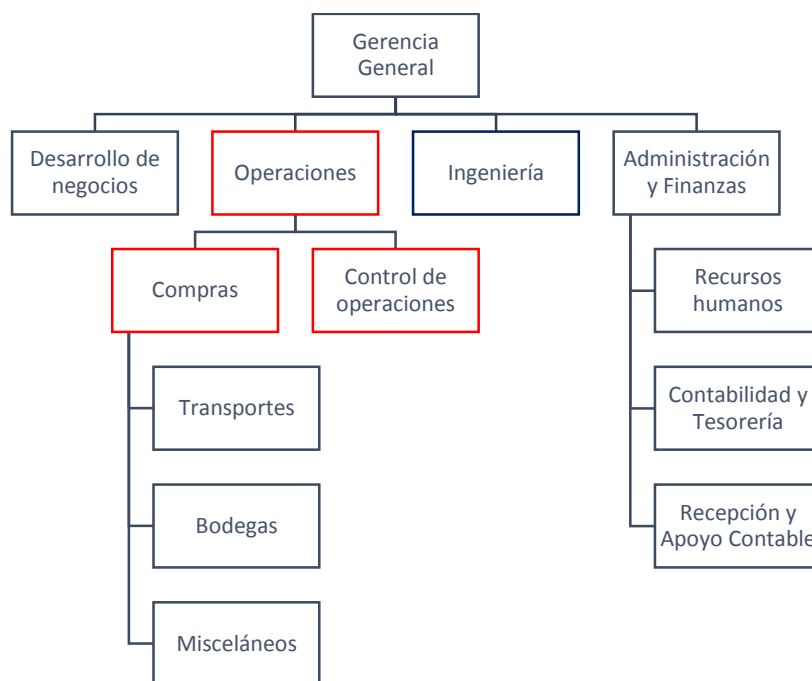
A principios de febrero del 2010, la empresa ya contaba con certificaciones de prestigio, por ejemplo, la ISO:9001, que le garantizaba al cliente que tiene procesos y procedimientos estándar y de calidad de acuerdo con la normativa, no obstante, el enfoque al cliente no ha formado parte de la planeación estratégica de la empresa, es desde este momento, donde ha ido surgiendo la problemática de la empresa, ya que la demanda aumentó en cantidad y variedad de motores de alto y bajo voltaje. En el año 2015, la empresa surge con la necesidad de disminuir costos operativos, o incrementar las utilidades, por lo que se forma un equipo administrativo, los cuales fijarían precios con base en experiencia profesional.

Desde el 2016, Electro Motores ha luchado para enfrentar la problemática de cumplir con el tiempo de reparación del motor que se le indicó previamente al cliente, por lo que en el periodo 2016-2018, la empresa incurre en costos por pago de horas extra para cumplir con la demanda de motores y entregarle al cliente en la fecha acordada.

Organización

A continuación, se presenta el organigrama de Electro Motores Ltda, el cual tiene como objetivo, mostrar los puestos y departamentos, para identificar las posiciones, funciones y dirigencias de la empresa, de este modo se conoce el objetivo y requerimientos del cliente interno, cómo y por quién fluye la información, así como el orden jerárquico para la toma de decisiones, que será fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Figura 1. Organigrama Electro Motores Ltda.

**Nota: Electro Motores Ltda.**

En la Figura 1. Organigrama Electro Motores Ltda, se muestra que, en la cabeza de la empresa, se encuentra la gerencia general, seguidamente, se detallan los departamentos a cargo, los cuales corresponden a: desarrollo de negocios, ingeniería y administración y finanzas. El área de operaciones tiene bajo su mando un departamento de compras y control de operaciones, de igual forma, el área de compras tiene a su disposición los transportes, las bodegas y los misceláneos. El área de administración y finanzas posee departamentos bajo su cargo, como lo es recursos humanos, contabilidad y tesorería y recepción y apoyo contable.

Del organigrama anterior, se destaca que el área de impacto es el departamento de operaciones, la empresa lo define así ya que es donde se lleva a cabo las actividades de la reparación de motores.

Electro Motores es una organización jerárquica, donde los encargados de cada departamento deben rendir cuentas a sus supervisores para analizar y medir el desempeño del trabajo y de la empresa, para tomar decisiones con base en esos datos.

El área de impacto guarda una relación directa con el área de compras, ya que la empresa no posee una planeación ni programación certera, las operaciones se realizan en orden cronológico y no se cumplen con los días programados, lo que incurre en pagos de horas extra para sacar los motores, además, al no haber planeación, hay atrasos en la llegada de materiales, la búsqueda o pérdida de herramientas también atrasan la reparación del motor, al no existir una programación, planeación y procesos con un ritmo lejos de su capacidad teórica, afectan los procesos y crea la necesidad de imponer un sistema integrado de programación y control de la producción.

Misión de Electro Motores Ltda.

“Realizar trabajos de alta calidad mediante la aplicación de técnicas y procedimientos de ingeniería basados en estándares internacionales”.

Visión de Electro Motores Ltda.

“Ser una empresa líder en la reparación de motores y generadores eléctricos de alta potencia de la región”.

Planteamiento del Problema

Electro Motores se encarga del rebobinado y mantenimiento de motores, donde se recibe un motor con la necesidad de alguna de las reparaciones y sale el motor reparado de acuerdo con las características, fallas o diagnóstico de los ingenieros en operaciones, para ser embalado y entregado al cliente.

La empresa cuenta con dos reparaciones principales el rebobinado y mantenimiento hecho que se ve reflejado en la demanda de los años 2016 y 2017, un motor atendido por Electro Motores siempre requiere alguno de los dos procesos, sin embargo, Electro Motores tiene su proceso estandarizado por áreas, de manera que hay actividades que serán iguales para ambos casos. Cuentan con cinco áreas: mecánica, eléctrica, precisión, acabado y logística. Es importante mencionar que el área de precisión realiza actividades extra y paralelas a los procesos de rebobinado y mantenimiento y sólo se da en caso de que lo requiera.

Debido a ese proceso estándar, se sabe que cada reparación, tiene actividades específicas, las cuales tienen un tiempo de duración estimado, por lo que cada reparación o proyecto, posee una demanda de horas hombre para completar la actividad según un tiempo de ciclo estándar, al considerar la capacidad teórica de las áreas, la cual según Alcántara (2017) consiste en: “La cantidad de trabajo producido, si una máquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica es un concepto meramente teórico”.

La capacidad necesaria se refiere al promedio de la demanda de las horas hombre y la capacidad real de la planta la define Alcántara (2017) como: “La relación existente entre la cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Es, por tanto, la capacidad realmente lograda por un recurso en condiciones normales de operación”. Por lo que se presenta el detalle de la capacidad teórica, real y necesaria de las áreas de producción, comenzando con la capacidad teórica:

- Mecánica=510 horas mensuales.
- Eléctrica= 680 horas mensuales.
- Precisión= 300 horas mensuales.
- Acabado= 300 horas mensuales.
- Logística= 24 horas mensuales.

Además, se estimó de acuerdo con las proyecciones, que la capacidad necesaria (la suma de cargas de trabajo de los proyectos) son las siguientes:

- Mecánica= 469.65horas mensuales.
- Eléctrica= 577.47 horas mensuales.
- Precisión= 250.27 horas mensuales.
- Acabado= 270.71 horas mensuales.
- Logística= 21.16 horas mensuales.

Por último, se calculó la capacidad real de la planta, es decir la cantidad de horas disponibles o efectivas, una vez considerados los tiempos muertos de operación:

- Mecánica= 402.90 horas mensuales.
- Eléctrica= 489.60 horas mensuales.

- Precisión= 225 horas mensuales.
- Acabado= 240 horas mensuales.
- Logística= 19.20 horas mensuales.

Se puede determinar que las capacidades son diferentes en cada área, como se muestra en el diagnóstico, esto se debe a la diferencia de cantidad de personas, la jornada laboral que poseen, la demanda de horas hombre que requieren, así como su eficiencia y capacidad real de reparación, lo que genera diferentes magnitudes, las cuales se establecieron en tiempos para efectos del planteamiento del problema, para acoplar todas las magnitudes en la pregunta problema, se realizó una sumatoria de tiempos de diferencia entre la capacidad necesaria y la capacidad real de todas las áreas, por lo que a continuación, se presenta el planteamiento del problema para la resolución de la investigación:

¿Cómo reducir el tiempo de ciclo de las actividades en la reparación de los motores de bajo voltaje en al menos 212,75 horas en la empresa Electro Motores Ltda., mediante el diseño de un sistema integrado de programación y control de la producción para hacerle entrega al cliente según los plazos definidos?

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Reducir el tiempo de ciclo de las actividades en la reparación de los motores de bajo voltaje en al menos 212,75 horas en la empresa Electro Motores Ltda., mediante el diseño de un sistema integrado de programación y control de la producción para hacerle entrega al cliente según los plazos definidos.

Objetivos específicos

1. Reducir la incertidumbre de la demanda de horas hombre de cada área con el uso del pronóstico.
2. Establecer la capacidad teórica, real y necesaria de las áreas del proceso productivo.
3. Determinar el tiempo de duración de las reparaciones de motores.
4. Identificar las actividades críticas de las reparaciones.
5. Mejorar los flujos de comunicación e información involucrados en la programación y control de la producción.

6. Definir el tiempo necesario de la disposición de la información.
7. Disminuir el tiempo de duración de las actividades de las áreas de producción que permita una entrega más oportuna.
8. Realizar un plan maestro de producción que cumpla con los requerimientos de la demanda.
9. Diseñar un plan de requerimiento de materiales que permita la disposición de los insumos en la producción.
10. Establecer indicadores de control y evaluación de las reparaciones de los motores.

Misión del proyecto

Garantizar un tiempo de reparación más oportuno al cliente mediante la disminución del tiempo de ciclo en 212,5 horas hombre para alcanzar la demanda necesaria dentro de la jornada laboral de cada área de producción.

Visión del proyecto

Un sistema de programación de la producción que permita un proceso de reparación eficiente al disminuir el tiempo de ciclo de las actividades de las áreas de producción, cumpliendo con las expectativas y satisfacción del cliente en un lapso oportuno y costo competitivos.

Justificación

El proyecto se enfoca en los motores de bajo voltaje debido a que la empresa separa y considera los motores de alto y bajo voltaje, como proyectos con costos, mano de obra y actividades diferentes, además que estos no son usuales y para efectos de programación y planeación de la producción, su interés es en los motores de bajo voltaje que los mismos lo llaman “reparaciones a nivel taller”, dado el caso se excluyen de la investigación por decisión de la empresa.

La necesidad surge de la falta de la empresa por cumplir con las reparaciones de los motores en un menor periodo de tiempo, esta se debe a que no hay una correcta planeación ni evaluación constante, antes, durante y después de la realización de las actividades, es importante considerar que estas reparaciones son referidas a un proyecto diferente, con tiempos y actividades distintas, de acuerdo con la estructura organizacional, estas actividades pasan por áreas de producción, donde se acumula el tiempo y las cargas, lo que obliga a las áreas a determinar cuánto durarán en cada actividad y de acuerdo con su ritmo y tiempos muertos, cuánto durarán en responder a esa demanda.

A través del trabajo final de graduación se disminuirá el tiempo de duración de las actividades en al menos un 69%, resultado que corresponde a la sumatoria de los porcentajes de tiempo necesario a disminuir cada una de las áreas de producción, esto porque poseen capacidad teórica, real y necesaria distintas.

Para lograr el resultado se deben eliminar los tiempos muertos y establecer propuestas que permitan mejorar el ritmo y las actividades actuales, disminuir la duración de los proyectos hasta donde sea posible, esto accede a hacerle entrega en un menor tiempo al cliente su motor reparado, con el objeto de que cada área mejore la duración de sus actividades y pase de la capacidad real mostrada previamente a por lo menos a la capacidad necesaria.

Antecedentes

Anteriormente, estudiantes de ingeniería industrial, han llevado a cabo encuestas para desarrollar sistemas de gestión de calidad. El actual gerente de producción de la planta implementó una base de datos con datos del tiempo que duraron los operarios en las actividades, personal responsable, entre otros, sin embargo, esta información no es procesada, se almacena, pero no se utiliza ni existe un sistema de información que permita una planeación o programación de la producción, no concurre en planeaciones a corto, mediano y largo plazo, ni proyecciones pese a que poseen cierta información relevante para resolver el problema.

Proyecciones

1. Mediante el uso de los pronósticos, se puede determinar, cuál será la demanda futura, tomando como base los datos históricos anteriores de la demanda de reparación de motores de bajo voltaje, con el fin de analizar si la empresa será capaz de satisfacer esa demanda y cómo podrían programar la producción adecuadamente.
2. Se utilizó la información disponible de la duración de las actividades y los pronósticos de estos, para definir cuál fue la capacidad necesaria de cada área, además se calculó la capacidad teórica de las áreas y tomando la ineficiencia y pérdida de tiempo, se estimó la capacidad real, de este modo se definió la capacidad actual de la empresa para afrontar la demanda futura.
3. Se determina la magnitud del problema, así como los tiempos de duración de cada actividad, ya que, en función de ambas partes, se logra acortar el tiempo de duración para cumplir en un tiempo más rápido al cliente.

4. Con el uso de las herramientas, tal como un diagrama causa-efecto, un diagrama de Pareto, análisis de mudas, entre otras, se puede diagnosticar el problema, así como las causas correspondientes, para examinar el motivo del porqué hay demoras y tiempos muertos de operación.
5. Después de diagnosticar el problema y observar sus causas, se logra reducir el tiempo de ciclo actual y permite lograr hacerle entrega al cliente en el periodo establecido sin necesidad de pago de horas extra, además, habilita la posibilidad de una mejora en el servicio y entrega más oportuna al cliente.
6. Se establecen estándares que permitan indicar a la empresa, el grado de cumplimiento de las actividades, para estimar si se cumple con el tiempo definido de la reparación total del motor y así mantener un control sobre la producción, evitando bajas de la productividad e insatisfacciones del cliente.

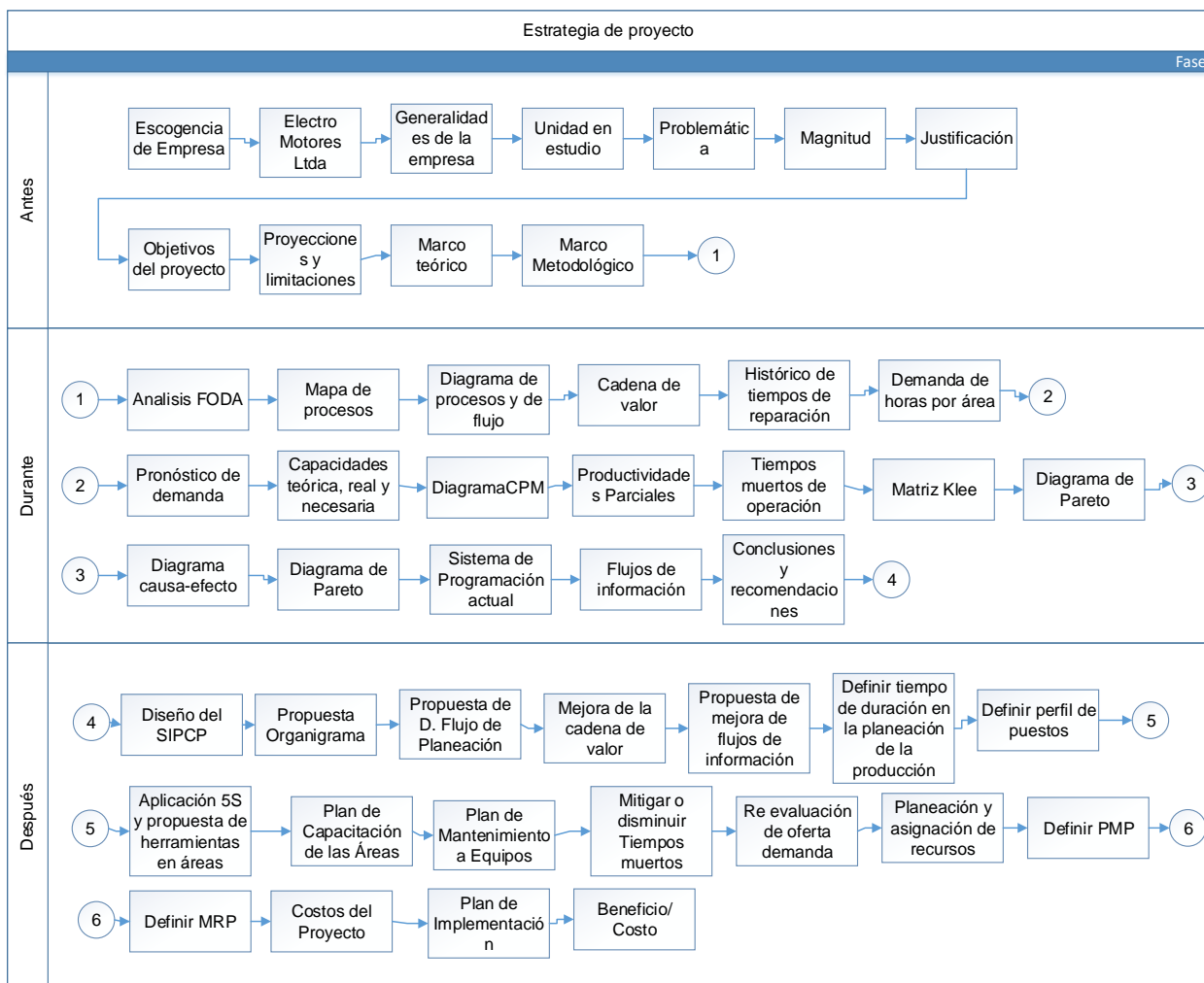
Limitaciones

1. La información de la empresa se encuentra documentada y desordenada, lo que impide una obtención rápida de datos.
2. El detalle de costos de la empresa y ventas, se consideran confidenciales, solo se brinda un dato de promedio de ingresos.

Estrategia para el Logro de los Objetivos

Para poder hacerle frente a la problemática y destinar una coordinación y cronología en la resolución de este, se elaboró una sólida estrategia, que permitió determinar la introducción al problema y los componentes necesarios y además permitirá guiar el proyecto para diagnosticar la situación actual y brindar una solución de acuerdo con las características, causas y necesidades del problema. A continuación, se presenta el mapa conceptual de la estrategia del proyecto y el análisis correspondiente según cada etapa:

Figura 2. Mapa Conceptual de la Estrategia del Proyecto



Nota: Bryan Alvarado, 2018.

Etapa Antes

En esta etapa según muestra la Figura 2. Mapa Conceptual de la Estrategia del Proyecto, es el inicio de la investigación como tal, donde se hace la selección de la empresa, se detalla el problema según conversaciones y entrevistas con los encargados de la empresa, se plasman las generalidades de la empresa para conocer a qué se dedican y cuál es su razón de ser, seguidamente se desarrolla el capítulo uno, la introducción donde se determina la problemática, la pregunta problema, la magnitud, se establecen los objetivos del proyecto, la justificación de este, se crean las proyecciones que se esperan , se desarrollan los marcos teóricos y metodológicos para ampliar y justificar las herramientas y conceptos que se requerirán y la metodología que seguirá.

Etapa Durante

En esta etapa se encuentra el análisis respectivo de la situación actual, es decir, el diagnóstico de cómo se encuentra los procesos de la empresa, qué aspectos tiene, el análisis de las deficiencias, entre otros. Para realizar este análisis se debe comenzar con el análisis F.O.D.A, que define cuáles son factores internos y externos de la empresa que afectan actualmente la gestión y así de manera indirecta con la programación y control de la producción, se realiza el mapeo de los procesos de la empresa, que identifican los procesos estratégicos, operacionales y de apoyo, que serán como guía y entendimiento del funcionar de la empresa y cómo se ven involucrados en la programación de la producción.

Seguidamente se realizan los diagramas de flujo, cada diagrama muestra el flujo de actividades que se siguen para reparar un motor, pero está definido con respecto a los tipos de reparación de la empresa, para apoyar este diagrama, se realizó uno de procesos, que muestre el flujo y seguimiento de estos en la empresa para completar la reparación de un motor, el cuál será la base para definir los diagramas de flujo.

Para conocer cuáles actividades de la empresa están aportando valor se utiliza una herramienta conocida como la cadena de valor, que brindará de acuerdo con su estructura, los componentes, los participantes y qué aspectos específicos son considerados como actividades de valor.

Consecutivamente, se obtiene con los históricos de la empresa, la demanda de horas hombre de cada proyecto según las actividades y tiempos requeridos por los operarios, esto se tabula de manera que se puedan generar las autocorrelaciones para determinar el modelo de pronósticos a utilizar para estimar la demanda futura. Se traslada los resultados a un análisis de capacidad donde se evidenciará con respecto al promedio de la demanda (la capacidad necesaria) y la capacidad teórica y real, si la empresa posee el tiempo de ciclo muy lento o si no tiene capacidad para hacerle frente a la necesidad, esto para generar un correcto sistema integrado de la programación y control de la producción.

Mediante los diagramas CPM se determinarán el tiempo de duración de los proyectos y con este efecto se podrá identificar el tiempo de ciclo de las actividades de la empresa, según la naturaleza de la actividad, estas serán tomadas y transferidas a un modelo de pronósticos para determinar cuántas cargas tendrá cada área según un horizonte de planeación.

Se elabora un análisis de productividad para determinar el resultado de la comparación entre la producción actual y cada insumo de la empresa, para definir si aprovecha al máximo la utilización de sus recursos o se puede considerar ineficiente. Se establecerá un estudio de mudas, donde se determinarán cuáles son los tiempos muertos operativos que impactan sobre la producción y, por ende, afecta la baja productividad, los resultados obtenidos se evaluarán mediante un análisis de causalidad, donde se elaborará una matriz Klee para identificar el impacto de los síntomas sobre el problema y los diagramas causa-efecto para determinar las causas del porqué se generan.

Como último paso, se ejemplifica el sistema de programación actual, así como el sistema de información, ya que es relevante conocer cómo fluye la información de la empresa para programar la producción en su estado actual y qué se necesita para ello, con un análisis estructurado, se determinarán las áreas implicadas en la programación de la producción, en el capítulo siguiente se determinan las conclusiones y recomendaciones de la situación actual de la empresa.

Etapa Después

En la etapa después se muestra la propuesta de solución al problema, es donde se darán detalles de la mejora de las herramientas previas mencionadas. Se mejorará la disposición del equipo y herramientas en las áreas de la empresa con la aplicación del 5S y colocación de cada una dentro de una caja de herramientas. Como objetivo primordial, se disminuirá el tiempo de duración de las reparaciones, esto mediante el aumento de la capacidad real de las áreas y la disminución del tiempo de ciclo de las actividades.

Se eliminarán los tiempos muertos de operación, ya que son causa directa de que las áreas tengan tiempo ocioso, por lo que se implementará herramientas que mejoren la planeación y programación de la producción, tales como el Plan Maestro de Producción y el Plan de Requerimiento de Materiales, aportarán en este aspecto.

También, uno de los propósitos es aumentar la productividad actual de la planta, de manera que el personal sea más rápido en la reparación de los motores, sin embargo, para comprobar los datos, se deberá realizar el cambio de productividad, en relación con la producción propuesta contra la producción anterior, de manera que se determine en cuánto se mejorará la productividad con la implementación del proyecto. Para cerrar el proyecto, se hará un análisis financiero, para comprobar que la propuesta del analista es factible no sólo a nivel de planta, sino que también generará ingresos o en dado caso disminuirá los costos de la empresa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de justificar teóricamente cada aspecto, paso y herramienta involucrada en la presente investigación, se hace referencia a términos y conceptos que son necesarios para la comprensión y análisis del lector, de este modo, se pretende desarrollar la definición de las herramientas para abarcar un campo teórico, el cual pueda ser usado para referenciarse y crear una base para los capítulos siguientes, es decir, evidenciar lo que se realizará en el diagnóstico y diseño de la investigación.

Este capítulo expondrá los conceptos, procedimientos y ejemplos en relación con el sistema integrado de programación y control de la producción que se realizará en Electro Motores Ltda., debido a que sobresale la necesidad de efectuar un enfoque en este tema y de esta surge también el problema a resolver, debido a esto, se debe aclarar que es un marco teórico, ya que según Sampieri (2013), su concepto es:

“Un buen marco teórico no es aquel que contiene muchas páginas, sino que trata con profundidad únicamente los aspectos relacionados con el problema, y que vincula de manera lógica y coherente los conceptos y las proposiciones existentes en estudios anteriores”.

(p.75).

La cita anterior ejemplifica la importancia que concede la realización de un correcto marco teórico, además, rescata que el mismo, debe poseer un enfoque relacionado a un problema o bien, una pregunta problema, es por este motivo que se hace referencia a todos los conceptos involucrados en el sistema integrado de programación y control de la producción, ante la situación planteada, el marco teórico debe enlazarse directamente con los siguientes capítulos, que por supuesto validen la información expuesta en la investigación.

Motores Eléctricos

“Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas” (López, 2013, p.2)

El concepto anterior hace referencia a qué es un motor eléctrico, esto para efectos de que todo aquel que desee leer este documento, sepa cuál es la naturaleza del producto, para qué sirve, además de la cita anterior se puede destacar que al transformar la energía eléctrica en mecánica, significa que son utilizados para generar movimientos o para ayudar a funcionar algún aparato, de este modo se comprende que la reparación correcta de un motor es fundamental para el cliente ya que este lo necesita y esa necesidad también requiere un tiempo lo más cercano posible para que esté listo, que es la razón de ser del presente proyecto.

Potencia Horse Power (HP)

“ Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie/minuto un peso de 33 000 libras” (Ocampo, 2014, p.2)

La cita anterior define lo que es “horse power” o en español referido a caballo de fuerza, como expresa la cita es una unidad de potencia, donde cada caballo significa una cantidad de masa o peso, esta relación es fundamental para la investigación ya que, en relación directa, mientras más HP tenga un motor, más pesado es, en otras palabras, el motor es más grande, por lo que su tiempo de duración entre las actividades de reparación será mayor según su tamaño y por ende por su potencia.

Mantenimiento Preventivo de Motores Eléctricos

Cómo conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza. Está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral (Peinado, 2008, p.2)

El mantenimiento preventivo es una de las dos reparaciones que atiende la empresa, por lo cual es importante definir qué es un mantenimiento preventivo para su comprensión y definir cuál es la razón de ser o a que se refiere esta reparación, por lo que en dado caso que el lector del proyecto no entienda que es un mantenimiento, se le brinda un concepto definido y aplicable a la presente investigación.

Rebobinado de un Motor

“Cuando los hilos conductores que forman el devanado son sustituidos a lo largo del tiempo dentro de procesos de reparación, mantenimiento o mejora del respectivo motor. Deben de llevarse a cabo en instalaciones óptimas equipadas de herramientas y maquinaria que garanticen el mejor resultado” (Hergoros S.L, 2015, párr. 2 y 3).

El otro tipo de reparación que atiende Electro Motores es el rebobinado de un motor, el cual fue descrito en la cita anterior, no obstante, la empresa no considera un rebobinado como un mantenimiento, ya que al especializarse en la parte eléctrica de los motores, el mantenimiento de ellos es la limpieza y alineado del bobinado actual, el rebobinado se refiere cuando el cableado está quemado y no funciona, por lo que se requiere de este tipo de reparación.

Sistema Integrado de Programación y Control de la Producción (SIPCP)

Para comenzar, se debe explicar el concepto de qué es un sistema integrado de programación y control de la producción. El título como tal, no posee una definición clara, no obstante, se añadirá el concepto de cada parte involucrada y se integrará en un solo concepto. Un sistema de producción consiste en:

“Aquello que toma un insumo y lo transforma en una salida o producto con valor inherente” (Sipper y Bulfin Jr, 2015, p.7).

Una vez aclarado el concepto de sistema de producción, se debe analizar en qué consiste la programación y control de la producción, por lo que su definición según COFOCE (2011) es:

“Referencia a métodos y técnicas que se pueden subdividir en aquellas dirigidas a planificar y controlar “operaciones de proyecto” y “operaciones de procesos”. Dentro del primer grupo se pueden citar los sistemas de:

1. MRP/MRP-II (Planeación de Requerimientos Materiales y de Recursos Productivos o de Manufactura), surgido en los Estados Unidos en la empresa IBM.
2. JIT (Just in Time/ justo a tiempo), origen japonés y desarrollado inicialmente por Toyota Motor Company.
3. OPT (Tecnología de producción optimizada), desarrollada inicialmente por Eliyahu Goldratt, que más tarde dio lugar al surgimiento de la teoría de las restricciones (TOC)

(p.4).

Cabe destacar, que la cita anterior, es un gran aporte para el entender el concepto de la programación de la producción, sin embargo, hay que rescatar que la programación de la producción conlleva una serie de variables adjuntas, las cuales establecen la cantidad deseada, en el tiempo esperado y con la calidad requerida, esto mediante la aplicación de los sistemas anteriores y otros sistemas que se mencionarán más adelante, es por este motivo, que se debe involucrar todas las áreas que impactan en la producción como lo es el caso de compras y bodega para los sistemas MRP.

Una vez aclarado los conceptos, se define al SIPCP, como aquel sistema que establece cuándo, cuánto y cómo producir, mediante la aplicación de sistemas e integración de la información, que permita observar y controlar las variables independientes del mismo, al producir lo que se necesita, en el tiempo indicado y la calidad requerida, mediante el uso de controles que disminuyan la variabilidad y de este modo, cumpla con la satisfacción del cliente. Seguidamente se presentará las herramientas y conceptos relacionados al problema y al SIPCP.

Planeación Agregada

“La planeación agregada de la producción es un proceso que ofrece un mejor servicio al cliente, contribuye manejar niveles de inventario adecuados, ofrece al cliente tiempos de entrega más breves y en general facilita a la gerencia el manejo del negocio” (Hung, 2014, p.4)

La cita anterior menciona el concepto de la planeación agregada, la cual será fundamental para el diagnóstico y propuesta del proyecto, ya que se requerirá hacer uso de herramientas tales como el PMP, o MRP, en función de una planeación agregada, por lo que se agrupará los motores en familias, para su planificación y programación de la producción.

Familias de productos.

“Agrupación de productos que conviven e interaccionan en las etapas de originación, es decir, que comparten elementos en su diseño, fabricación (para la producción de bienes) e implantación (para la producción de servicios” (Riba,2015, p.6)

Plan inventario cero.

“Primero se desarrolla un plan de inventario cero (también llamado plan de lote por lote) para precisión. Cada mes se produce justo la cantidad demandada, y no se almacena. Los trabajadores se aumentan cuando crece la demanda y se despiden cuando decrece. Se quiere encontrar el número de trabajadores necesarios cada mes” (Sipper & Bulfin Jr,2015, p.206)

La cita anterior describe el plan agregado que se utilizará para agrupar y planear la producción de horas que se tendrá en un horizonte de tiempo para satisfacer la demanda tanto de motores, como de horas hombre, esto considerando que el producto no se elabora en miles de unidades, sino en horas de trabajo para reparación, por lo que el plan de inventario cero, permite realizar únicamente lo necesario y es el objetivo de esta planeación.

Plan maestro de producción.

“El plan maestro de producción se utiliza para planificar partes o productos que tienen una gran influencia en los beneficios de la empresa o que asumen recursos críticos y que, por tanto, deben planificarse con especial atención” (Romero, 2016, p.3)

El plan maestro de producción es una herramienta fundamental para la programación de la producción, esto porque planifica la producción de la empresa a futuro. Esta herramienta será utilizada en el proyecto en conjunto con el modelo de pronósticos para determinar cuántas horas trabajará el área de producción de Electro Motores en cada área y a nivel macro, además, será base para planear los materiales necesarios.

Plan de requerimiento de materiales

El MRP relaciona lo que es el programa de producción planeado con la lista de materiales necesarios para la fabricación. Se checa el inventario con que cuenta la manufacturera para ordenar únicamente los componentes que no se tienen en existencia. Considera los tiempos de entregar de los materiales faltantes para que cuando sean requeridos se encuentren en las estaciones de trabajo según lo estipule el programa de producción (Reyes,2013, p.4)

El MRP es una herramienta que apoya al plan maestro de producción que se elaborará en la investigación, se justifica porque según los motores a reparar, por su familia, así se requiere un cierto tipo de materia prima, el modelo de pronósticos determinará los posibles motores a llegar, por lo que se debe planear la compra y abastecimiento de materiales, para que no haya atrasos ni falta de materiales en la línea y para ello se realiza esta herramienta.

Análisis F.O.D.A

“El diagnóstico situacional FODA es una herramienta que posibilita conocer y evaluar las condiciones de operación reales de una organización, a partir del análisis de esas cuatro variables principales, con el fin de proponer acciones y estrategias para su beneficio” (Ramírez, 2014, p.54).

Según la referencia anterior, el análisis F.O.D.A es fundamental para evaluar y conocer las condiciones actuales de la empresa Electro Motores Ltda, ya que, como parte fundamental de la programación y control de la producción, se debe conocer la meta que tiene la empresa, además de aprovechar sus fortalezas actuales y disminuir las debilidades actuales mediante el diseño del sistema de programación y control de la producción.

Continuando con el autor, el mismo describe de forma simplificada, los pasos a tomar en cuenta para la elaboración del análisis F.O.D.A:

- Identificación de los criterios de análisis.
- Determinación de las condiciones reales de actuación en relación a las variables internas y externas del análisis.
- Asignación de una ponderación para cada una de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, listadas (matriz).

(p.56)

Diagrama de Gantt

El diagrama de GANTT es una herramienta que le permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Esta herramienta fue inventada por Henry L. Gantt en 1917. Debido a la relativa facilidad de lectura de los diagramas de GANTT, esta herramienta es utilizada por casi todos los directores de proyecto en todos los sectores. El diagrama de GANTT es una herramienta para el director del proyecto que le permite realizar una representación gráfica del progreso del proyecto, pero también es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto (Universidad Nacional de la Plata, 2016, p.1)

Con respecto a la referencia anterior, el diagrama de Gantt será una herramienta de importancia significativa, ya que detallará la extensión del proyecto, en función de las actividades a realizar, con el objetivo de establecer un horizonte de planeación y cumplimiento de las actividades, de esta manera, se evitan atrasos y se organiza el tiempo disponible para la completitud de la investigación.

Pasos para realizar un diagrama de GANTT.

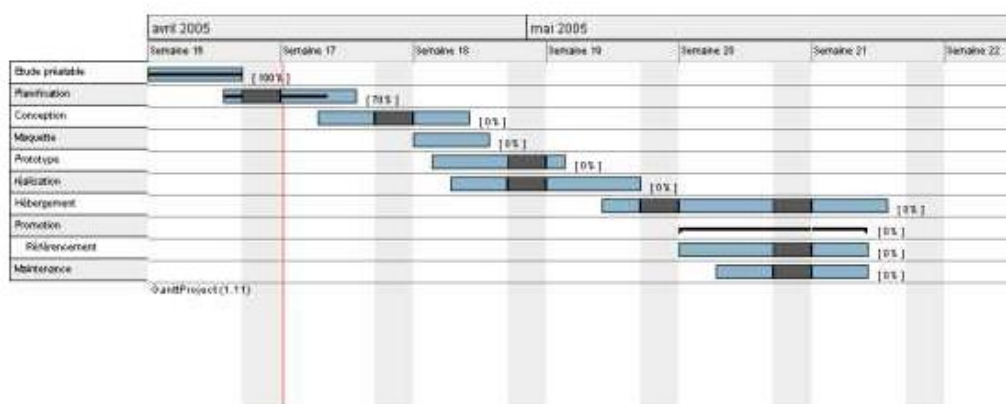
Continuando con la explicación del autor, se hace referencia a los pasos o métodos para llevar a cabo un diagrama de GANTT, con el propósito de justificar su uso y aplicación, de este modo, se resume y detalla la metodología de construcción de un diagrama de GANTT:

1. Definir las actividades del proyecto, así como el tiempo de duración total y por actividad.
2. Colocar líneas para representar el tiempo de duración de las actividades (en forma horizontal), el lapso (días, semanas, meses) se establece de forma horizontal en la parte superior derecha separadas en columnas, las actividades se colocan en la columna izquierda y en cada fila de forma secuencial.
3. Si las tareas son secuenciales, las prioridades se pueden confeccionar utilizando una flecha que desciende de las tareas más importantes hacia las tareas menos importantes. La tarea menos importante no puede llevarse a cabo hasta que no se haya completado la más importante.

4. A medida que progresa una tarea, se completa proporcionalmente la barra que la representa hasta llegar al grado de finalización. Así, es posible obtener una visión general del progreso del proyecto rastreando una línea vertical a través de las tareas en el nivel de la fecha actual.
5. Las tareas ya finalizadas se colocan a la izquierda de esta línea; las tareas que aún no se han iniciado se colocan a la derecha, mientras que las tareas que se están llevando a cabo atraviesan la línea.

A continuación, se presenta un ejemplo de la construcción del diagrama de GANTT, con base en los ejemplos anteriores:

Figura 3. Ejemplo de diagrama de GANTT



Nota: Universidad Nacional de la Plata.

Estructura de desglose del trabajo (EDT)

“Una descomposición jerárquica orientada al entregable relativa al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto para lograr los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. Organiza y define el alcance total del proyecto” (Silvela, 2016, p.1)

La estructura de desglose del trabajo, tal y como lo define Silvela, es una descomposición jerárquica del proyecto, que será implementada en esta investigación con el objetivo de mostrar las actividades que se llevaran a cabo para su realización, considerando cada capítulo y descomponiéndolo de manera que se comprenda y organice la información para evitar atrasos o desvío del tema.

Pasos para realizar el EDT.

Continuando con Silvela (2016), el mismo define cuales son los pasos recomendados para realizar un EDT, los cuales son los siguientes:

- Identificar el producto final del proyecto, que debe entregarse para alcanzar el objetivo perseguido: Revisar el alcance y objetivo del proyecto, para asegurar la consistencia entre los elementos que componen la EDT y los requerimientos del proyecto.
- Definir los principales capítulos del proyecto: Por sí mismos no constituyen un producto terminado, pero facilitan la comprensión del proyecto al dividirlo en bloques claramente diferenciados.
- Seguir descomponiendo los capítulos hasta llegar al nivel adecuado de detalle, por ejemplo, una unidad funcional, un acabado, una instalación o un equipamiento: Una buena práctica consiste en borrar los capítulos no necesarios en lugar de añadirlos partiendo desde cero.
- Descomponer los capítulos hasta el nivel de detalle final, es decir, hasta el nivel del paquete de trabajo o unidad de obra, que es el punto en el cual el coste y el cronograma son fiables y permite un seguimiento eficiente del proyecto.
- Revisar y refinar la EDT hasta que las personas y organizaciones involucradas en el proyecto estén de acuerdo en que la planificación pueda completarse, y la ejecución y el control producirán los resultados deseados.

(p.p. 3-6)

Demanda

Para poder determinar la magnitud del problema, el producto estrella o bien la unidad en estudio, es importante tomar en cuenta las solicitudes del cliente, es decir, la demanda del mismo, para comprender mejor el término, Hernández. F (2010, p.1) define demanda como:

“Determina la cantidad de un bien que los compradores desean comprar para cada nivel de precio”

Gracias a la cita anterior, se entiende por demanda a una cantidad específica de un producto o servicio, ya que el cliente está interesado en la compra de este por un precio razonable. Este concepto será de utilidad en la investigación al conocer la demanda de la reparación de los motores y de este modo, mediante el histórico de demanda, se sabe cuáles motores según su voltaje, son los que tienen más demanda, justificando su escogencia. La demanda permite también reflejar el pasado en el futuro, mediante el uso de herramientas de pronósticos, dicho concepto se explicará más adelante.

Clasificación ABC

Debido a la existencia de una gran variedad de productos, ya sea en una línea o en una empresa como tal, para enfocar su atención en el producto de mayor importancia, o como se le suele llamar: “producto(s)estrella(s)”, se debe realizar una clasificación con respecto a un dato en específico, por ejemplo: producción, ventas... Por tal motivo, se realiza una clasificación ABC, la cual según Collignon y Vermoel (2012) se define como:

El principio de Pareto establece que el 80 % del valor de consumo total se basa solo sobre el 20 % de los artículos totales. En otras palabras, la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos: los que más se venden superan ampliamente a los demás.

El método ABC establece que, al revisar el inventario, una empresa debería clasificar los artículos de la A a la C, basando su clasificación en las siguientes reglas:

- Los artículos A son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado. El principal 70-80 % del valor de consumo anual de la empresa generalmente representa solo entre el 10 y el 20 % de los artículos de inventario totales.
- Los artículos C son, al contrario, artículos con el menor valor de consumo. El 5 % más bajo del valor de consumo anual generalmente representa el 50 % de los artículos de inventario totales.
- Los artículos B son artículos de una clase intermedia, con un valor de consumo medio. Ese 15-25 % de valor de consumo anual generalmente representa el 30 % de los artículos de inventario totales.

(párr. 3-7).

Tal y como expresa la cita de Collignon y Vermoel, la clasificación ABC es una técnica basada en el principio de Pareto, con el objetivo de priorizar aquellos artículos o productos con mayor consumo. En la presente investigación, debido al criterio experto y análisis de la demanda, al realizar la clasificación ABC, se determinó que los productos A son los motores de bajo voltaje, ya que son los productos mayormente demandados y producidos por la empresa, por lo que es importante aclarar en qué consiste el análisis ABC. A continuación, se muestra un ejemplo de una clasificación ABC:

Tabla 1. Ejemplo de tabla de clasificación ABC

Código	Valor Total	Porcentaje del Valor total	Porcentaje Acumulado	Clasificación ABC
3	\$ 949,300,000.00	39.75%	39.75%	A
9	\$ 810,000,000.00	33.92%	73.67%	
5	\$ 247,000,000.00	10.34%	84.01%	B
1	\$ 150,000,000.00	6.28%	90.29%	
10	\$ 128,296,000.00	5.37%	95.67%	
8	\$ 74,513,000.00	3.12%	98.79%	C
6	\$ 14,782,500.00	0.62%	99.40%	
2	\$ 8,000,000.00	0.33%	99.74%	
4	\$ 4,112,500.00	0.17%	99.91%	
7	\$ 2,106,000.00	0.09%	100.00%	
TOTAL	\$ 2,388,110,000.00	100.00%		

Nota: Ingeniería Industrial Online.

Oferta

“Determina la cantidad de un bien que los vendedores ofrecen al mercado en función del nivel de precio” (Hernández,2010, p.4)

Continuando con Hernández, este explica que la oferta consiste en lo que los vendedores o productores, son capaces de ofrecer al mercado o clientes, con respecto al precio estipulado por la misma empresa, además, estos términos son importantes para definir cómo está la empresa, con respecto a la demanda solicitada, si está ofreciendo lo que se está solicitando.

Pronósticos

“Son métodos utilizados para predecir la naturaleza incierta de las tendencias en los negocios, un esfuerzo por ayudar a los administradores a tomar decisiones y a mejorar sus planes” (Hanke y Wichern,2010, p.1)

La cita anterior explica en qué consiste los pronósticos, se puede tener una idea clara de qué tratan los pronósticos y el beneficio de implementarlos, ya que como estipula Hanke y Wichern, ayuda a la toma de decisiones, esto porque permite reducir la incertidumbre y así despejar las dudas con respecto a qué podría pasar, por ejemplo, anteriormente se mencionó los pronósticos en la demanda, esto porque con el uso de los mismos, permite visualizar cuál podría ser el comportamiento de la demanda futura.

En el caso de la actual investigación, se hará uso de los pronósticos con respecto a la demanda, para definir cuáles serán las entradas o ingresos de motores de la categoría de bajo voltaje, esto para poder realizar un estudio y planeación estratégica de la producción, esto permitirá recopilar la información necesaria para programar la producción de manera que se cumpla en la jornada laboral establecida y así disminuir la incertidumbre de la demanda futura.

Auto correlaciones

Como parte del análisis de los pronósticos, es importante destacar que los datos históricos tomados para representar el futuro, posee ciertas características que, según su cantidad, puede visualizarse y definir un modelo de pronósticos, con base en la comparación entre años, ya que cómo explica Hanke y Wichern (2010, p.60):

“La auto correlación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma. Los coeficientes de auto correlación para diferentes retrasos de una variable se usan para identificar patrones de datos de serie de tiempo”.

Como se mencionó anteriormente, la auto correlación indica la relación de los datos pasados, sin embargo, como explica la cita, es aplicar la auto correlación por variables retrasadas, es decir, “n” periodos anteriores para determinar la auto correlación de los datos, según la cantidad de los mismos en análisis, esto con el objetivo, de definir los patrones de tiempo (tendencia, ciclo o estacionalidad), y un modelo de pronósticos, la fórmula para determinar las auto correlaciones es:

Figura 4. Fórmula de auto correlación

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Donde:

Y_t = Variable actual o en estudio.

Y_{t-k} = Variable de “k” periodos anteriores.

\bar{Y} = Promedio de los históricos de la variable..

Nota: Hanke y Wichern.

Mediante la aplicación de la Figura 4. Fórmula de auto correlación, se destaca que será aplicada en la investigación, de manera que se pueda observar la auto correlación de la demanda de reparación de motores de bajo voltaje de los periodos anteriores (meses y años), con el fin de determinar un modelo de pronósticos que se ajuste al enfoque de la investigación y proporcione la información más precisa para su análisis, comprensión y solución al problema, de manera que se pueda programar la producción de esos motores en el tiempo estimado u óptimo.

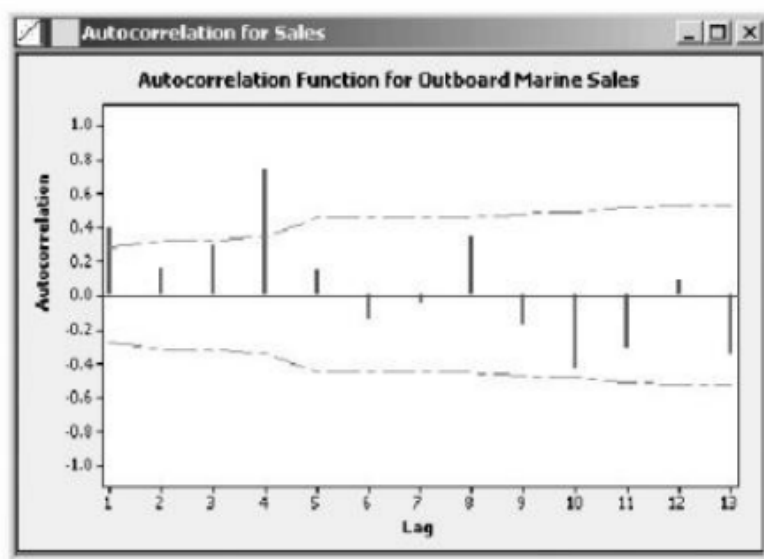
Autocorrelograma de estacionalidad.

La fórmula anterior, se debe realizar “n” cantidades necesarias, según la cantidad de datos disponibles. Una vez obtenidas las auto correlaciones, se debe establecer el “autocorrelograma”, lo que los autores Hanke y Wichern (2010, p.63) define como:

“Una gráfica de las auto correlaciones para varios retrasos de una serie de tiempo”.

La cita anterior explica que se muestra en una gráfica las auto correlaciones obtenidas de los datos históricos, con el fin de verificar cuál serie de tiempo posee esos datos, no obstante, para efectos de análisis y comprensión de la presente investigación, se enfocará en la serie de tiempo por estacionalidad y tendencia, que son los aspectos relacionados en su mayoría con la entrada de motores a la empresa, por lo que se presentará ejemplos de autocorrelogramas de serie de tiempo y estacionalidad:

Figura 5. Ejemplo de Autocorrelograma de estacionalidad



Nota: Hanke y Wichern.

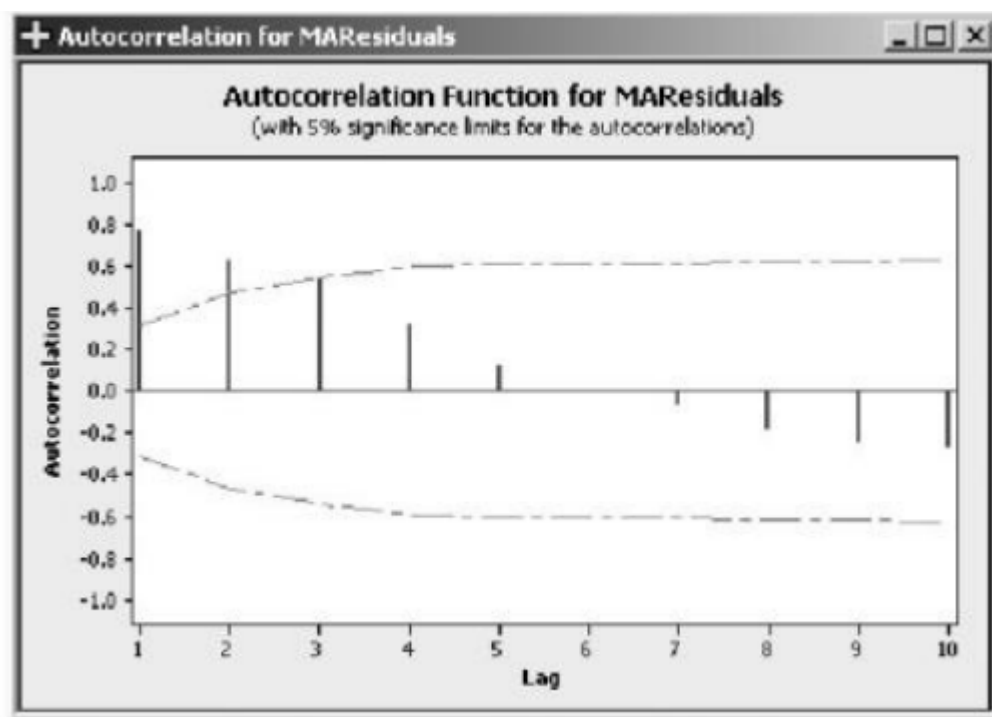
De la Figura 5. Ejemplo de Autocorrelograma de estacionalidad, cabe destacar que existen dos ejes que se ven relacionados entre sí, lo que expresa una variable independiente (eje x) y una variable dependiente (eje y), sobre ambos ejes se ven reflejados unas líneas arriba y abajo del punto 0,0, estas líneas se refieren a las auto correlaciones calculadas anteriormente y graficadas en un plano bidimensional, lo que va a indicar que por cada periodo, existirá una auto correlación en función de los datos que se quieran relacionar.

Es importante destacar que los autores Hanke y Winchern (2010, p.65) explican que la línea 0,0 representa el punto intermedio de los datos, ya que las auto correlaciones, pueden tener una correlación positiva o negativa, lo que indica qué tanta relación tienen ambos datos, en este caso, se muestra que existen líneas por encima y por debajo del punto intermedio (0.0), para el periodo número uno, se tiene una auto correlación positiva de 0.4, lo que expresa una correlación significativa, mientras que en el periodo diez, se tiene una auto correlación negativa, lo que expresa un poco correlación entre la comparación de las variables.

Para identificar que los datos históricos, tienen estacionalidad, se muestra que estos tienen una correlación significativa en ciertos periodos de tiempo, como lo son en el caso del periodo cuatro y diez, que su auto correlación, se encuentra relacionada de alguna manera, independientemente si es positivo o negativo, lo que le indica al analista, que hay ciertos periodos, donde se tiene estacionalidad, debido a la auto correlación que poseen los datos históricos. La figura a continuación hace referencia a un caso con tendencia, su lectura es similar, sin embargo, sus datos se ven dispersados de otra manera, para aclarar el concepto.

autocorrelograma de tendencia.

Figura 6. Ejemplo de Autocorrelograma de Tendencia



Nota: Hanke y Wichern, 2010.

El análisis y comprensión de la autocorrelograma de tendencia.

Figura 6. Ejemplo de Autocorrelograma de Tendencia, es igual a la del anterior, no obstante, la diferencia entre ambas es que como se observó en la Figura 5. Ejemplo de Autocorrelograma de estacionalidad, el punto de auto correlación se destaca más en otros periodos, algunos picos son altos o son bajos dependiendo de su época, no obstante, en el ejemplo se puede observar que hay periodos en el que se decrece o crece, es decir puede existir una tendencia creciente o decreciente desde los periodos. Mediante estos dos ejemplos de las auto correlaciones, se estipulará los pronósticos que se utilizarán para comprender la demanda futura de la reparación de motores.

Regresión lineal simple.

La regresión lineal es un pronóstico muy utilizado, debido a su relación entre las variables independiente y dependiente, no obstante, su pronóstico puede ser inexacto, según la variabilidad de los datos, por tal motivo, se recomienda aplicar varios modelos de pronósticos y calcular su error para llegar a una conclusión, a continuación, se presenta la definición del método de pronóstico de regresión lineal, según Cortés, Bielsa y Cobo (2015):

Un modelo estadístico expresa una variable respuesta en función de otras variables predictoras. En la correlación las 2 variables en estudio tienen un papel simétrico, pero en el modelo de regresión es asimétrico: la respuesta representa la futura incógnita, y la predictora, la información que estará disponible. Los 2 objetivos del modelo de regresión son:

1. Anticipar el valor que tomará la respuesta
2. Cuantificar la precisión de esta predicción.

(p.4)

En efecto, el objetivo de calcular la regresión lineal es poder determinar una variable de respuesta, con respecto a otras variables (dependiente e independiente), este método se logra mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

Figura 7. Ecuación de regresión lineal

$$y = ax + b$$

Nota: <http://www.ehu.eus>

La Figura 7. Ecuación de regresión lineal, muestra que existe una variable dependiente (y), que dependerá de un valor a (pendiente), x (variable independiente) y b (dato calculado). Para poder completar la fórmula se debe resolver los valores de m y b, lo que conlleva a la aplicación de las siguientes fórmulas:

Figura 8. Ecuaciones de a y b.

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

X_i = Variable independiente (tiempo, por ejemplo).

Y_i =Variable independiente (viscosidad, por ejemplo).

n= Cantidad de datos en estudio.

Nota: Ángel Franco.

Pasos para realizar un pronóstico de regresión lineal.

Según Acuña (2013), los pasos para realizar el modelo de pronósticos de regresión lineal son:

1. Identificar las variables X_i y Y_i .
2. Calcular las constantes a y b.
3. Sustituir la variable independiente X por valores de X_i (por ejemplo, meses futuros).
4. Calcular la variable independiente Y mediante los tres pasos anteriores.

Mediante la Figura 7. Ecuación de regresión lineal, se determinará cuál será la demanda futura de la reparación de los motores de bajo voltaje, con respecto a una variable independiente de tiempo y la cantidad de pedidos esperados de motores de bajo voltaje según el historial de pedidos anteriores, con el objetivo de analizar el comportamiento de la demanda futura para la planeación estratégica y programación de la producción.

Capacidad real

Alcántara (2017) cita a (Dávila,2009, p.12) en la definición de capacidad real de producción:

“Por capacidad real de trabajo se entiende la relación existente entre la cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Es, por tanto, la capacidad realmente lograda por un recurso en condiciones normales de operación” (p.29)

Esta definición será relevante en la investigación, ya que se debe encontrar la capacidad real de producción en la empresa Electro Motores Ltda, ya que como toda empresa, posee ciertos retrasos y conflictos, que están generando un porcentaje menor de producción del que está instalado, por lo que el análisis de esta capacidad, tendrá un enfoque para establecer cuál será el tiempo de producción actual de la empresa, así se representará el cuello de botella y medir un tiempo estimado de duración en la reparación de motores de bajo voltaje, desde su inicio hasta su final.

Capacidad teórica

Debido a que toda empresa posee una capacidad real, así también posee una capacidad teórica, lo que significa que, en condiciones ideales y excepcionales, no exista algún error o retraso que impida trabajar lo que se debería, sino que su funcionamiento esté al 100%, para definir la capacidad teórica, Alcántara (2017) cita a Dávila (2009, p.12)

“Se entiende por capacidad teórica a la cantidad de trabajo producido, si una máquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica es un concepto meramente teórico” (p.29)

Mapa de procesos

Permite una visión global de la organización, es un modelo o diagrama en el que se representan e identifican los procesos estratégicos, medulares y de apoyo, donde se concibe como una red de procesos interconectados, en función de la misión, objetivos, entradas (input) y salidas/servicios (output), partiendo desde las necesidades del cliente hasta su satisfacción (Universidad de los Andes,2014, p.14).

La cita anterior explica que el mapa de procesos, es un modelo que permite graficar o visualizar los procesos involucrados en la organización, estos procesos pueden tener ciertas divisiones y sub divisiones, de los procesos estratégicos, medulares (o de operación) y los de apoyo, cabe destacar que estos procesos por estrategia deben ir enfocados en la misión y visión de la organización, que es justamente el propósito de su aplicación en el presente estudio, mostrar los procesos involucrados en la empresa Electro Motores S.A.

Pasos para elaborar un mapa conceptual

Continuando con la Universidad de los Andes (2014), el mismo describe los pasos para realizar un mapa de procesos, los cuales consisten en:

1. Conformación del equipo de trabajo
2. Identificación de los procesos
3. Definición del objetivo de los procesos y actores involucrados
4. Validación del Mapa de Proceso
5. Aprobación por el Consejo Universitario
6. Publicación y divulgación en la web.

(p.16)

Diagrama de procesos

“Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza” (Cervantes, 2015, p.1)

El diagrama de proceso es una herramienta utilizada para ejemplificar los procesos que se llevan a cabo en un área o línea de producción. Se utilizará para este proyecto, con el fin de mostrar los procesos que se llevan a cabo en Electro Motores Ltda, para reparar un motor en su totalidad. Es importante destacar, que no hay una secuencia, simbología o pasos para elaborar un diagrama de procesos, ya que pueden ejemplificarse al gusto del colaborador del diagrama.

Diagrama de flujo de operación

La utilización del diagrama de flujo es fundamental en el análisis de los procesos y actividades que llevan a cabo la empresa para cumplir con un propósito, el mismo posee un inicio y un fin, esto porque cada proceso posee un ciclo, el cual debe cerrarse hasta completar el proceso de operación al fabricar y/o brindar un servicio o producto, el diagrama de flujo de operación se define como:

“Representan procesos de trabajo de complejidad media o baja realizados por un recurso (persona o máquina). Estos diagramas pueden representar el funcionamiento actual del proceso existente en la organización, como el nuevo diseño propuesto para otro modelo” (Ramonet, 2013, p.2).

Pasos para realizar un diagrama de flujo.


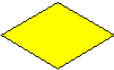








Una vez definido el concepto de diagrama de flujo, el siguiente paso es entender cuál es la estructura que este debe poseer, así como los pasos necesarios para su adecuado desempeño, por tal motivo, Fundibeq Andes (2013), describe los pasos la elaboración de un diagrama de flujo:

1. Establecer quienes deben participar en su participación: Se debe identificar los organismos implicados en el proceso.
2. Preparar la logística de la sesión de trabajo:
3. Definir claramente la utilización del diagrama de flujo y el resultado que se espera obtener.
4. Definir los límites del proceso en estudio: La mejor forma de aclarar los límites, se deben establecer el inicio y fin del proceso.
5. Esquematizar el proceso en grandes bloques o áreas de actividades:
6. Identificar y documentar los pasos del proceso: Se deben establecer mediante la simbología, todas aquellas actividades y documentos importantes en el flujo.
7. Realizar el trabajo adecuado para los puntos de decisión.
8. Revisar el diagrama completo.

(p.p. 5-9)

Como se mencionó en los puntos cinco y seis, se debe establecer y visualizar los símbolos aptos para la construcción de un diagrama de flujo. Con base en la información anterior, se mostrará la simbología para aplicar y construir el orden de las actividades, con el objetivo de indicar el significado y colocación de las figuras. A continuación, se presenta la simbología respectiva para la construcción del diagrama de flujo:

Figura 9. Simbología para la construcción de un diagrama de flujo

	Inicio/Final Se utiliza para indicar el inicio y el final de un diagrama; de inicio sólo puede salir una línea de flujo y al final sólo debe llegar una línea		Decisión Indica la comparación de dos datos y dependiendo del resultado lógico (falso o verdadero) se toma la decisión de seguir un camino del diagrama u otro
	Entrada/Salida Entrada/Salida de datos por cualquier dispositivo (scanner, lector de código de barras, micrófono, parlantes, etc.)		Impresora/Documento. Indica la presentación de uno o varios resultados en forma impresa
	Entrada por teclado. Entrada de datos por teclado. Indica que el computador debe esperar a que el usuario teclee un dato que se guardará en una variable o constante		Pantalla Instrucción de presentación de mensajes o resultados en pantalla
	Acción/Proceso Indica una acción o instrucción general que debe realizarse (operaciones aritméticas, asignaciones, etc.)		Conector Interno Indica el enlace de dos partes de un diagrama dentro de la misma página
	Flujo/Flechas de Dirección Indica el seguimiento lógico del diagrama. También indica el sentido de ejecución de las operaciones		Conector Externo Indica el enlace de dos partes de un diagrama en páginas diferentes

Nota: WordPress.com

Cadena de Valor

Para cualquier negocio, cualquier cliente es importante saber qué actividades o qué aspectos generan valor a la empresa, Electro Motores Ltda, es una empresa que posee variedad de procesos y actividades de los cuales es necesario identificar cuáles están aportando valor y esto se hace mediante la cadena de valor, la cual según Salazar (2017) que cita a Porter (2016), la define como:

Es una sucesión de acciones realizadas con el objetivo de instalar y valorizar un producto o un servicio exitoso en un mercado, mediante un planteamiento económico viable. Toda empresa o asociación, organización creadora de valor y deseosa de mejorar su competitividad puede lograr sus objetivos si se basa en la cadena de valor. Este modelo de hecho permite que las organizaciones interesadas analicen sucesivamente el conjunto de sus actividades con el objetivo de mejorar al máximo posible cada etapa para construir y optimizar una ventaja competitiva. Es una herramienta de gestión estratégica muy preciada, en la medida que actúa en el posicionamiento de un producto o servicio en el mercado.

(p.52)

Por lo tanto, con el objetivo de determinar las actividades que aportan valor a Electro Motores, tomando en cuenta una orientación de calidad, que podría ser mejorada en el sexto capítulo del presente proyecto, se deben establecer los pasos para realizar una cadena de valor. Los cuales son:

- Definir una secuencia lógica de todos los procesos que conlleva la reparación de un motor.
- Establecer los componentes para cada proceso interventor de la cadena de valor.
- Definir las variables con respecto a los clientes (internos y externos).
- Formular indicadores de control para las variables.

Diagrama de la Ruta Crítica (CPM)

“Es un método para la determinación de la ruta crítica de las actividades de un proyecto. La idea general es mostrar un proyecto en forma gráfica y relacionar sus componentes en tal forma que permita determinar cuáles actividades son cruciales para la finalización del proyecto” (Gómez, 2013, p.2)

El diagrama CPM es una herramienta que será aplicada en el proyecto con el objetivo de definir y diagramar las actividades referentes a la reparación de un motor, esto se debe a que cada reparación, es considerado como un proyecto diferente, por lo que será de utilidad, ya que con base en el registro de horas laboradas en las actividades de la demanda de motores de los últimos dos años, se podrá definir el tiempo aproximado de duración del proyecto, identificar la ruta crítica y la operación cuello de botella.

Pasos para realizar un diagrama CPM.

Continuando con el autor, el mismo describe que los pasos a seguir para elaborar un diagrama CPM, son los siguientes:

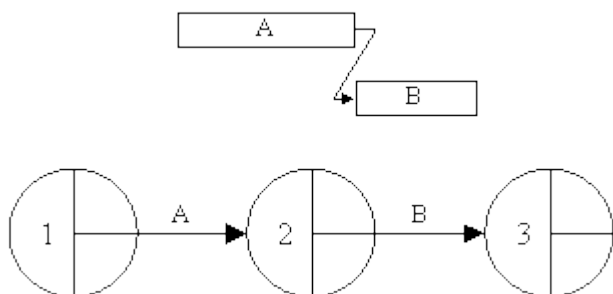
1. Identificar las actividades pertenecientes al proyecto.
2. Defina el tiempo de duración de cada actividad.
3. Defina la precedencia de actividades.

4. Proceda a graficar el Diagrama PERT. Normalmente se comienza de izquierda a derecha. Se emplean nodos para denotar inicio y fin de las actividades, líneas rectas horizontales (preferiblemente) para representar las actividades e identificadas con la etiqueta en la parte superior y la duración en la parte inferior.

Donde los nodos se refieren a los puntos de unión de las ramas, que representa el momento en que comienza o termina una actividad.

Ejemplo:

Figura 10. Ejemplo de Diagrama CPM



Nota: Centro de Estudios Superiores, 2015.

5. Se calculan los tiempos de ejecución de las actividades. Se comienza desde la izquierda, colocando el valor 0 en el cuadro izquierdo del primer nodo, y se va sumando el tiempo de duración de cada actividad para ir acumulando el tiempo.
6. Al terminar de calcular los tiempos de ejecución, se procede a calcular los tiempos de holgura, de derecha a izquierda. Se coloca en el cuadro derecho del último nodo el tiempo total del proyecto, y se va restando el tiempo de duración de cada actividad, para ir disminuyendo el tiempo.
7. Se calcula la ruta crítica, que pasa por los nodos donde el acumulado del cuadro de la izquierda es igual al acumulado del cuadro de la derecha

(p.9-11)

Los pasos anteriores corresponden a una breve definición de cómo realizar un diagrama CPM, es importante considerar que el punto número 6, conlleva a averiguar la ruta crítica del proyecto, es decir, las actividades de mayor duración acumulada, considerando actividades lineales y paralelas. Esta ruta crítica, va a definir las cargas de trabajo que tiene cada área con respecto a un proyecto y permitirá definir la actividad cuello de botella y, por ende, el área con mayores cargas.

Cuello de botella

Un cuello de botella es un recurso cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él. Y un no cuello de botella es aquel en el que la capacidad es superior a la demanda requerida de él. Lo acertado es equilibrar el flujo de materiales de la organización con la demanda de mercado. Esta es la primera de nueve reglas que expresan la relación entre cuellos de botella y los demás recursos, y cómo gestionar correctamente una fábrica (Goldratt,2013, p.96).

La cita anterior, estipula qué es un cuello de botella, lo que es importante para el desarrollo y solución de este proyecto, ya que es vital definir de acuerdo con las actividades del proceso productivo y de las reparaciones que realiza la empresa, cuál es mi cuello de botella, debido a que en programación y control de la producción, el reducir el tiempo de duración de una actividad no cuello de botella, es un espejismo, por lo que afirma Goldratt, que lo acertado es equilibrar el flujo de la organización, con base en la demanda.

Productividad

La productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios. Podemos definirla como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos y denota la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, tierra, etc. son usados para producir bienes y servicios en el mercado (Felsing, 2012, p.3)

La cita anterior explica qué es la productividad, esta cita se refiere a la utilización de los productos disponibles en la empresa y en efecto es la utilización que se le dará al presente proyecto, se evaluará cuáles son los productos de Electro Motores y de acuerdo con su producción, se reflejará el grado o índice de utilización de estos, entiéndase a los productos, como los insumos o entradas para producir el bien de la empresa.

Productividades parciales.

“La productividad parcial es la que relaciona todo lo producido por un sistema (salida) con los recursos utilizados (insumo o entrada)” (Gonzales y Carro, 2015, p.3)

La productividad parcial será el tipo de productividad que se usará en la investigación, ya que el interés es determinar cómo se comporta la relación entre la producción de cada área de la producción de Electro Motores, con los insumos requeridos, tales insumos son unidades, costos, mano de obra, entre otros, la fórmula para calcular la productividad parcial según los autores es:

Figura 11. Fórmula de Productividad Parcial

$$Productividad\ Parcial = \frac{Salidas}{Entrada}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Aumento Porcentual.

“El aumento porcentual consiste en determinar el incremento de algún factor (I.V.A, Precios, etc.), al comparar el valor de una variable pasada (VP) con la variable actual (VA), esto al restarle al VA, el VP y dividirlo entre el VP” (Martínez, 2017, párr. 1-11)

Para efectos de la investigación, se utilizará el aumento porcentual para determinar el incremento de productividad que se tendrá con la propuesta, es decir, al comparar las productividades parciales finales con las iniciales (la propuesta contra la situación actual), por lo que, según describe Martínez, la fórmula para comprobar el cambio de productividad es la siguiente:

Figura 12. Aumento Porcentual de la Productividad

$$\frac{Productividad\ Final - Productividad\ Inicial}{Productividad\ Inicial}$$

Nota: Martínez, 2017.

Aunque la fórmula no sea propia del autor en términos de productividad, la relación y la el procedimiento para evaluar el aumento porcentual si es de Martínez, por lo que se le acredita como autor y fuente de la fórmula.

Diagrama Causa-Efecto

El diagrama causa-efecto (C-E), es una herramienta de calidad, que, en la actualidad es una de las herramientas más utilizadas por los analistas debido a su sencillez y facilidad de comprensión de análisis, además del orden que debe tener, con el objetivo de comprender en qué consiste el diagrama (C-E), Gillet (2014, p.107) lo define como:

Investiga y clasifica por familia las causas de un problema (mano de obra, métodos, entorno, materias primas, medios), también es una excelente herramienta de comunicación para explicar un fenómeno. No da la causa del problema, pero permite elegir entre las posibles causas que puedan evaluarse.

Tal y como lo explica el autor, un diagrama causa efecto, es una representación gráfica de las causas y efectos que pueden estar involucrados en un problema , con base en las 5M descritas por el mismo, el objetivo es identificarlas y observar su comportamiento, se dice que la mejor forma de solucionar un problema, es eliminar las causas, o controlarlas en la medida de lo posible, por tal motivo, se realizará un estudio de las causas, implicadas en la deficiencia de cumplimiento del tiempo y llegada de la información para establecer un lapso de tiempo, con su pre costo al cliente con respecto a la reparación de motores de bajo voltaje.

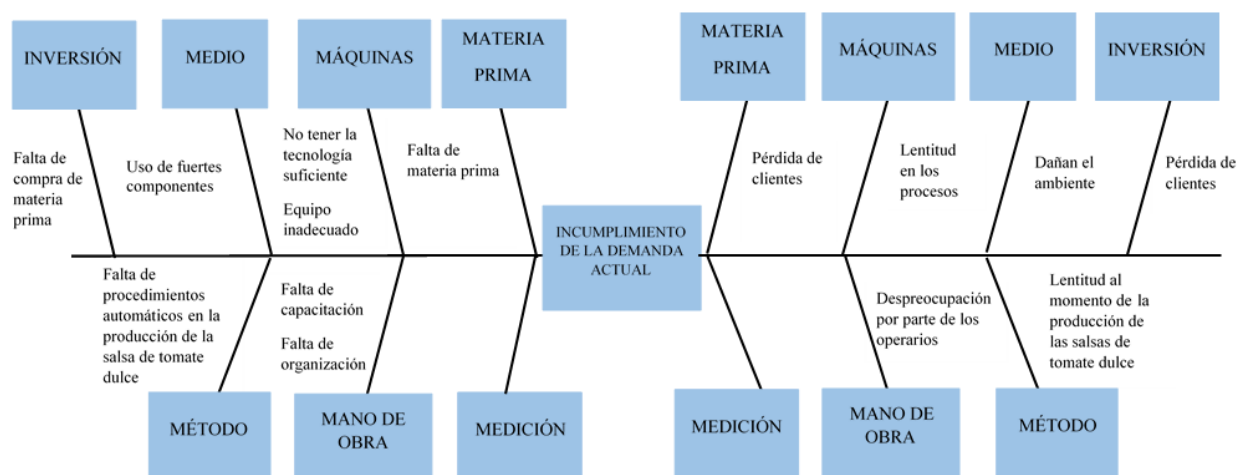
Pasos para realizar un diagrama causa-efecto.

Para tener una base de cómo comenzar con la elaboración de un diagrama de Ishikawa, el autor describe los pasos para realizar un diagrama (C-E):

1. Plantear el problema o mejora de la situación actual.
2. Hacer que surjan todas las ideas y causas posibles en una sesión de lluvia de ideas.
3. Clasificar después las ideas en cinco familias, las que se relacionan con los medios, los individuos (mano de obra), las materias primas, las formas de trabajar (método) y las condiciones(entorno).
4. Identificar por votación en última instancia, las causas que deben evaluarse.

Los pasos anteriores, evidencian la forma de hacer un diagrama causa-efecto, pese a que este puede optar por varias maneras, siempre debe poseer su categoría, una serie de causas y como se explica en el último paso, deben evaluarse las posibles causas mediante métodos estadísticos, para aclarar el concepto y lo que es un diagrama de causa-efecto, a continuación, se mostrará un ejemplo:

Figura 13. Ejemplo de diagrama causa-efecto



Distribución de frecuencias

Las distribuciones de frecuencias son tablas en que se dispone las modalidades de la variable por filas. En las columnas se dispone el número de ocurrencias por cada valor, porcentajes, etc. La finalidad de las agrupaciones en frecuencias es facilitar la obtención de la información que contienen los datos (Universidad de Valencia, 2015, párr. 1)

Las distribuciones de frecuencias, son herramientas estadísticas útiles para definir un porcentaje de relación o frecuencia de un factor con respecto al tamaño de la muestra o total de veces ocasionadas, es por medio de esta herramienta, que se diagnosticará la frecuencia u ocasiones muestreadas, en las que se ven involucradas las causas identificadas en el problema del tiempo de reparación de motores de bajo voltaje.

Matriz Klee

“Una herramienta de análisis, utilizada priorizar las causas que generan un problema, se basa en la ponderaciones y calificaciones dadas tanto por los analistas del problema como por los representantes de la empresa o proceso” (Salazar, 2017, p.56)

La cita anterior define el concepto de qué es una matriz klee, la cual será empleada en la presente investigación, ya que Electro Motores, no posee información certera o con respecto a las fallas frecuentes del problema actual, esto no permite que se pueda realizar una distribución de frecuencias y un análisis estadístico del mismo, por lo que, al utilizar el diagrama de Klee, ponderará un valor a cada causa con respecto al criterio de la empresa y del investigador.

Continuando con el autor, el mismo describe que los pasos para realizar una matriz o diagrama de Klee son:

- Hacer una lista con las causas del diagrama de Ishikawa.
- Armar la matriz klee.
- Dar las calificaciones de la empresa
- Dar las calificaciones del analista.
- Ponderar según las filas y columnas.
- Realizar cálculo de datos de áreas.
- Ordenar los datos según su resultado de mayor a menor.
- Priorizar las causas mediante el diagrama de Pareto.

(p.58)

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta funcional y básica en el estudio y análisis de problemas, debido a que, como se mencionó anteriormente, establece la ley 80-20, donde un 80% de un problema, se ve afectado por el 20% de las causas, tal y como define el diagrama de Pareto según Pulido y Salazar (2013) es:

Se reconoce que más del 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos, cuyo objetivo, según el mismo autor, es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas, mediante el principio de Pareto que establece que pocos elementos (20%) genera la mayor parte del efecto (80%) (p.136).

Tal y como describe el autor, el diagrama de Pareto es una herramienta que permite verificar la cantidad de datos involucrados en un problema o estudio y así definir cuáles son los principales problemas del mismo, por tal motivo, es una herramienta que se utilizará para analizar las causas de la mala programación de la producción, así como de su actual cuello de botella, para poder atacar las causas asignables y convertirlas en controlables, para estabilizar el proceso, por tal motivo, será vital en la investigación para realizar un diagnóstico del problema actual de la empresa.

Pasos para realizar un diagrama de Pareto.

Es importante definir la manera de realizar un diagrama de Pareto, ya que aquellos o aquellas personas que deseen consultar la metodología y aplicación del diagrama de Pareto, deben fundamentar su estructura. Pulido y Salazar (2013) establecen que los pasos para realizar un diagrama de Pareto son los siguientes:

1. Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, tener claro el objetivo que persigue.
2. Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces se construye una hoja de verificación bien diseñada para la recolección de datos.
3. Establecer el periodo de tiempo del que se tomarán los datos y a la persona responsable de hacerlo.
4. Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
5. Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia, o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente.
6. Documentación de referencias del diagrama de Pareto, como son títulos, periodos, área de trabajo...
7. Se realiza la interpretación del diagrama de Pareto y si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo.

(p.139)

Una vez entendido los pasos que se deben realizar para la construcción de un diagrama de Pareto, se inicia su aplicación, debido a que es necesario tener información previa (ventas, causas, errores...) ya se tienen los datos en estudio, por lo que se establece una distribución de frecuencias, que permita la validación y consistencia de esas variables, una vez realizado lo anterior, se procede a graficar, al final, se debe obtener una tabla y un gráfico, por ejemplo:

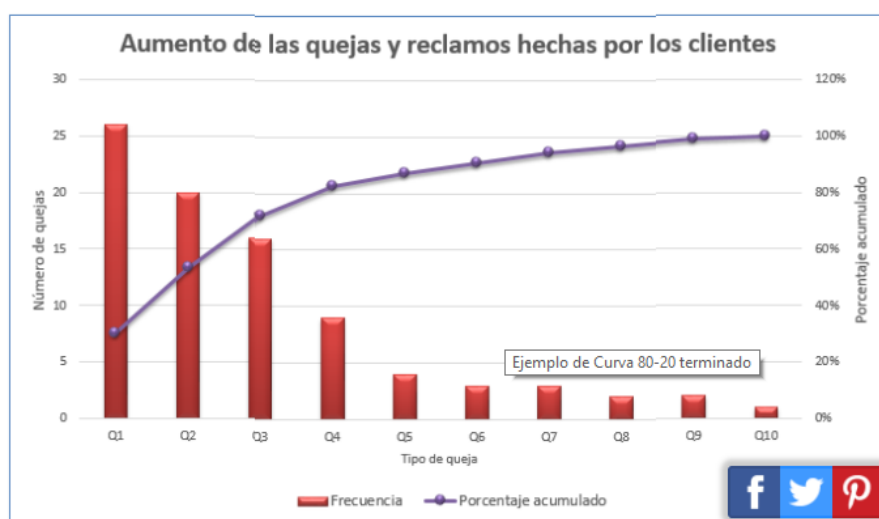
Tabla 2. Ejemplo de construcción de diagrama de Pareto

Queja #	Tipo de queja	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Q1	El servicio postventa no se presenta a tiempo	26	26	30%	30%
Q2	El personal de postventa no sabe como instalar el producto	20	46	23%	53%
Q3	El personal del centro de contacto es grosero o no tiene actitud de servicio	16	62	19%	72%
Q4	El personal de postventa es grosero o no tiene actitud de servicio	9	71	10%	83%
Q5	El precio del producto aumentó mucho	4	75	5%	87%
Q6	El producto se daña muy rápido	3	78	3%	91%
Q7	El producto no cuenta con repuestos	3	81	3%	94%
Q8	Las piezas del producto no llegan completas	2	83	2%	97%
Q9	El producto se demora mucho en encender	2	85	2%	99%
Q10	El funcionamiento del producto es confuso	1	86	1%	100%

Nota: Ingenio Empresa.

Con base en la distribución de frecuencias anterior, se procede a graficar los datos obtenidos de la recolección de datos.

Figura 14. Ejemplo de diagrama de Pareto



Nota: Ingenio Empresa

Análisis Estructurado

“Representación gráfica en forma de red se relaciona por nodo que representa una función de las funciones que se comunican mediante conductos que representan la información que se mueve y se apoya en otras técnicas de descripción textual” (Ingeniería del Software de la Gestión, 2011, p.4)

El análisis estructurado es un herramienta que se aplicará en este proyecto para analizar los flujos de información relacionados con la programación de la producción de Electro Motores, mediante esta herramienta, se analizarán los canales y la información requerida, sin embargo, se detallará los flujos de información actuales y en dado caso, se propondrá una mejora para eliminar las barreras entre áreas y que exista una mejora en la comunicación para que se pueda programar la producción de manera eficiente.

Metodología 5S

“Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos” (Rosas, 2015, párr. 1)

Se aplicará un 5S en la bodega para limpiar, organizar, eliminar y acomodar tanto la materia prima y los insumos para las reparaciones, como para asignar y organizar las herramientas en una caja para disponerlas en el área que las solicite y así evitar pérdida de tiempo por traslados, solicitudes de equipo, entre otros.

Análisis costo-beneficio

Trata de obtener el valor neto de un proyecto promovido por algo o alguien o al menos una estimación objetiva. Los beneficios tienen que ser netos, es decir todas las ventajas menos cualquier desventaja para los usuarios; de manera similar el costo anual o los costos de invertir y de mantener y de operar, también son netos, es decir, el costo del proyecto en relación al ahorro o beneficio que se obtendrá (Ascanio,2012, p.47)

El análisis costo-beneficio será una herramienta de utilidad, para evaluar la propuesta desarrollada en la investigación, con el objetivo de darle una fiabilidad y confianza del funcionamiento de la propuesta, de este modo, se verá la empresa en la obligación de decidir si les interesa la propuesta y si deciden implementarlo, de tal manera, el objetivo con el análisis costo-beneficio, es darle un sentido monetario para la toma de decisiones con respecto al diseño del sistema integrado de programación y control de la producción.

Continuando con el autor, describe que existen varios modelos o métodos para realizar un análisis costo y beneficio, los cuales, se resumen a continuación:

1. Análisis del beneficio.
2. Análisis del costo.
3. Valores netos del costo y beneficio.
4. Análisis de la inversión requerida.
5. Aplicación de la fórmula para obtención de resultados (ratio).

El autor describe que se pueden aplicar varias fórmulas, dependiendo del análisis o enfoque que se le quiera dar, para ello describe, que para obtener el ratio (porcentaje) de ahorro o ganancia, se estipulan las siguientes fórmulas:

Figura 15. Fórmulas de obtención de resultados del Costo-Beneficio.

$$RE = \frac{B}{C} \qquad RE = \frac{B-C}{I}$$

Donde:

RE= Ratio Esperado

B= Beneficio

C= Costo

I= Inversión.

Nota: Alfredo Ascanio.

6. Considerar si el valor es positivo o negativo para la toma de decisiones sobre la factibilidad del proyecto.

(p.48).

Valor actual neto (VAN).

El Valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN) (Velayos, 2017, párr. 6).

El Valor actual neto es una herramienta financiera que se utilizará en conjunto con el costo beneficio para determinar la factibilidad del proyecto, esto al utilizar el flujo de efectivo y la inversión para obtener el valor presente neto que se obtendrá a largo plazo con la implementación de la tesis en la empresa, continuando con el autor, el mismo describe que la fórmula para calcular el VAN es:

Figura 16. Fórmula de Cálculo del VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Nota: Velayos, 2017.

Tasa interna de retorno.

“La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto” (Sevilla, 2017, párr. 1)

En conjunto con el B/C y el VAN, la tasa interna de retorno se utiliza en la tesis para evaluar la factibilidad de la propuesta brindada por el analista, de modo que se obtenga un porcentaje positivo para garantizar que el proyecto generará utilidades a la empresa, esto respalda el resultado del VAN y es justamente la aplicación que se le da, continuando con Sevilla (2017), describe que la fórmula para el cálculo del TIR es:

Figura 17. Fórmula para el cálculo del TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

F_t son los **flujos de dinero** en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n es el número de periodos de tiempo

Nota: Sevilla, 2017.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

La aplicación de este capítulo se utilizará para definir, como menciona su nombre, la metodología de la presente investigación, con el objetivo de identificar el enfoque, la muestra que será aplicada en el diagnóstico de la situación actual, además, describirá las variables, los instrumentos de medición para el análisis de las variables, el (los) proceso(s) que se llevarán a cabo para la recolección de datos, el método de análisis, así como el cronograma de desarrollo de proyecto.

Enfoque

Con el fin de conceptualizar la idea del enfoque que será utilizado en esta investigación, se hará mención al concepto propio de cada enfoque, según la metodología APA y citas de autores. A continuación, se presentan las definiciones de los enfoques:

Enfoque Cualitativo: El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas antes, durante o después de la recolección de datos y el análisis. Con frecuencia estas actividades sirven, primero para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria es dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más circular en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio (Hernández. R et al. 2014, p.7).

Enfoque cuantitativo: El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatoria, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables. Posteriormente, se traza un plan para probarlas (diseño) y se miden las variables en un determinado contexto. Las mediciones obtenidas se analizan utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis (Hernández. R et al. 2014, p.4).

Enfoque Mixto: Hernández. R et al. (2014, p. 534) “resume el enfoque mixto como aquel que utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases, para entender problemas en las ciencias”.

Se utilizará el enfoque cuantitativo, debido a que el propósito de la investigación requiere la utilización de métodos estadísticos, además que tal y como describe Hernández, et al, requiere la comprobación de hipótesis y variables, la cual en este caso, se refiere a la determinación de tiempo de duración en los motores de bajo voltaje, lo que requiere un estudio de tiempos (mediante el juicio de un experto) y análisis estadístico del comportamiento de la demanda y las causas de las cuales no se tiene un tiempo estimado en la reparación de motores de bajo voltaje, lo que generaría un diseño para la solución del problema y así satisfacer las exigencias del cliente.

Diseño

En este apartado del capítulo, se hará mención los diferentes alcances que pueden poseer una investigación, es por este medio, que se definirán los alcances de cada investigación y se explicará cuál será utilizada en el desarrollo del presente documento, con el fin de justificar la metodología que será aplicada en el análisis y diseño del proyecto. A continuación, se muestran los alcances con sus respectivas definiciones:

“Investigación exploratoria: Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso” (Hernández. R, Fernández & Baptista, 2014, p. 91)

“Investigación descriptiva: Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández, et al, 2014, p. 92).

“Investigación correlacional: Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández, et al, 2014, p. 93).

“Investigación explicativa: Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández, et al, 2014, p. 95).

Se utilizarán los alcances correlacionales y explicativos, el primero se justifica mediante el uso de los pronósticos con base en la demanda, esto debido a la referencia presentada anteriormente, se estudiará la relación que poseen las variables independientes y dependientes y cómo se ve afectada en la producción de Electro Motores S.A, porque según ciertas épocas del año, la demanda puede crecer así como en otras es mucho más baja, además se debe analizar la relación del tiempo con respecto a otras variables, ya sea motivación, tolerancias, entre otras las cuales estén afectando en la programación y control de la producción, que provoca variabilidad en la respuesta al cliente.

Se hará uso del alcance explicativo, debido a la necesidad de explicar las causas encontradas del problema, mediante el uso de las herramientas de calidad mencionadas anteriormente, además se debe detallar y analizar el comportamiento de las variables, gráficos y otra figuras que serán aplicadas y el impacto que generan en la programación y control de la producción, por tal motivo se debe establecer un alcance explicativo que permita demostrar la existencia del problema y así generar el diseño o propuesta para el mismo.

Muestra de la Investigación

Debido al periodo en el que será desarrollada la investigación, además del costo tan amplio que se ve involucrado, se debe realizar un muestreo que permita brindar un análisis estadístico descriptivo, que refleje a nivel población, lo que sucede con respecto a una muestra, es decir, representar en general, mediante una porción del mismo, de este modo, se obtendrán los datos necesarios para el análisis y diseño en los siguientes capítulos, a continuación se definen las muestras que se utilizarán en la investigación y la justificación de los mismos:

Muestra no probabilística

Se utilizan frecuentemente en estudios cualitativos y suponen un procedimiento de selección de casos orientado por razones o propósitos de la investigación, no por una estimación del tamaño que sea representativo de la población ni por cuestiones de probabilidad. Se eligen casos que son de interés para el estudio y que cumplen con ciertos criterios (Hernández. R, et al, 2014, p.136)

Muestra por juicio

Debido que la producción de Electro Motores S.A, consiste en la reparación de motores eléctricos industriales, se requieren de recursos (humanos, materiales, maquinaria) que pasarán por distintas etapas y procesos para que se complete satisfactoriamente la reparación, este proceso productivo puede tardar días en realizarse, ya que se considera una producción por proyectos, debido al periodo en el que se desarrollará la investigación y a los largos tiempos de duración de cada proceso.

Se preguntará al encargado de cada actividad o puesto, un tiempo estimado de duración en la actividad que él realiza, es entonces cuando se preguntará el tiempo de duración de todos los motores considerados como bajo voltaje para someterlos a un análisis, por tal motivo, se hará uso de una muestra por juicio, ya que se requiere la referencia de un experto, para estimar los tiempos de producción.

Muestra probabilística

Muestra por conveniencia.

Una vez comprendido los tiempos por medio del criterio del experto, o en este caso, el encargado de la actividad de la reparación de motores, se llevará a cabo una muestra por conveniencia con respecto a la duración de las actividades del proceso de reparación de motores de bajo voltaje, por tal motivo, se realizará con la aplicación de una hoja que indique los aspectos a evaluar y sea el mismo operario quien rellene la información solicitada, para obtener un dato estadístico de los tiempos, así establecer una programación de la producción, así mismo, se realizará otra muestra para reflejar la ocurrencia de las causas del problema, para cuantificarlas.

Variables

Las variables según Hernández. R, et al (2014, p.82) es una propiedad o característica que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse).

Gracias a la definición anterior, se ha tomado en cuenta las variables que se van a desarrollar y analizar en la investigación, las cuales consisten en tiempo, costo y demanda, se debe tomar en cuenta el tiempo de duración de la reparación de los motores, que se medirá según la producción por proyectos, los costos que se verán infligidos en él, se debe indicar los costos reflejados en la producción según los recursos a utilizar y la demanda, para programar la producción según su capacidad actual, es importante saber la cantidad de motores de bajo voltaje que se atienden en un periodo de tiempo. A continuación, se muestran las variables de investigación:

Tabla 3. Variables de la investigación

Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Demanda Futura	"Determina la cantidad de un bien que los compradores desean comprar para cada nivel de precio" (Hernández. F, 2010, p.1)	Solicitudes mensuales de reparación	Registro e informes
Capacidad de producción	"Se entiende por capacidad teórica a la cantidad de trabajo producido, si una máquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica es un concepto meramente teórico" (Alcántara, 2017, p.29)	Respuesta de reparación de motores en un periodo	Informes, registros y toma de tiempos
Tiempo Esperado de producción	El tiempo (aleatorio) que requiere cada actividad que está asociado a una función probabilística, que ha demostrado ser la que mejor modela la distribución de una actividad (Esterkin, 2017 , párr 3)	Tiempo actual de reparación de motores	Criterio de experto
Causas del problema	"Hechos o situaciones que se producen por la existencia de los síntomas identificados en el anterior punto" (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2014, p.9)	Frecuencia que se presentan las actividades	Observación y registro de datos
Tiempo estimado definido de producción	El tiempo (aleatorio) que requiere cada actividad que está asociado a una función probabilística, que ha demostrado ser la que mejor modela la distribución de una actividad (Esterkin, 2017 , párr 3)	Tiempo estimado de duración de reparación de motores según SIPCP	Hoja de duración de las actividades de cada proyecto
Indicadores de cumplimiento	Es una variable con características de calidad, cantidad y tiempo, utilizada para medir, directa o indirectamente los cambios en una situación y apreciar el progreso alcanzado en abordarla. Provee también una base para desarrollar planes adecuados para su mejoría. (OMS) (Cambona, 2015, p.2)	Programación y registro de tiempos de las actividades	Tabla de cumplimiento de actividades en tiempo esperado

Nota: Brayan Alvarado, 2017.

Instrumentos

Los instrumentos serán todos aquellos que serán necesarios para la recolección de datos con respecto a las variables presentadas anteriormente, es por tal motivo, que se debe asegurar que los instrumentos, sean confiables y objetivos, de este modo se hará uso de registros históricos para la obtención del pronóstico de la demanda, proformas con los costos fijos y variables involucrados en la reparación de los motores y el criterio experto de la duración por horas de trabajo de la reparación completa del motor. A continuación, se presenta los instrumentos a utilizar con respecto a las variables:

Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios
Solicitudes mensuales de reparación de motores	Registro e informes	Humanos, documentos y tecnología.	Permite conocer un estimado de la demanda de llegadas de motores al mes.
Respuesta de reparación de motores en un periodo	Informes, registros y toma de tiempos	Maquinaria, humanos, materiales y herramientas	Obtendrá amplia información con respecto al Sistema de programación y control actual
Tiempo actual de reparación de motores	Criterio de experto	Humanos y documentos	Permite conocer el tiempo esperado de duración de la reparación de motores
Frecuencia que se presentan las actividades	Observación y registro de datos	Humanos y documentos	Generará datos estadísticos con respecto a las causas del problema actual
Tiempo estimado de duración de reparación de motores según SIPCP	Hoja de duración de las actividades de cada proyecto	Humanos, documentos y tecnología	Permite establecer mediante el SIPCP, el tiempo estimado que durarán en tener listo el motor
Programación y registro de tiempos de las actividades	Tabla de cumplimiento de actividades en tiempo esperado	Humanos, documentos y tecnología	Ofrecerá control del SIPCP para llevar a cabo un análisis e inspecciones de cumplimiento

Nota: Brayan Alvarado, 2017.

Estos instrumentos serán de utilidad para recopilar la información con respecto al análisis de la demanda, el tiempo de producción (reparación completa del motor) y los costos que se ven reflejados en esa producción, por tal motivo serán beneficiosos para elaborar el estado de la situación actual y su respectivo diseño, serán aplicados mediante búsqueda de información, entrevistas y observación de los procesos.

Procesos de Recolección de Datos

Para llevar a cabo el diagnóstico y diseño de la presente investigación, se requiere hacer uso de un proceso de recolección de datos, este proceso consistirá en aplicar observaciones, entrevistar a los encargados de cada departamento de donde se requiera la información, solicitar registros, informes y órdenes de trabajo de la unidad en estudio: los motores de bajo voltaje, por tal motivo, se harán visitas y se solicitará la información disponible, así como la toma de datos de algunos procesos, en la parte de diseño, para garantizar una correcta programación de la producción.

Se hará uso de los 5 porqués para identificar la raíz de los problemas, para obtener mayor información con respecto a las entrevistas y demás métodos de recolección, ya que permite la indagación sobre un problema, causa o forma de hacer las cosas, lo cual ejemplificaría el concepto y comprensión del problema.

Las fuentes de donde se obtendrán mediante el uso de los siguientes aspectos:

- Registros: Documentos archivados que contengan información relevante para la programación de la producción.
- Entrevistas: Preguntas que se realizarán a los operarios para determinar la duración de un proceso en horas de trabajo.
- Órdenes de trabajo: Documentos antiguos y recientes que contengan la información del motor, así como las horas hombre realizadas por los operarios.

Estos datos se ordenarán de manera que se comprenda primero la demanda de los motores de bajo voltaje para verificar el programa de producción actual, se deben analizar los tiempos según las órdenes

de trabajo que han ocasionado atrasos o involucración de horas extra, además una vez definidos los tiempos, se creará la red de actividades, el análisis de las causas y continuar con el diseño del diagnóstico para establecer un tiempo de reparación según la programación y control de la producción de los motores de bajo voltaje.

Métodos de Análisis

La información recopilada será analizada y almacenada para su proceso de transformación y por consiguiente, el análisis y detalle de los datos, es decir, se convertirán los datos en información, además, serán de apoyo para demostrar la existencia de un problema real y relacionado con programación y control de la producción, mediante el diagnóstico de la situación actual y así mismo, serán de referencia para mejorarlos en el diseño o propuesta de solución, al tabularlos en tablas y convertirlos en gráficos para su descripción y estudio.

Los programas que se utilizarán son: Excel, será la herramienta tecnológica de mayor uso, ya que contendrá todos los datos, generará los gráficos de tiempo, además será la base para la hoja electrónica del sistema integrado de programación y control de la producción, Access, por solicitud de la empresa, requieren una base de datos que sirva como consultoría con respecto a los tiempos de duración del proyecto y el costo de los mismos, para indicarle al cliente su estimado, se hará uso de Minitab para comprender los puntos de la demanda, obtener las auto correlaciones y generar los gráficos de demanda.

Cronograma de Actividades

Estructura de desglose del trabajo

Esta herramienta conocida también como WBS, se realizó con el fin de desagregar los capítulos que se presentarán en la investigación, al desarrollar cada uno con las tareas que deben realizarse para cumplir con el éxito total de su realización, por tal motivo, se deberá programar y organizar las ideas, con el objetivo de efectuar cada actividad en un tiempo establecido, además, se utilizará como base para la construcción del diagrama de GANTT, para mostrar el desarrollo en un periodo de tiempo.

Figura 18. Estructura de desglose del trabajo



Nota: Brayan Alvarado, 2017.

En la Figura 18. Estructura de desglose del trabajo, se presenta tal y como se mencionó anteriormente, cada capítulo con la explosión de estos, es importante señalar que los capítulos IV, V y VI, serán los programados en un cronograma, debido a que los tres anteriores ya fueron realizados, por tal motivo, se realiza una descripción de las tareas a llevar a cabo, según lo estipule cada uno, esta estructura será útil como información para la construcción del diagrama de GANTT.

Diagrama de GANTT

El cronograma de actividades se realizó mediante una gráfica GANTT, para establecer un periodo de tiempo con respecto a las actividades que se llevarán a cabo en la elaboración de diagnóstico y diseño, esto con el objetivo de planificar las actividades a realizar de manera que se cumpla el cronograma y evitar atrasos, desviaciones, se utilizará como referencia para completar la investigación y entregarla en el momento indicado.

Figura 19. Diagrama de GANTT de Cronograma

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Análisis de procesos	■										
Recopilación de información	■										
Pronósticos		■									
Evaluación de tiempos			■								
Análisis de causas y variables				■							
Análisis completo de la SA					■						
Conclusiones						■					
Recomendaciones						■					
Perfil de puestos							■				
Establecimiento de tiempos								■			
Programación de producción									■		
Análisis Económico de Proyecto										■	
Entrega de tesis											■

Nota: Brayan Alvarado, 2017.

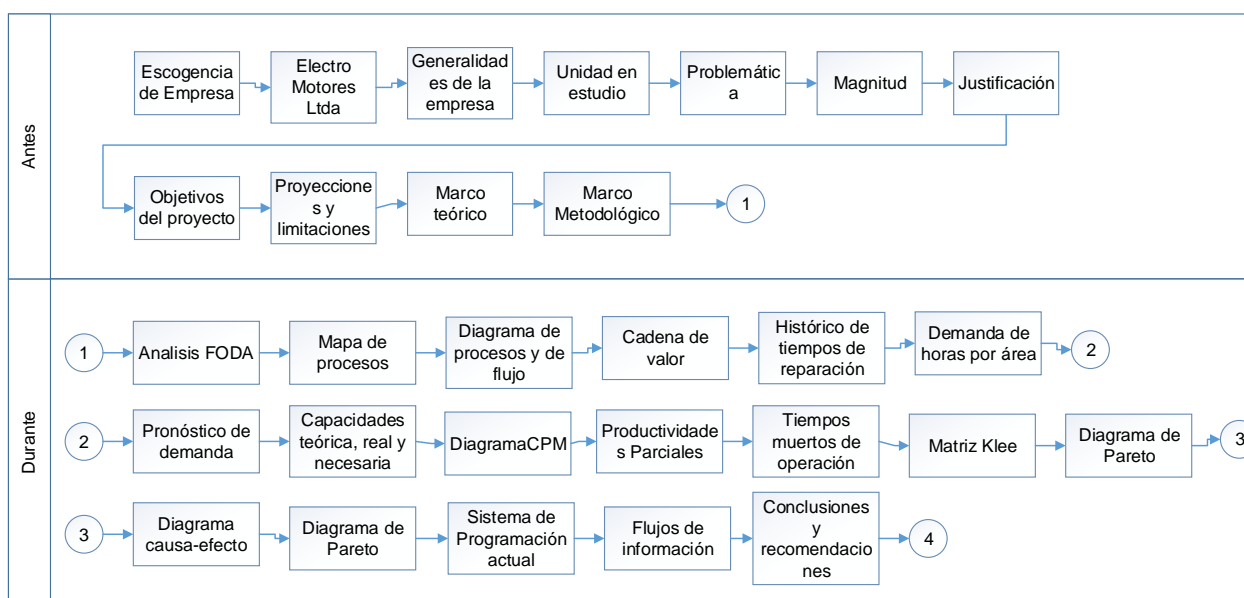
En la Figura 19. Diagrama de GANTT de Cronograma, se muestra las actividades que se llevarán a cabo en un periodo semanal, comenzando desde la 1 hasta la 11, así mismo, se indica

cuándo se llevará a cabo la actividad. La realización de este diagrama tiene como objetivo cumplir con las actividades en la fecha establecida, de modo que no haya atrasos y programar las actividades de manera que la investigación se complete según lo establecido, ya que debe entregarse en semana 11.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo fue fundamental para la investigación, ya que se evidenció la existencia de un problema, que es real y está relacionado con la programación y control de la producción, que según COFOCE (2011) se define como: “Referencia a métodos y técnicas que se pueden subdividir en aquellas dirigidas a planificar y controlar “operaciones de proyecto” y “operaciones de procesos”. En función de lo anterior, se definió una estrategia que permita no sólo resolver el problema existente, en cuanto a los tiempos, sino que a la vez evidencie cuáles son los requerimientos o características del nuevo sistema SIPCP.

Figura 20. Estrategia de Diagnóstico



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La estrategia comienza, con la selección y descripción de la empresa en estudio, en donde se detallan las generalidades, tales como su misión y visión, para definir el sistema de programación y control de la producción de acuerdo con la razón de ser de la empresa, se definió la problemática y así mismo la magnitud del problema, además se definió los objetivos que se quieren alcanzar con la elaboración de la presente investigación, seguidamente, se justificó por qué se realiza el proyecto y se hicieron las proyecciones que se alcanzarán, se referenció las herramientas y conceptos aplicados en un marco teórico y se determina la metodología a aplicar.

Posteriormente, se realizó un análisis F.O.D.A, para identificar cuáles son los factores internos y externos que afectan a la empresa, para aprovechar y mejorar las fortalezas y oportunidades y disminuir las debilidades y amenazas con el sistema propuesto. Se hizo una clasificación ABC donde se priorizó los motores más atendidos por la empresa según los históricos de ventas, con respecto a lo anterior, se tomó los productos A y se agruparon en familias según su tipo de reparación y potencia, con los dos factores anteriores, se obtuvieron los datos de horas hombre gastadas según cada familia y se utilizó como demanda para saber cuál es la necesidad de horas hombre de cada reparación.

Se tomó la demanda de horas hombre por cada familia y se formó un análisis de auto correlación, con el objetivo de definir un modelo de pronósticos y proyectar la demanda futura de la empresa en un periodo similar a los históricos obtenidos, con los datos mapeados, se tabularon para definir la capacidad necesaria de la planta y se realizó una comparación con las capacidades teóricas y reales para definir si la empresa tiene capacidad para atender esa demanda o si el proceso está siendo muy lento.

Se definieron los procesos y procedimientos de la empresa, esto mediante la construcción del mapa de procesos, el diagrama de proceso y el diagrama de flujo, estos datos se evaluaron en una cadena de valor, para saber cuáles actividades están aportando valor al proceso actual, también, son referencia para la elaboración de la red del proyecto mediante un diagrama CPM, referenciado de la duración de las actividades estándar de las reparaciones anteriores con base en los diagramas de flujo.

Se determinaron los costos de producción, ya que son fuente para desarrollar el análisis financiero de la propuesta, con base en la producción actual y los insumos de la empresa, se realizó un análisis de productividad, que se desarrolló mediante las productividades parciales de la planta, consecutivamente, se mostraron cuáles son los tiempos muertos de operación, es decir, en qué se perdió el tiempo efectivo de la jornada que radica directamente con la productividad y la capacidad real de la planta.

Se ejecutó un análisis de causas, donde se comenzó con una matriz Klee para evaluar los síntomas del problema, es decir la magnitud de cada causa sobre el problema, los resultados obtenidos, se mostraron mediante un gráfico de Pareto , para conocer cuál es la causa de ese 80% que impacta sobre el problema consecutivamente para identificar las circunstancias o los porqué, existen tiempos muertos operativos y por qué hay baja productividad en la planta. Se realizaron los diagramas causa efecto de cada área de la empresa para observar el origen de los síntomas que acuden a la necesidad de la investigación actual.

Como último paso, se hizo uso del análisis estructurado para identificar las áreas involucradas en la programación actual de las reparaciones de la empresa, determinar los flujos de información actuales que Electro Motores posee para programar la producción o en este caso la reparación de motores, involucrando factores relacionados con la cadena de suministro y planificación de la producción. Por último, se completó el análisis de la situación actual con las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis previo, por lo que se plasmó qué aspectos carecen y afectan en la programación y control de la producción, la evidencia del problema y sus síntomas y por último en función del papel de ingeniero industrial, qué recomendaciones se brindan para solventar el problema.

Todo lo anterior permitió los requerimientos, para incluir en la propuesta del nuevo sistema integrado de la programación y control de la producción.

Síntesis de la Empresa

Electro Motores Ltda., es una empresa dedicada a la reparación de motores eléctricos, de bajo y alto voltaje, actualmente cuenta con cuatro departamentos principales que se encargan de gestionarla y administrarla, de manera que se le entregue al cliente el motor según lo que se pidió, actualmente se encuentra ubicada en el Coyol de Alajuela, donde tiene una posición geográfica beneficiosa para el encuentro con los clientes. La misión de la empresa corresponde a: “Realizar trabajos de alta calidad mediante la aplicación de técnicas y procedimientos de ingeniería basados en estándares internacionales” y su visión corresponde a: “Ser una empresa líder en la reparación de motores y generadores eléctricos de alta potencia de la región”.

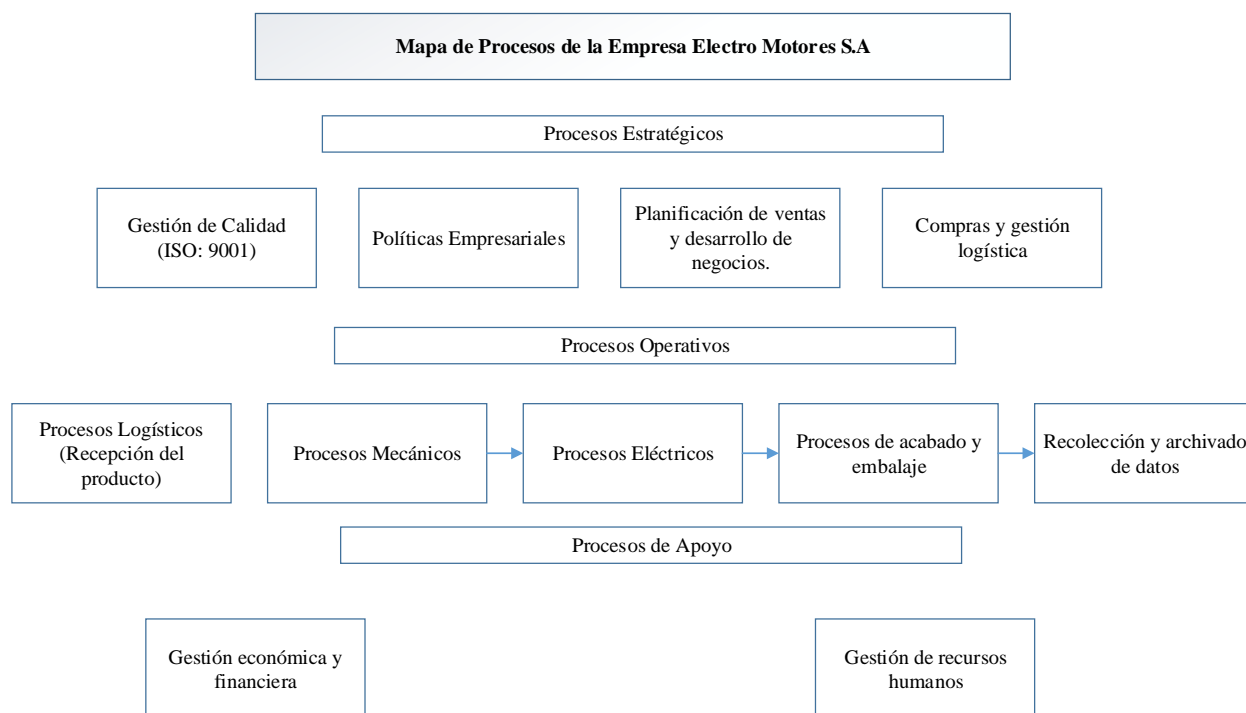
Esto evidencia que la empresa está comprometida a garantizarle a sus clientes una reparación de alta calidad, sin embargo, la necesidad surge, debido al uso de horas extras para cumplir con la reparación del motor y hacerle entrega al cliente su motor en la fecha estimada, se han dado casos donde se le pide al cliente un plazo de espera para hacerle entrega, esto se debe a varios factores involucrados en la programación y control de la producción, tales como falta de materiales, búsqueda de herramienta, falta de información, tiempos de ciclo de actividades muy lentos, entre otros. Por lo que surgió la necesidad de diseñar el sistema integrado de programación y control de la producción.

Mapa de Procesos de Electro Motores Ltda

Según la Universidad de los Andes (2014), el mapa de procesos :“Permite una visión global de la organización, es un modelo o diagrama en el que se representan e identifican los procesos estratégicos, medulares y de apoyo, donde se concibe como una red de procesos interconectados, en función de la misión, objetivos, entradas (input) y salidas/servicios (output), partiendo desde las necesidades del cliente hasta su satisfacción”.

Mediante la elaboración del mapa de procesos, se ejemplifica los procesos estratégicos o gerenciales, los procesos sustantivos u operacionales y los procesos de apoyo, que actualmente se desarrollan en la empresa para cumplir con la necesidad del cliente. A continuación, se presenta el mapa de procesos de la empresa Electro Motores Ltda.:

Figura 21. Mapa de Procesos de Electro Motores Ltda.



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Figura 21. Mapa de Procesos de Electro Motores Ltda., se muestra el mapa elaborado con base en los procesos actuales de la empresa, es importante destacar que en los procesos estratégicos, se encuentran la gestión de calidad, las políticas empresariales, la planificación de ventas y compras y gestión logística, por otra parte, los procesos operativos son la parte esencial de la empresa, estos son procesos logísticos, procesos mecánicos, procesos eléctricos, procesos de acabado y embalaje y recolección y archivado de los datos del caso, por otra parte, los procesos que dan apoyo a la empresa son la gestión económica y financiera y la gestión de recursos humanos.

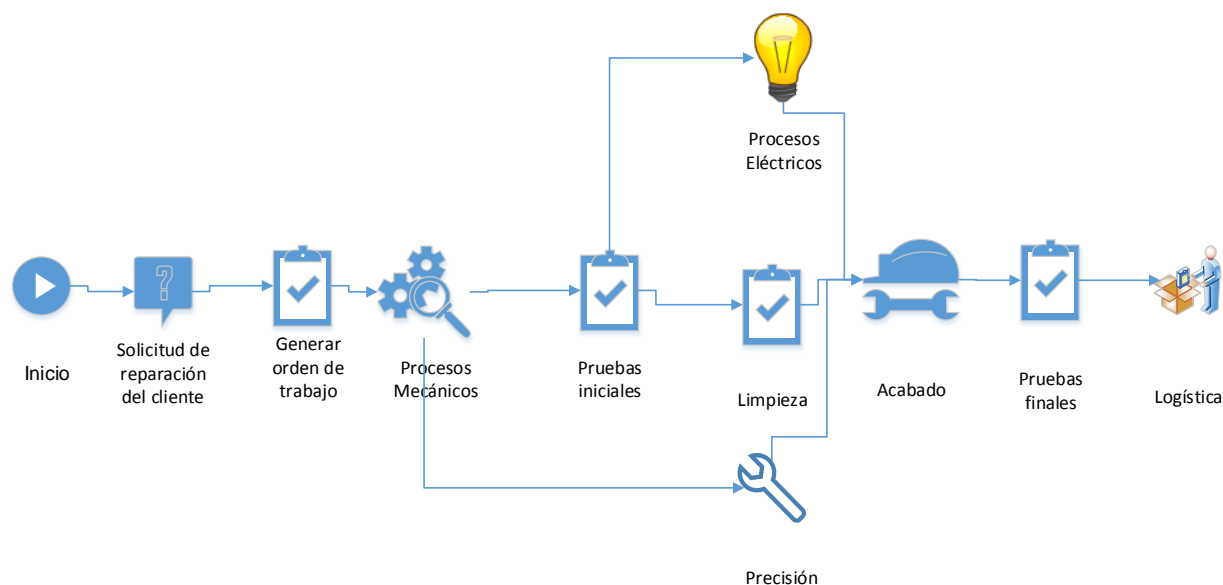
Es importante aclarar, que procesos como los de gestión de calidad, no se están cumpliendo, pese a tener una certificación internacional, su sistema de gestión no se enfoca al cliente como tal sino al criterio y evaluación de la empresa, además, los procesos de compras y gestión logística se quedan cortos a la hora de planear y comprar los materiales que son necesarios para la transformación del producto, es decir que esto impacta en los procesos operativos. Estos procesos serán expandidos más adelante mediante los diagramas de flujo, donde se muestran las actividades referentes a cada reparación del motor.

Diagrama de Procesos

Para determinar el sistema productivo de la empresa y cuáles procesos sustantivos se llevan a cabo para la reparación de un motor, se muestran la secuencia de los procesos que realizan Electro Motores Ltda., para cumplir la reparación de un motor en su totalidad, es importante destacar que el diagrama de procesos según Cervantes (2015) el diagrama de flujo es:

“Representan procesos de trabajo de complejidad media o baja realizados por un recurso (persona o máquina). Estos diagramas pueden representar el funcionamiento actual del proceso existente en la organización, como el nuevo diseño propuesto para otro modelo”

Figura 22. Diagrama de Procesos de Electro Motores Ltda.



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

De acuerdo con la cita de Cervantes, Figura 22. Diagrama de Procesos de Electro Motores Ltda., muestra los procesos que llevan a cabo los recursos de la empresa, en este caso correspondería al recurso humano, lo que muestra la figura, es que se da inicio al proceso productivo con la recepción del producto por medio del cliente, entran la parte mecánica, las cuales se realizan en todos los motores allegados a la empresa, lo mismo sucede con las pruebas, se deben aplicar a todos los motores, de acuerdo con el tipo de reparación, que se mostrará en los diagramas de flujo, se llevará a cabo procesos eléctricos, de precisión y limpieza.

Es importante destacar que los procesos eléctricos siempre se van a mantener, pero podría variar las actividades según el tipo de reparación, hay actividades fijas de precisión, sin embargo, la necesidad del producto implicará si requiere otra actividad extra ordinaria, que también se contemplará en el diagrama de flujo, seguidamente, pasan a los procesos de acabado, se realizan las pruebas finales para asegurarse que todo funciona correctamente y procede a procesos logísticos para luego ser entregado al cliente.

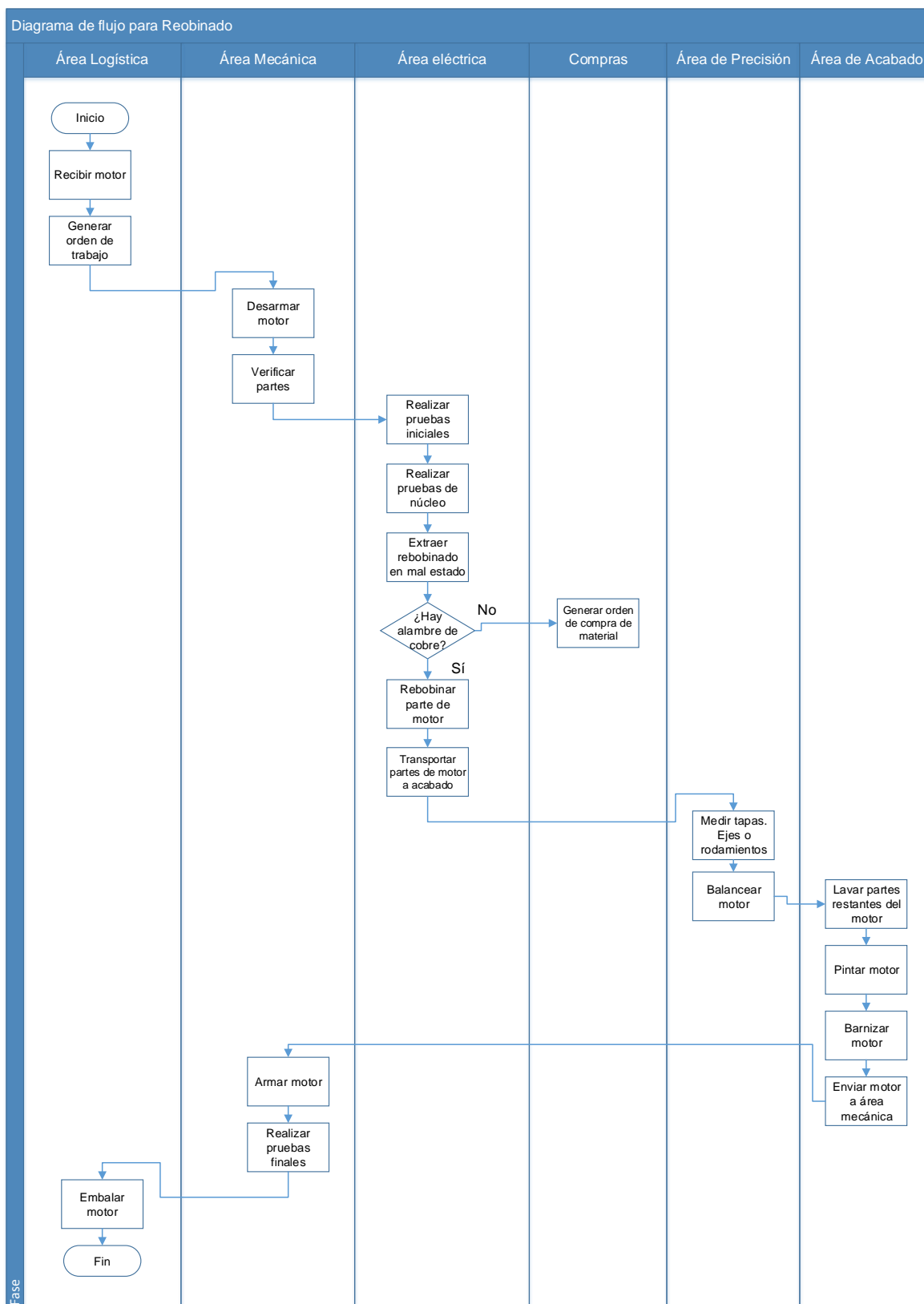
Es importante destacar, que este diagrama de flujo permite observar cuáles procesos son lineales y cuáles son paralelos, de este modo, se procede a comprender los procesos y sub procesos en el diagrama de flujo y además ser guía para la construcción de la red del proyecto para identificar la ruta crítica de los proyectos.

Diagrama de Flujo

Según Ramonet (2013, p.2) el diagrama de flujo: “representan procesos de trabajo de complejidad media o baja realizados por un recurso (persona o máquina). Estos diagramas pueden representar el funcionamiento actual del proceso existente en la organización, como el nuevo diseño propuesto para otro modelo”.

Mediante la descripción de la cita anterior, se procede a realizar el diagrama de flujo del sistema productivo, es importante resaltar que se realizaron tres diagramas de flujo, debido a que la empresa se especializa en dar mantenimiento y rebobinado de los motores, se realiza el diagrama de flujo para ambas reparaciones, además, se realizaron tales diagramas incluyendo si el motor requiere una actividad de precisión como reparación o rectificación, por lo que se puede resumir en tres diagramas de flujo: rebobinado, rebobinado con actividad de precisión y mantenimiento con actividad de reparación.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

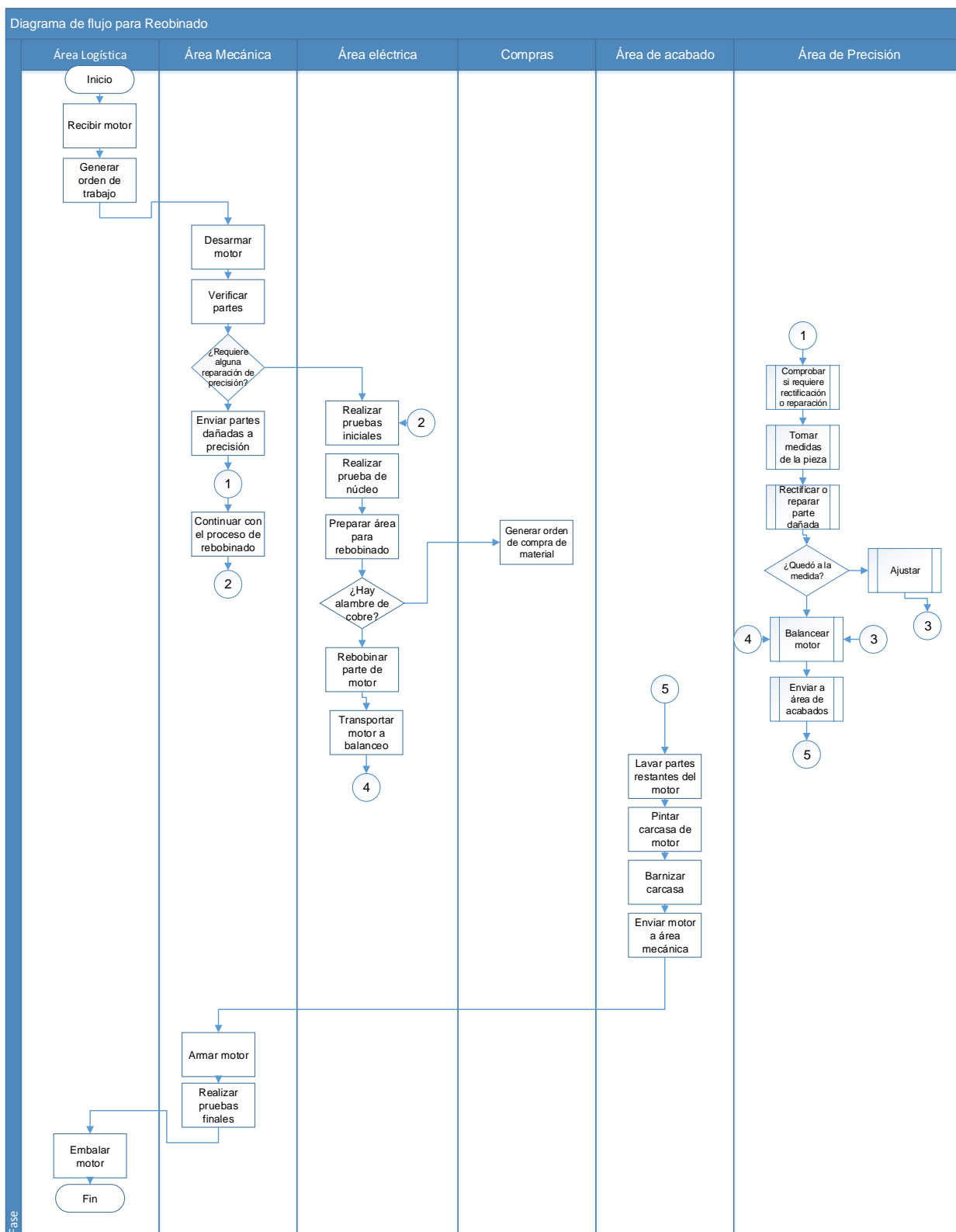
Se muestran las actividades de reparación de un motor que llega para rebobinado, es importante aclarar que se clasificó en función de secuencia de actividades y según cada área. Según la Figura 9. Simbología para la construcción de un diagrama de flujo, mostrado previamente en el marco teórico, se comienza en el área logística, al recibir el motor traído por el cliente y generar su respectiva orden de trabajo, seguidamente pasa al área mecánica donde se debe desensamblar el motor y su respectiva inspección.

Como paso seguido, pasa al área eléctrica, donde se realizan las pruebas iniciales, como actividad seguida se practica una prueba de núcleo, para continuar con la extracción del rebobinado quemado, es importante aclarar que las partes especializadas para su rebobinado son el estator y el rotor, son las que ellos ven y realizan la actividad, en caso de que no haya material, se genera una orden de compra y se detiene el proyecto, si hay, se procede a rebobinar el estator/rotor, finalizado la actividad, se debe transportar al área de precisión.

En el área de precisión, se realizan las mediciones de las tapas, del motor como tal, para luego balancearlo y que quede en óptimas condiciones, una vez balanceado el motor, se transportará al área de acabado, donde se lavarán las piezas de la cobertura del motor, seguidamente se pinta y se barniza el motor, para luego ser enviado al área mecánica a que se ensamble el motor para que se le apliquen las pruebas finales, después se enviará al área logística, donde se embalará el motor para el retiro y entrega del cliente.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del rebobinado, pero incluyendo reparación/rectificación del motor:

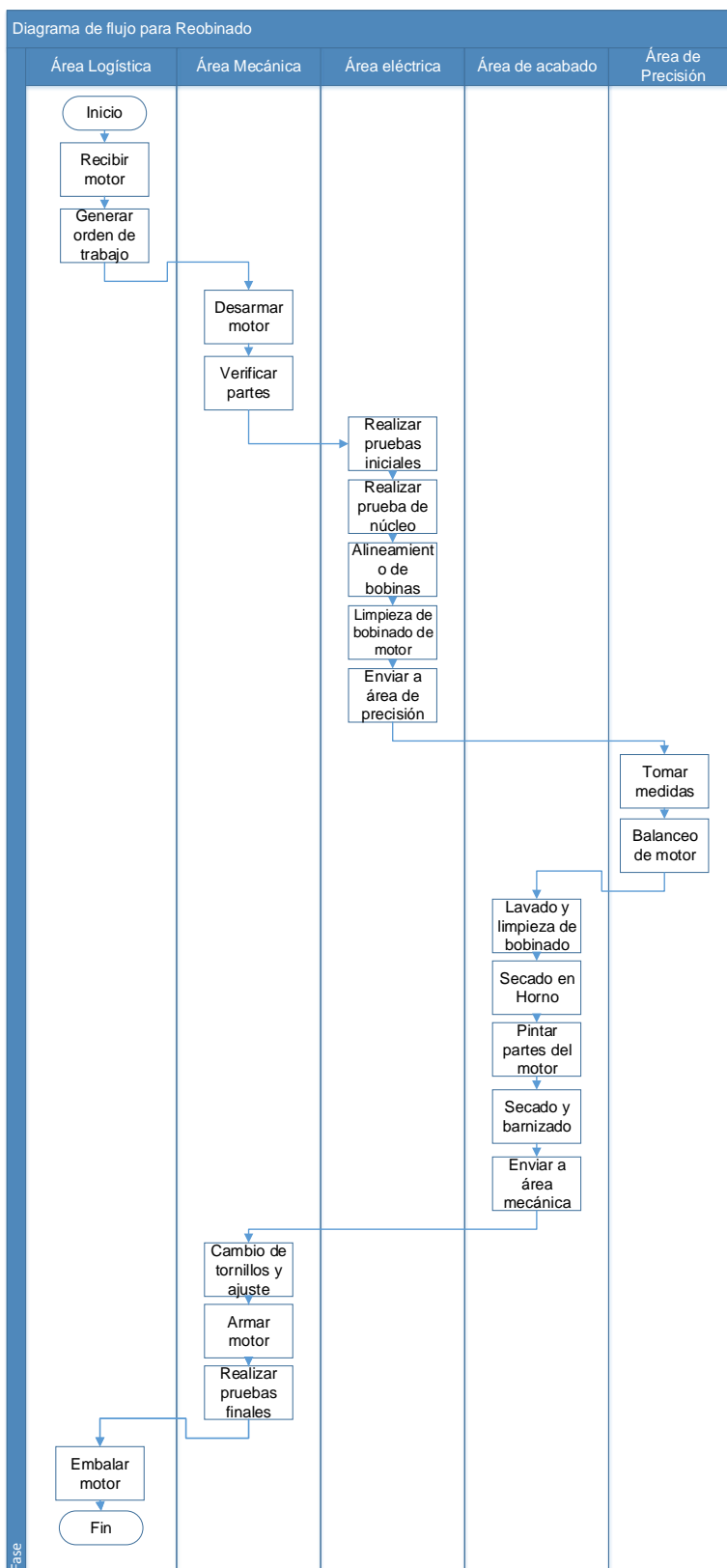
Figura 24. Diagrama de flujo de rebobinado con actividad de precisión



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Se realizan las mismas actividades y la misma secuencia que el primer diagrama de flujo presentado, salvo que en este caso, el área de precisión realiza otra actividad extra, en este caso, después de la inspección del área de mecánica, se envían las partes dañadas (ejes, rodamientos o tapas) al área de precisión, donde se identificará si las partes requieren una rectificación o reparación, pero es un sub proceso a la reparación principal, después de esto, se continúa con el proceso original y se sigue la misma secuencia.

Figura 25. Diagrama de flujo de mantenimiento de un motor



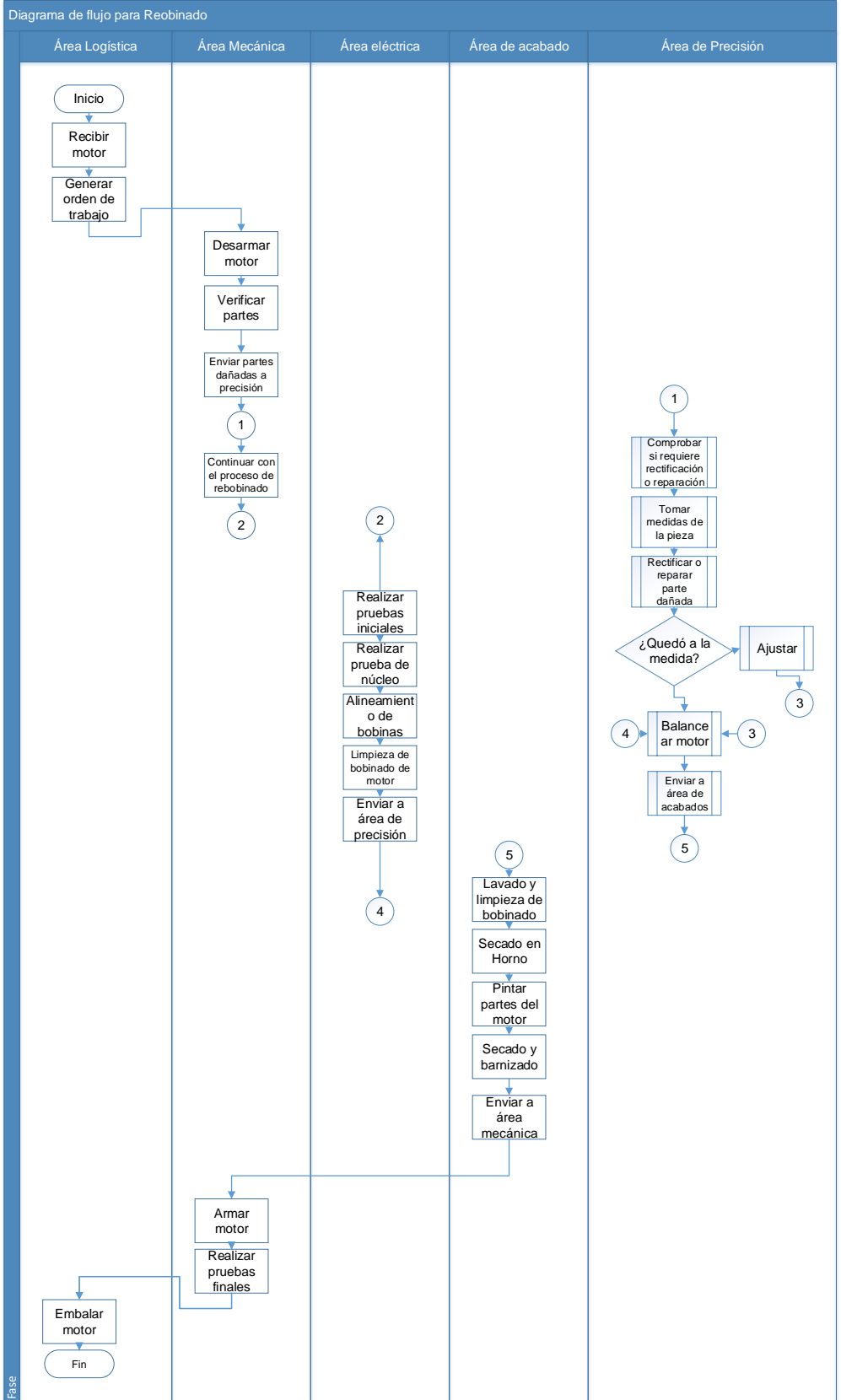
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Se detallan las actividades que realiza la empresa para brindar mantenimiento preventivo, es importante destacar de esta figura, que hay actividades que se asimilan al de rebobinado y la diferencia es que, en este caso, el bobinado del estator/rotor se encuentran funcionando, por lo que se debe alinear el bobinado, es decir, separarlo y crear espacio, para poder limpiar y lavar correctamente la zona.

Una actividad que es importante mencionar es la utilización del horno, este horno solo se usa cuando un motor llega a mantenimiento, ya que no puede quedar agua en la parte eléctrica del motor, por lo que se evapora con el calor, esto se debe hacer antes de pintar el motor. Por lo demás, las actividades son las mismas al rebobinado, al ser procesos estandarizados propios de Electro Motores.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de mantenimiento de un motor con una actividad de precisión:

Figura 26. Diagrama de flujo de mantenimiento de motor con actividad de precisión



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La figura posee la misma secuencia de actividades (caso similar al rebobinado), donde la única diferencia se encuentra en el área de precisión, ya que es donde se lleva a cabo la actividad, ya sea una reparación o rectificación de tapas, rodamiento, ejes, se debe aclarar, que sólo se ha presentado una reparación o rectificación en una sola pieza, en el diagrama se muestra que esta actividad es un sub proceso paralelo a la actividad principal de mantenimiento.

Es importante destacar, que una vez que se ha terminado la limpieza y el motor ha salido del horno, se envía al área de precisión, donde se balancea el motor, para después ser enviado al área de acabado, para que continúe el proceso productivo y así entregarle el producto al cliente con las especificaciones y garantía de que se completó la reparación.

Los diagramas de flujo mostrados previamente, son clave para obtener la capacidad necesaria de la empresa, ya que con base en estos diagramas, se construirán las familias de acuerdo con su reparación, se determinarán los tiempos de duración de cada actividad con base en la órdenes de trabajo almacenadas en archiveros y así construir la red del proyecto, de este modo, el diagrama de flujo, es fundamental para entender el proceso de reparación de un motor y demostrar la existencia de un problema de programación y control de la producción.

Cadena de Valor de la Empresa Electro Motores Ltda

Según Salazar (2017) que cita a Porter (2016), la cadena de valor:

Es una sucesión de acciones realizadas con el objetivo de instalar y valorizar un producto o un servicio exitoso en un mercado, mediante un planteamiento económico viable. Toda empresa o asociación, organización creadora de valor y deseosa de mejorar su competitividad puede lograr sus objetivos si se basa en la cadena de valor. Este modelo de hecho permite que las organizaciones interesadas analicen sucesivamente el conjunto de sus actividades con el objetivo de mejorar al máximo posible cada etapa para construir y optimizar una ventaja competitiva. Es una herramienta de gestión estratégica muy preciada, en la medida que actúa en el posicionamiento de un producto o servicio en el mercado.

Electro Motores Ltda, es una empresa que desconoce cuáles de sus actividades le están aportando valor a su proceso productivo, por lo que se puede decir, que no saben cuáles actividades logran que la empresa sea competitiva en el mercado, por lo que, mediante el estudio y análisis de los procesos, se realizó la cadena de valor de ambas reparaciones, en una etapa antes, durante y después.

Cadena de valor antes de la reparación de un motor

A continuación, se presenta la cadena de valor antes de la reparación de un motor para su análisis y estudio:

Tabla 5. Cadena de Valor Antes de la Reparación de un Motor

Etapa Antes del Proceso			
Procesos operativos	Recepción del motor	Desarmado e inspección	Pruebas iniciales del motor
Componentes	Motor embalado en mal estado	Carcasa del motor, partes internas	Estator y rotor
Proveedores o participantes	Cliente	Almacenaje del motor	Área mecánica
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica
Clientes internos	Área logística	Área mecánica	Área Eléctrica
Requerimientos del cliente	Servicio de atención y recibo de motor	No exista pérdida de partes y correcta inspección mecánica	Equipo y herramientas calibrados para sus pruebas eléctricas
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Motor embalado, fácil para el transporte	Estado actual del motor	Estado actual del motor
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de recepción	Tiempo del proceso	Tiempo del proceso

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Tabla 5. Cadena de Valor Antes de la Reparación de un Motor, se muestran cuáles son los procesos operativos antes de que se efectúe una de las dos reparaciones que realiza Electro Motores Ltda, se determina que los motores cuándo ingresan deben estar embalados para su almacenamiento parcial, tiene que existir un control de las piezas, ya que no se pueden perder alguna que sea por defecto, por lo que se requiere tener precaución en el desarme del motor, al igual que realizar una adecuada inspección, tenerse el equipo adecuado para realizar las pruebas, cabe destacar que se necesita el equipo calibrado y listo para su funcionamiento.

Cadena de valor durante la reparación de un motor

Para efectos del análisis de la cadena de valor durante la reparación de un motor, se consideraron las dos reparaciones que brinda la empresa Electro Motores Ltda, por lo que se presentará dos tablas, con una reparación diferente, una de mantenimiento y otra de rebobinado.

A continuación, se presenta la cadena de valor durante el proceso de rebobinado de la empresa Electro Motores Ltda:

Tabla 6. Cadena de Valor del Proceso de Rebobinado Durante la Reparación de un Motor

Cadena de Valor del proceso durante el rebobinado de un motor				
Etapa Durante del Proceso				
Procesos operativos	Prueba de núcleo	Rebobinado del motor	Balaceo de motor	Limpieza del motor
Componentes	Núcleo del motor	Estator/Rotor	Estator/rotor	Carcasa
Proveedores o participantes	Área Mecánica	Extracción de rebobinado	Rebobinado del motor	Rebobinado del motor
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Clientes internos	Área Eléctrica	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado
Requerimientos del cliente	Núcleo funcionando para su rebobinado	Cable de cobre 16mm, proceso de calidad y bien colocado	Herramientas y equipo necesarios y funcionando, personal disponible.	Bobinado realizado, piezas del motor listas.
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Acceso al núcleo para las pruebas necesarias con equipo adecuado	Existencia de cable y materiales	Equipo y área disponibles	Partes listas para su limpieza
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de duración de la actividad	Tiempo de rebobinado	Tiempo de duración	Tiempo de limpieza

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La Tabla 6. Cadena de Valor del Proceso de Rebobinado Durante la Reparación de un Motor, muestra los procesos operativos que se llevan a cabo durante la reparación del motor, es decir, como una de las reparaciones que brinda la empresa, se consideran todos aquellos participantes, tanto proveedores (áreas que le precedan) como los clientes internos y externos, por otra parte, se demanda tener acceso al núcleo del motor para realizar sus respectivas pruebas.

Es necesario mantener las herramientas necesarias para la extracción del bobinado quemado, así como el cable o material necesario para rebobinarlo, como acto seguido, tener el equipo adecuado y el área de precisión libre para aplicar el balanceo del motor y, por último, limpiar las demás partes del motor, lo que implica material de lavado disponible y el área capaz de cumplir con esa actividad.

A continuación, se muestra la cadena de valor en la etapa durante para el proceso de mantenimiento:

Tabla 7. Cadena de Valor del Proceso de Mantenimiento Durante la Reparación de un Motor

Cadena de Valor del proceso durante el mantenimiento de un motor				
Etapa Durante del Proceso				
Procesos operativos	Prueba de núcleo	Limpieza de bobinado	Balaceo de motor	Limpieza del motor
Componentes	Núcleo del motor	Estator/Rotor	Estator/rotor	Carcasa
Proveedores o participantes	Área Mecánica	Alineamiento del bobinado	Limpieza de bobinado	Limpieza de bobinado
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Clientes internos	Área Eléctrica	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado
Requerimientos del cliente	Núcleo funcionando para su mantenimiento	Herramientas en línea, así como los materiales para limpieza del motor	Herramientas y equipo necesarios y funcionando, personal disponible.	Mantenimiento del bobinado finalizado y partes mecánicas listas en línea
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Acceso al núcleo para las pruebas necesarias con equipo adecuado	Materiales de limpieza disponibles	Equipo y área disponibles	Materiales y personal de limpieza disponibles
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de duración de la actividad	Tiempo de limpieza de bobinado	Tiempo de duración	Tiempo de limpieza del motor

Nota: Brayan Alvarado,2018.

La Tabla 7. Cadena de Valor del Proceso de Mantenimiento Durante la Reparación de un Motor, muestra la secuencia de actividades que se realiza en el proceso de mantenimiento, que representaría una de las reparaciones a las cuales está dedicada la empresa, se resalta que la aplicación o el valor de las actividades que están aportando, se debe al orden y al compromiso de realizar su trabajo, por lo que se requieren funcionamiento del núcleo, además, alinearse el bobinado, para su respectivo mantenimiento, donde se requerirá el equipo y materiales adecuados, que impacta también en las demás áreas.

Cadena de valor después de la reparación de un motor

Una vez cumplido con la reparación del motor (ya sea por mantenimiento o rebobinado), se establece la secuencia de actividades que independiente de su tipo de reparación, se realiza por órdenes y política de la empresa, excepto en el caso del mantenimiento, donde se demanda hacer uso del horno, estas actividades son lineales, de manera que continúan un flujo y se debe realizar una para comenzar otra, aquello que le aporta valor a la cadena, es el desplazamiento, entrega de los proveedores y clientes internos, además se necesita tener en la línea los materiales necesarios, como la pintura, el barniz, las herramientas y por supuesto estar el área desocupada para comenzar con las actividades.

Seguidamente, se mostrará a cadena de valor del proceso de rebobinado después de la reparación de un motor:

Tabla 8. Cadena de Valor después del Rebobinado de un Motor

Cadena de Valor del proceso después del rebobinado de un motor					
Etapa Después del Proceso					
Procesos operativos	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones	Embalado de motor
Componentes	Carcasa y estator/rotor	Carcasa y estator/rotor	Carcasa y estator/rotor	Motor completo	Motor completo
Proveedores o participantes	Área de acabado	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Dueño del motor
Clientes internos	Área de acabado	Área de acabado	Área Mecánica	Área Mecánica	Área Logística
Requerimientos del cliente	Partes del motor en área	Partes del motor pintadas	Partes del motor barnizadas en área	Motor armado, equipo de pruebas en área	Papel adhesivo disponible
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Motor limpio y pintura disponible	Motor pintado, barniz disponible	Partes del motor en área, disponibilidad de personal y herramientas	Equipo disponible	Papel adhesivo disponible
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de pintado	Tiempo de barnizado	Tiempo de ensamble	Tiempo de duración	Tiempo de embalado

Nota: Brayan Alvarado,2018.

Es importante aclarar, que las actividades que aportan valor a la cadena aseguran que el motor esté limpio, así como sus materiales, además, para realizar actividad, se precisa tener en la línea todas las partes del motor, donde será ensamblado y embalado para la entrega al cliente.

A continuación, se presenta la cadena de valor después del mantenimiento de un motor:

Tabla 9. Cadena de Valor después del Mantenimiento de un Motor

Cadena de Valor del proceso después del mantenimiento de un motor						
Etapa Después del Proceso						
Procesos operativos	Secado en horno	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones	Embalado de motor
Componentes	Horno	Carcasa y estator/ rotor	Carcasa y estator/rotor	Carcasa y estator/rotor	Motor completo	Motor completo
Proveedores o participantes	Área de Acabado	Área de acabado	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Dueño del motor
Clientes internos	Área de Acabado	Área de acabado	Área de acabado	Área Mecánica	Área Mecánica	Área Logística
Requerimientos del cliente	Secado completo de motor, que no quede agua en ninguna parte	Partes del motor en área	Partes del motor pintadas	Partes del motor barnizadas en área	Motor armado, equipo de pruebas en área	Papel adhesivo disponible
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Disponibilidad de horno	Motor limpio y pintura disponible	Motor pintado, barniz disponible	Partes del motor en área, disponibilidad de personal y herramientas	Equipo disponible	Papel adhesivo disponible
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de secado	Tiempo de pintado	Tiempo de barnizado	Tiempo de ensamble	Tiempo de duración	Tiempo de embalado

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

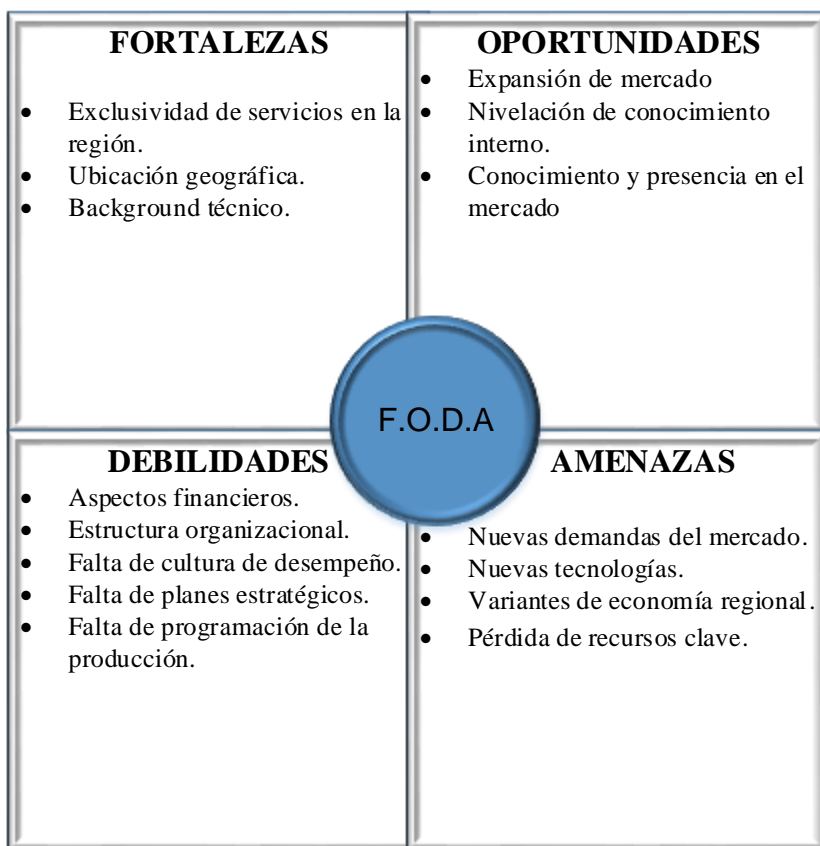
En la Tabla 9. Cadena de Valor después del Mantenimiento de un Motor, al igual que en la cadena de valor mencionada previamente, se destaca cuáles son los participantes en el transporte, proveedores y clientes internos, así mismo, se especifica cuáles son los requerimientos del cliente, que será evaluado mediante un análisis de variables y atributos del proyecto, tiene que disponerse de las herramientas y material necesarios para cumplir con la reparación del motor, además, se plantean los indicadores de capacidad del proceso, para poder medir el tiempo ocioso y efectivo de la empresa.

Análisis F.O.D.A de la Empresa Electro Motores Ltda.

El análisis F.O.D.A, será clave para conocer sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, según Ramírez (2014), el análisis F.O.D.A es: “El diagnóstico situacional FODA es una herramienta que posibilita conocer y evaluar las condiciones de operación reales de una organización, a partir del análisis de esas cuatro variables principales, con el fin de proponer acciones y estrategias para su beneficio” (p.54)

A continuación, se presenta el análisis F.O.D.A elaborado para identificar las condiciones actuales de la empresa relacionadas con a la zona de impacto del proyecto:

Figura 27. Análisis F.O.D.A de la empresa Electro Motores Ltda



Nota: Ing. Alex Rodríguez, 2018.

Análisis Interno de la Empresa Electro Motores Ltda

Fortalezas

Como se muestra en la Figura 27. Análisis F.O.D.A de la empresa Electro Motores Ltda., se mencionan aspectos como la exclusividad de servicios en la región, esto se debe a que a nivel centroamericano (visión de la empresa de mercado), no existen empresas similares que realicen las mismas funciones que Electro Motores.

Su posición geográfica la beneficia debido a que se encuentra en una zona donde yacen otras empresas a su alrededor, además, está a una distancia favorable para la comunicación entre sus clientes para la recepción de los motores.

Debilidades.

Dentro de las debilidades de la empresa, se destacan aspecto de presupuesto y cotización, ya que actualmente no sabe cuánto les va a costar la reparación de un motor (entiéndase como proyecto), por lo que cotizan de acuerdo con la experiencia y estimaciones, además, como grave problema, no hay planeación estratégica y por ende, no hay programación de la producción, esto afecta en la distribución de los recursos de la empresa y difiere las horas necesarias, con lo que realmente se trabaja, lo que incurre en costos por horas extra.

En el análisis de la empresa a nivel interno uno de los factores involucrados es la cultura organizacional, ya que no existe crecimiento ni motivación, esto perjudica el proceso ya que existen atrasos, lentitud, lo anterior impacta de manera que las personas no trabajen en su 100%, esto genera distracciones y conversaciones.

Análisis Externo de la Empresa Electro Motores Ltda

Oportunidades.

Como parte de aspectos a nivel externo de la empresa, se destaca que hay oportunidades de expansión de mercado, esto al involucrarse y abarcar una visión más allá de Centro América, sin embargo, la empresa debe ser competitiva a nivel internacional, pero con su situación actual y sus factores críticos, no se le ha permitido competir con otras empresas internacionales, por lo que su mercado es muy amplio, pese a que su enfoque se centra en el mercado nacional, la empresa también tiene sedes en otros países donde se les envían motores.

Amenzas.

El mercado cambia constantemente, así como las necesidades del consumidor, un aspecto que está afectando a Electro Motores, es precisamente esta, ya que, con los motores más modernos, la tecnología de hoy en día y el conocimiento del personal, hay proyectos que la empresa no puede atender, porque está fuera de su alcance y conocimiento, esto ha afectado y preocupa a los altos mandos de la empresa.

Electro Motores se ha quedado rezagada en tecnología, ya que la empresa aún realiza procesos muy manuales, que en la actualidad y en otras empresas, se pueden agilizar mediante maquinaria que apoye las actividades, además, a nivel administrativo, no pueden planear, gestionar ni programar la producción, porque no existe un sistema de información, en ocasiones la información se pierde, las hojas se equivocan y no hay respaldo de información lo que ha perjudicado a la empresa, ya que hoy en día se requiere tecnología que incite a la empresa a actualizarse al mercado actual.

Clasificación ABC de la Demanda de Motores de Bajo Voltaje de Electro Motores Ltda

Debido a la gran variedad de motores existentes en el mercado y que se atendieron en los periodos 2016-2017 y 2017-2018, se realizó una clasificación ABC según la potencia, se trabajó con los motores A, el cual según Collignon y Vermoel (2012) se define como: “El principio de Pareto establece que el 80 % del valor de consumo total se basa solo sobre el 20 % de los artículos totales. En otras palabras, la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos: los que más se venden superan ampliamente a los demás”.

A continuación, se presenta la clasificación ABC de los motores de bajo voltaje de la demanda de Electro Motores Ltda:

Tabla 10. Clasificación ABC de la Demanda de Motores de Bajo Voltaje de Electro Motores Ltda.

HP	Fi	Fr	Fr. Acumulada	Clasificación
300	10	10%	10%	A
200	10	10%	19%	A
350	9	9%	28%	A
100	7	7%	35%	A
75	6	6%	41%	A
5	4	4%	45%	A
150	3	3%	48%	A
25	3	3%	50%	A
40	3	3%	53%	A
50	4	4%	57%	A
400	3	3%	60%	A
485	3	3%	63%	A
0.5	2	2%	65%	A
2	2	2%	67%	A
12	2	2%	69%	A
60	2	2%	71%	A
125	2	2%	73%	A
250	2	2%	75%	A
450	3	3%	78%	A
1	1	1%	79%	A
5.5	1	1%	80%	A
7.5	1	1%	81%	B
10	1	1%	82%	B
15	1	1%	83%	B
20	1	1%	83%	B
30	1	1%	84%	B
35	1	1%	85%	B
77	1	1%	86%	B
97	1	1%	87%	B
107	1	1%	88%	B
120	1	1%	89%	B
157	1	1%	90%	B
163	1	1%	91%	B
168	1	1%	92%	B
230	1	1%	93%	B
247	1	1%	94%	B
309	1	1%	95%	B
375	1	1%	96%	C
550	1	1%	97%	C
580	1	1%	98%	C
600	1	1%	99%	C
800	1	1%	100%	C
Total	103	100%		

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La tabla anterior se utilizó para clasificar la frecuencia de motores atendidos en Electro Motores en los periodos 2016-2017 y 2017-2018, de manera que se evaluara porcentualmente cuáles son prioritarios y sus productos estrella, así se permite trabajar con un número reducido de la demanda total en los periodos, pero es accesible para el desarrollo del presente proyecto.

Agrupación de Motores en Familias de Electro Motores Ltda.

Al referirse a categorización de familias, corresponde a la agrupación de motores con un tamaño, tiempo de duración y tipo de reparación similar, estas agrupaciones son unidades agregadas que sirvieron para evaluar la situación actual y desarrollar la planeación agregada en la propuesta. Según Riba (2015), una familia de productos es: “Agrupación de productos que conviven e interaccionan en las etapas de originación, es decir, que comparten elementos en su diseño, fabricación (para la producción de bienes) e implantación (para la producción de servicios)”.

Por lo que se procede a mostrar las familias de productos según su HP y su tipo de reparación

Tabla 11. Familias de Motores Atendidos por Electro Motores Ltda.

HP	Tipo de reparación	HP	Tipo de reparación
Familia 1		Familia 7	
1	Rebobinado con actividad de precisión	0.5	Mantenimiento con actividad de precisión
2			
5			
25			
Familia 2		Familia 8	
0.5	Rebobinado sin actividad de precisión	50	Mantenimiento con actividad de precisión
5			
12			
25			
Familia 3		Familia 9	
40	Rebobinado con actividad de precisión	100	Mantenimiento con actividad de precisión
60			
75			
Familia 4		Familia 10	
100	Rebobinado con actividad de precisión	300	Mantenimiento con actividad de precisión
125			
150			
200			
Familia 5		Familia 11	
250	Rebobinado con actividad de precisión	450	Mantenimiento con actividad de precisión
300			
350			
Familia 6			
400	Rebobinado con actividad de precisión		
450			
485			

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Tabla 11. Familias de Motores Atendidos por Electro Motores Ltda., dado que solo existe una familia que no tiene actividad mecánica, se le toma como una familia aparte, para efectos de la creación de las proyecciones, por otra parte, de acuerdo con la demanda, los motores que llegan a mantenimiento, a todos se le ha realizado una actividad de precisión.

La tabla, también indica las agrupaciones que se utilizarán para realizar el análisis de la situación actual, para establecer la demanda en función de los análisis correlación que dan origen a los pronósticos, así como para los diagramas de red.

Análisis de la Demanda

El punto de inicio de la formulación de un sistema de programación y control es la determinación de la demanda, según un horizonte de planeación. Según Hernández. F, la descripción de demanda corresponde a: “Determina la cantidad de un bien que los compradores desean comprar para cada nivel de precio”. Estos pronósticos permitirán establecer las horas de trabajo por parte de los operarios, para completar las reparaciones de los motores a tiempo.

Se presentará la demanda de horas hombre por cada área de producción y por cada familia de las reparaciones, los datos que generaron esta información fueron recopilados de la documentación de la planilla incluida en los diferentes órganos de trabajo. La información que se tomó para determinar la demanda.

A continuación, se presenta la demanda de horas hombre por cada área de producción y por cada familia, los datos recopilados de las tablas se muestran del Anexo 1 hasta el Anexo 11.

Tabla 12. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 1

Familia1					
Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
5	71	86	44	31	2
3	76	74	42	33	3
9	84	84	38	31	5
9	73	77	46	27	5
5	79	88	48	31	3
Σ Tiempos	383	409	218	153	18
Promedio	76.6	81.8	43.6	30.6	3.6
Varianza	21.04	28.96	11.84	3.84	1.44

Nota: Brayan Alvarado, 2017.

Tabla 13. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 2

Familia 2					
Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
17	73	90	4	32	2
22	78	92	6	29	3
18	68	76	5	30	5
5	67	80	5	31	5
14	70	79	4	34	3
2	70	88	5	34	3
Σ Tiempos	426	505	29	190	21
Promedio	71	84.166667	4.83333333	31.66667	3.5
Varianza	13.333333	36.805556	0.47222222	3.555556	1.25

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 14. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 3

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
2	87	89	40	54	3
3	82	101	38	48	4
5	78	88	39	51	3
6	85	80	40	61	3
10	94	97	39	61	2
11	98	91	39	53	3
11	80	91	39	56	3
12	81	95	41	52	2
19	82	99	38	54	3
20	93	92	39	58	4
20	87	86	38	54	4
Σ Tiempos	947	1009	430	602	34
Promedio	86.0909091	91.727273	39.09090909	54.7273	3.0909091
Varianza	37.9008264	33.652893	0.809917355	14.7438	0.446281

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 15. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 4

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
2	113	131.57	64	57	3
2	111	127.4475	63	66	3
14	126	128.484	65	62	5
20	126	137.847	64	64	4
9	120	134.484	64	65	4
6	111	130.484	62	66	4
11	105	128.57	67	65	3
18	109	127.484	64	56	3
11	112	138.484	60	61	3
19	119	138.9525	60	60	4
12	113	135.131	61	60	4
14	120	127.579	65	61	4
15	110	138.384	62	62	5
16	119	125.004	66	65	5
18	112	131.004	65	56	4
22	113.236	139.579	64	63	3
Σ Tiempos	1839.236	2120.489	1016	988.9999	60.99998
Promedio	114.95225	132.53056	63.5	61.812494	3.8124988
Varianza	34.1297009	0.713656	3.875	0.0544179	0.02428

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 16. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 5

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
10	142	178	74	81	7
22	141	179	72	79	5
4	135	184	75	73	5
8	131	184	68	71	5
19	152	188	77	66	6
15	122	188	75	67	7
17	132	180	72	66	7
17	130	189	74	76	5
23	128	168	72	80	6
24	135	189	72	80	6
2	134	182	76	80	6
3	128	190	78	77	4
3	138	182	75	80	6
23	135	183	75	76	6
18	139	185	76	73	7
Σ Tiempos	2022	2749	1111	1125	88
Promedio	134.8	183.2666667	74.0666667	75	5.866667
Varianza	47.76	30.19555556	5.92888889	27.2	0.782222

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 17. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 6

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
7	158	210	115	92	6
8	147	217	106	102	8
10	166	217	109	103	7
14	152	227	109	107	5
24	144	227	108	102	7
24	152	222	108	96	9
Σ Tiempos	919	1320	655	602	42
Promedio	153.1666667	220	109.16667	100.33333	7
Varianza	52.1388889	36.6666667	7.8055556	24.222222	1.6666667

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 18. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 7

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
6	62	70	34	33	3
4	52	72	32	34	3
8	54	79	39	33	4
16	59	74	40	35	3
Σ Tiempos	227	295	145	135	13
Promedio	56.75	73.75	36.25	33.75	3.25
Varianza	15.6875	11.1875	11.1875	0.6875	0.1875

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 19. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 8

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
11	122	138	51	72	3
12	112	136	50	84	5
5	120	130	47	72	4
11	107	134	44	69	5
4	106	129	56	78	4
20	105	124	49	80	5.65
Σ Tiempos	672	791	297	455	26.65
Promedio	112	131.8333333	49.5	75.8333	4.441667
Varianza	45.666667	22.1388889	13.583333	27.4722	0.758681

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 20. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 9

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
10	122	138	35	72	3
11	112	136	40	84	3
16	120	130	40	72	4
22	107	134	34	69	4
3	106	129	46	78	4
11	105	124	40	80	5.65
Σ Tiempos	672	791	235	455	23.65
Promedio	112	131.8333333	39.166667	75.8333	3.941667
Varianza	45.666667	22.1388889	15.472222	27.4722	0.783681

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 21. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 10

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
7	147	159	78	98	7
13	155	163	75	99	7
17	153	149	78	100	6
16	145	160	74	103	5
21	138	158	73	101	5
23	144	160	74	90	7
Σ Tiempos	882	949	452	591	37
Promedio	147	158.1666667	75.3333333	98.5	6.16666667
Varianza	32.3333333	19.1388889	3.8888889	16.916667	0.80555556

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 22. Resumen de la Demanda de Horas Hombre Familia 11

Mes	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Logística
10	174	192	84	138	9
21	169	183	95	129	7
13	163	193	99	127	10
Σ Tiempos	506	568	278	394	26
Promedio	168.6666667	189.3333333	92.66666667	131.3333333	8.666666667
Varianza	20.22222222	20.22222222	40.22222222	22.88888889	1.555555556

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Es importante mencionar que en las tablas se presenta la sumatoria, el promedio y la varianza de los tiempos, esto es importante, ya que cuando se realice el análisis de autocorrelación, en caso de que exista una aleatoriedad en la demanda, se deberá justificar el modelo de pronóstico que se va a utilizar, por lo que, al comparar el promedio, con respecto a la varianza, se considera aceptable y es permisible la utilización del modelo regresión lineal.

Autocorrelación de la demanda

Según Hanke y Wichern (2010), la autocorrelación se define como: “La autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma. Los coeficientes de autocorrelación para diferentes retrasos de una variable se usan para identificar patrones de datos de serie de tiempo”.

Gracias al aporte de los autores, se logra determinar cuáles son las autocorrelaciones existentes entre los periodos pasados de la demanda, se debe mencionar que los datos fueron tabulados y obtenidos mediante el software Minitab, sin embargo, su procedimiento sigue el mismo mencionado en el marco teórico.

La Tabla 23. Autocorrelación de la demanda por categoría, indica los resultados obtenidos empleados por Minitab.

La auto correlación se elaboró por cada área y familia, de manera que se analiza la auto correlación para determinar, si existe estacionalidad, tendencia, ciclo o aleatoriedad entre ellos, es importante destacar que se obtuvo la autocorrelación por cada familia, sin embargo, para simplificación de datos, se presentarán en una sola tabla

Tabla 23. Autocorrelación de la demanda por categoría

Autocorrelaciones de Demanda de Horas por Área				
Área Mecánica	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado	Área de Logística
Autocorrelaciones Familia 1				
0.001515472	-0.092728215	-0.034852999	0.198414671	-0.176443657
-0.041921598	-0.142699436	-0.139549901	-0.019799484	0.051924876
-0.404613458	-0.045901403	0.31120501	-0.0201093	-0.038221829
-0.054980417	0.194441684	-0.067176012	-0.147752219	0.127406095
Autocorrelaciones Familia 2				
0.153095821	0.050340345	0.057093584	-0.10529684	-0.177530823
-0.003571243	-0.200250928	-0.289042692	0.37403287	0.053601408
-0.33389258	-0.069288032	-0.147108203	-0.047473497	-0.391749166
-0.042660725	-0.026419697	0.049452934	-0.063561617	0.139233419
Autocorrelaciones Familia 3				
0.094485	-0.160564	0.292362	0.00232547	0.020202
-0.0486084	-0.0437533	-0.1468776	-0.247933	-0.170034
-0.620644	0.229996	-0.0509307	-0.0575939	-0.0171717
0.138386	-0.039114	-0.152876	-0.136185	0.011785
0.00352278	-0.261073	0.0206197	0.014554	-0.212121
0.115232	-0.076107	0.139906	0.239155	-0.2417508
Autocorrelaciones Familia 4				
0.1274227	-0.058905	0.116721	-0.104717	0.1329167
-0.290377	-0.326109	-0.022874	0.085029	-0.126852
-0.1334378	-0.137448	-0.036776	-0.04169	-0.175463
-0.026536	-0.111613	0.080561	-0.102769	-0.032037
-0.172104	0.094714	-0.12681	-0.122777	-0.324537
-0.071126	0.284558	-0.133934	-0.0400944	-0.210185
0.048118	0.054511	0.21384	0.00360492	0.163426
0.264621	-0.020971	0.021873	-0.101393	0.0203704

Autocorrelaciones de Demanda de Horas por Área				
Área Mecánica	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado	Área de Logística
Autocorrelaciones Familia 5				
-0.244054	-0.414935	0.098624	0.669118	-0.346867
0.104578	0.331008	-0.282645	0.262255	-0.34787
0.158124	-0.424227	0.006411	-0.14951	0.222556
-0.066387	-0.066421	0.111523	-0.441176	0.172682
-0.09464	-0.02669	-0.208158	-0.512255	-0.350877
-0.024065	-0.026994	-0.15223	-0.477941	0.099248
-0.35215	0.165371	0.002323	-0.178922	0.267419
0.026075	0.103837	-0.090888	-0.007353	-0.282456
Autocorrelaciones Familia 6				
-0.00327739	0.368182	-0.00504762	0.084098	0.142857
-0.150417	0.009091	-0.22381	-0.244648	-0.01428571
0.114811	-0.1440909	0.0371429	-0.0442661	-0.214286
-0.118629	-0.0345455	-0.104762	-0.14526	0.0254663
Autocorrelaciones Familia 7				
-0.287849	-0.02933	-0.254065	-0.477273	-0.416667
-0.0400398	-0.449721	-0.039187	0.318182	-0.166667
0.188247	-0.02095	0.1245935	-0.00340909	0.083333
Autocorrelaciones Familia 8				
-0.0596154	0.030822	-0.214286	-0.1805319	0.25
0.192308	-0.486301	-0.0428571	0.0457447	-0.5
-0.096154	-0.044521	0.142857	-0.152128	-0.025
Autocorrelaciones Familia 9				
0.116788	0.226893	-0.00395272	-0.0255982	0.199542
0.1244526	-0.105813	-0.068821	-0.0472531	-0.001447
-0.0386861	0.119824	0.300718	0.169363	-0.002171
-0.218978	-0.00377248	-0.1299222	0.15605	-0.353803
Autocorrelaciones Familia 10				
0.01417526	-0.00502419	0.105691	-0.027094	-0.083333
-0.329897	0.053217	-0.1215447	-0.0325123	-0.1541667
-0.0463918	-0.140058	-0.0268293	-0.135468	-0.0625
-0.123711	0.075955	-0.284553	-0.054187	0.229167
Autocorrelaciones Familia 11				
-0.010157	-0.0661172	-0.166667	-0.01766	-0.0666667
-0.489843	0.161172	-0.0333333	-0.248234	0.166667

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Según los datos obtenidos de la Tabla 23. Autocorrelación de la demanda por categoría, se evidencia que hay aleatoriedad de los datos, ya que no hay orden creciente ni decreciente, lo que significa que no hay tendencia, además tampoco posee estacionalidad al no tener auto correlaciones similares, sin embargo, lo que demuestra realmente la aleatoriedad es la cercanía de los resultados al número cero.

Proyección de la demanda de Electro Motores Ltda.

Los pronósticos tienen como objetivo reducir la incertidumbre a la hora de fijar un curso de acción y tomar una decisión, en el caso de la programación y control de la producción, facilita la planeación con un grado razonable de certeza, de todos los requerimientos, para reparar los motores y que no se dé ningún atraso por falta de materias primas, materiales, disponibilidad de equipos, herramientas, entre otros. Esto por cuanto, la proyección de la demanda corresponde a visualizar el futuro con un modelo de pronóstico, tomando como base los históricos o datos pasados, de manera que el objetivo de esta proyección es observar cuál será la demanda de horas hombre de cada área del departamento de producción y si las mismas tienen la capacidad de cumplir con esa demanda, con respecto a la capacidad instalada y real de la planta.

Al considerar este aspecto y al observar la varianza de los datos de la demanda, se opta por utilizar regresión lineal, el cual según Cortés et al (2015) se define como: “Un modelo estadístico expresa una variable respuesta en función de otras variables predictoras. En la correlación las dos variables en estudio tienen un papel simétrico, pero en el modelo de regresión es asimétrico: la respuesta representa la futura incógnita, y la predictoras, la información que estará disponible”

Al igual que con las autocorrelaciones, los resultados fueron obtenidos mediante el uso de Minitab y serán tabulados por familias, para simplificar los resultados y el número de tablas en la investigación, además, se mostrará la sumatoria de cargas por cada área de trabajo, que correspondería a la capacidad necesaria que tendrán en los siguientes dos años. A continuación, se muestran las proyecciones de la demanda de horas de trabajo de cada área por cada familia:

Es importante indicar, que la empresa en la actualidad no realiza pronósticos de ningún tipo, en su lugar establecen las necesidades de horas de trabajo, materiales, equipos y herramientas en función a la experiencia y conforme se vaya presentando y necesitando los recursos.

Tabla 24. Pronóstico Familia 1

Familia 1						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
may-18	1	76.1625	84.4875	44.751269	31.765625	2.955
mar-18	2	76.8917	80.0083	42.389309	29.489615	4.83
sep-18	2	76.4542	82.6958	43.806485	30.85524	3.705
sep-18	5	77.3292	77.3208	40.972133	28.12399	5.955
may-18	25	76.1625	84.4875	44.751269	31.765625	2.955

Nota: Brayan Alvarado, 2018

Tabla 25. Pronóstico Familia 2

Familia 2						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
feb-18	0.5	72.2143	87.0952	3.10714	31.745865	2.71428
may-19	5	70.5584	83.1017	4.32468	29.478785	4.467528
oct-19	5	70.0065	81.7706	4.73052	28.72306	5.051952
jun-19	12	70.4481	82.8355	4.40584	29.32764	4.58442
may-18	25	71.8831	86.2965	3.35065	31.29243	3.064932
feb-19	25	70.8896	83.9004	4.08117	29.93222	4.116888
feb-18	0.5	72.2143	87.0952	3.9141015	31.745865	2.71428

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 26. Pronóstico Familia 3

Familia 3						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
abr-18	40	84.2306	91.034	39.203749	46.810395	3.488808
jun-18	40	84.7065	91.2113	39.223275	47.02519	3.54516
jul-18	75	84.9444	91.3	39.232974	47.13254	3.573336
nov-18	50	85.8962	91.6547	39.272151	47.56194	3.68604
dic-18	60	86.1342	91.7434	39.281851	47.66929	3.714216
dic-18	75	86.1342	91.7434	39.281851	47.66929	3.714216
ene-19	60	86.3721	91.8321	39.291677	47.77664	3.742392
ago-19	75	88.0377	92.4528	39.360079	48.52809	3.939624
sep-19	40	88.2757	92.5415	39.369779	48.63544	3.9678
sep-19	75	88.2757	92.5415	39.369779	48.63544	3.9678

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 27. Pronóstico Familia 4

Familia 4						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
feb-18	100	109.852	130.595	62.159859	59.22965	4.14654
feb-18	100	109.327	131.179	62.528073	59.076415	4.275888
feb-19	100	108.976	131.569	62.773464	58.974195	4.36212
ago-19	125	108.976	131.569	62.773464	58.974195	4.36212
sep-18	125	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777
jun-18	150	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777
nov-18	150	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777
jun-19	150	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
jun-18	200	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
jul-19	200	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
dic-18	200	107.751	132.932	63.632336	58.61652	4.66392
feb-19	200	107.576	133.127	63.755032	58.56541	4.707036
mar-19	200	107.576	133.127	63.755032	58.56541	4.707036
abr-19	200	107.4	133.322	63.877728	58.5143	4.750152
jun-19	200	107.225	133.517	64.000424	58.46319	4.793268
oct-19	200	107.05	133.712	64.12312	58.41208	4.836384

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 28. Pronóstico Familia 5

Familia 5						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
oct-18	250	134.961	183.552	73.604342	71.241545	5.869908
oct-19	250	133.647	181.22	72.345638	71.31042	5.625192
abr-18	300	135.289	184.135	73.919018	71.22435	5.931084
ago-18	300	135.179	183.94	73.814084	71.230145	5.910696
jul-19	300	134.851	183.357	73.499408	71.24734	5.84952
mar-19	300	134.413	182.58	73.079798	71.270235	5.767944
may-19	300	134.194	182.191	72.870056	71.28173	5.727156
may-19	300	134.194	182.191	72.870056	71.28173	5.727156
nov-19	300	133.538	181.025	72.240704	71.316215	5.604804
dic-19	300	133.428	180.831	72.13577	71.321915	5.584404
feb-18	350	135.836	185.106	74.443436	71.19566	6.03306
mar-18	350	135.727	184.912	74.338502	71.201455	6.01266
mar-18	350	135.727	184.912	74.338502	71.201455	6.01266
nov-19	350	135.617	184.718	74.233568	71.207155	5.992272
jun-19	350	135.398	184.329	74.023826	71.21865	5.951484

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 29. Pronóstico Familia 6

Familia 6						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
jul-18	400	155.269	212.769	110.2733	93.17315	4.338456
ago-18	450	154.481	215.481	109.86137	93.97685	4.961544
oct-18	400	152.904	220.904	109.03777	95.58425	6.207696
mar-19	485	152.904	220.904	109.03777	95.58425	6.207696
dic-19	400	152.115	223.615	108.62597	96.3889	6.830772
dic-19	485	151.327	226.327	108.21405	97.1926	7.453848

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 30. Pronóstico Familia 7

Familia 7						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
jun-18	0.5	56	73.1765	35.679453	31.601465	3.952944
abr-18	5	56	73.1765	35.679453	31.601465	3.952944
ago-18	5.5	56.5	73.5588	36.457577	31.90879	3.917652
abr-19	12	58.5	75.0882	39.569821	33.13828	3.776472

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 31. Pronóstico Familia 8

Familia 8						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
sep-18	50	71.9065	87.482	45.485555	64.08054	3.6777
sep-18	50	71.9065	87.482	45.485555	64.08054	3.6777
jul-19	75	72.7698	90.4173	43.455529	64.490655	4.437408
abr-19	50	73.4173	92.6187	41.933041	64.79817	5.007192

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 32. Pronóstico Familia 9

Familia 9						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
nov-18	100	111.754	131.5	50.726965	73.13594	4.711944
dic-18	100	111.868	131.654	50.086275	72.63092	4.720284
may-18	100	112.435	132.422	46.882576	70.10563	4.761936
nov-18	100	113.115	133.344	43.038312	67.07532	4.811928
abr-18	200	110.961	130.425	55.212043	76.671365	4.653624
ago-19	200	111.868	131.654	50.086275	72.63092	4.720284

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 33. Pronóstico Familia 10

Familia 10						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
jul-18	300	150.993	155.702	76.560005	95.0266	6.252108
ene-19	300	147.57	157.815	75.362396	93.7821	6.378876
may-19	350	152.704	154.646	77.158872	95.64885	6.188736
abr-19	350	145.859	158.871	74.763655	93.15985	6.442248
sep-19	350	143.007	160.631	73.765585	92.1234	6.547884
nov-19	350	141.866	161.336	73.366383	91.70825	6.590136

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 34. Pronóstico Familia 11

Familia 11						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
oct-18	485	172.217	189.929	84.642695	131.03255	8.541084
sep-19	450	167.144	189.214	93.563345	122.7533	8.041548
ene-19	450	164.607	188.857	98.023607	118.61415	7.791768

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Las tablas anteriores, serán de utilidad para determinar la capacidad necesaria de producción, la cual correspondería a la demanda de horas hombre por trabajar, de manera que estos datos serán trasladados a un análisis de capacidad, para comparar la capacidad necesaria en relación con la capacidad teórica y real de la planta, dicho análisis se presenta a continuación.

Análisis de Capacidad

Los sistemas de programación y control de la producción, en lo que corresponde a la planeación, utiliza la comparación entre la demanda y las capacidades teórica, real y necesaria para establecer los planes maestros de reparación.

Se hizo un estudio de capacidad para determinar si la empresa cuenta con el personal y las horas necesarias para satisfacer al cliente, no obstante, se deben considerar dos términos importantes en esta evaluación, correspondientes a la capacidad teórica y real, ya que la capacidad necesaria se obtuvo mediante las proyecciones de la demanda, estas capacidades van de acuerdo con el horizonte de planeación establecido. A continuación, se presentará los resultados de la capacidad teórica, real y necesaria.

Capacidad Teórica

En la actualidad, lo que existe es una idea de cuánto es este valor, en función de algunas estimaciones ligeras, es decir, sin mayor fundamento. Según Alcántara (2017): “Se entiende por capacidad teórica a la cantidad de trabajo producido, si una máquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica es un concepto meramente teórico”.

Por lo que la cita anterior describe que es la capacidad teórica como tal, es decir, el aprovechamiento del 100% de su planta, equipo, operarios y demás, en el caso de Electro Motores, se determinó la capacidad teórica por cada área de producción de acuerdo con las horas de la jornada laboral, los días que se labora, la cantidad de semanas mensuales y la cantidad de meses según el horizonte de planeación (referente a 7 meses para efectos del proyecto) y la cantidad de operarios en el área, por lo que a continuación se muestran las figuras con el detalle de las fórmulas que se utilizó para su cálculo:

Capacidad teórica del área mecánica.

Figura 28. Cálculo de la capacidad teórica del área mecánica

$$CT = 8.5 \text{ horas} * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas} * 3 \text{ operarios} = 510 \text{ horas mens.}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Como se puede observar, el área de precisión posee 3 operarios que trabajan 8.5 horas al día, por 5 días en 4 semanas y para fines del horizonte de planeación, se establece esa relación en un periodo de 6 meses.

Capacidad teórica del área eléctrica.

Figura 29. Cálculo de la capacidad teórica del área eléctrica

$$CT = 8.5 \text{ horas} * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas} * 4 = 680 \text{ horas mens}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En el caso del área eléctrica se continúa la misma cantidad de horas y en un mismo proceso, sin embargo, el área eléctrica posee 4 operarios, de los cuales no todos están capacitados para realizar las actividades involucradas en la red del proyecto, se conoce que solo 2 operarios saben rebobinar y dar mantenimiento a un motor.

Capacidad teórica del área de precisión.

Figura 30. Cálculo de la capacidad teórica del área de precisión

$$CT = 7.5 \text{ horas} * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas} * 2 \text{ operarios} = 300 \text{ horas mens}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Como se puede observar, los mecánicos del área de precisión poseen una jornada de 7 horas, esta jornada al igual que las demás, representan las horas donde ellos deberían estar trabajando, es decir esta jornada es “x” horas + 1, no obstante, esa hora se descuenta porque son los tiempos de desayuno, almuerzo y merienda, por lo que no se cuenta dentro de las horas de trabajo. Cabe resaltar que la capacidad teórica es menor por la descripción previamente mencionada y porque solo poseen dos operarios, con actividades muy limitadas, sin embargo, esta área es fundamental para las reparaciones, pero no está dentro de la ruta crítica, es decir es un no cuello de botella.

Capacidad teórica del área de acabado.

Figura 31. Cálculo de la capacidad teórica del área de acabado

$$CT = 7.5 \text{ horas} * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas} * 2 \text{ operarios} = 300 \text{ horas}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Al igual que con el área de precisión, la de acabado representa los mismos aspectos, cuenta con la misma cantidad de operarios y la misma jornada, la capacidad teórica se calcula de acuerdo con los meses y el horizonte de planeación del proyecto, las razones del porqué este acontecimiento es desconocido y fueron aspectos fijados en el contrato de los operarios.

Capacidad teórica del área de logística

Figura 32. Cálculo de la capacidad teórica del área de logística

$$CT = 6 \text{ horas} * 4 \text{ semanas} * 1 \text{ operario} = 24 \text{ horas}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Capacidad Real

Según Alcántara (2017), la capacidad real se refiere a: “La relación existente entre la cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Es, por tanto, la capacidad realmente lograda por un recurso en condiciones normales de operación”.

La cita anterior expresa justamente la problemática actual de Electro Motores, ya que pese a que su capacidad teórica es muy amplia, el grado de utilización de esta por los factores y causas descritos previamente en los tiempos muertos de operación, afectan que haya retardos y saturación de trabajo en las diferentes áreas de la empresa, por lo que no se aprovecha su capacidad teórica como tal, de acuerdo con la capacidad teórica y descontando el porcentaje de tiempos muertos de operación estimado, se mostrará la tabla con los resultados de las capacidades por área para efectos de la simplificación de datos:

Tabla 35. Capacidad Real de Producción por Área

Área	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
Capacidad Real en Horas Hombre	402.9	489.6	225	240	19.2

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Es importante destacar que los resultados son horas hombre de producción y estos datos serán trasladados a un análisis y comparación de las capacidades para comprobar que el tiempo de ciclo de las actividades es muy lento y se necesita un ajuste para evitar el pago de horas extra y cumplir con la demanda.

Capacidad necesaria

Para obtener la capacidad necesaria de Electro Motores, se utilizó los resultados obtenidos del modelo de pronósticos, los cuales fueron agregados de acuerdo con su demanda en horas, estos fueron sumados y categorizados por cada área de trabajo de acuerdo con el horizonte de planeación para establecer cuál será la capacidad necesaria de las áreas de trabajo de acuerdo con las cargas de la ruta crítica de los proyectos pronosticados, los datos pueden referenciarse en el Anexo 23. Tabla de referencia de la capacidad necesaria. A continuación, se presentan los resultados de la capacidad necesaria:

En relación con la oferta y demanda, es decir, con la capacidad necesaria, se genera el plan maestro de producción teórico y con este se genera el MRP I y el MRP II, el primero determina todas las necesidades insumo para tenerlas a tiempo y con respecto al segundo, permite establecer las necesidades de equipos, mano de obra, mantenimiento, máquinas y otras actividades de apoyo, sin embargo, en su lugar, la empresa sobre este tema, se espera a que se genere la demanda para realizar las compras y asignar recursos, esto obligará en la parte de diseño a establecerlo como parte de los nuevos procedimientos.

Tabla 36. Capacidad Necesaria de Producción

Área	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
Capacidad Necesaria en Horas Hombre	469.6568974	577.7471896	250.2701663	270.7119835	21.15936063

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Es importante señalar, que los resultados obtenidos de la sumatoria de la demanda pronosticada, se les sumó un 20% del tiempo excluido por la demanda de los productos B y C de la Tabla 10. Clasificación ABC de la Demanda de Motores de Bajo Voltaje de Electro Motores Ltda.

Relación Oferta-Demanda

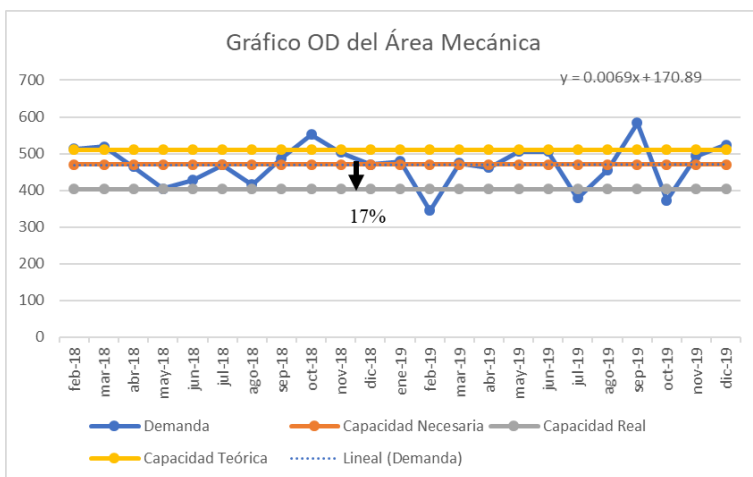
De acuerdo con los resultados obtenidos previamente, de las capacidades teóricas, reales y necesarias, en este apartado se justificará la existencia de un problema real, referido a programación y control de la producción ya que todas las herramientas elaboradas previamente, justifican y comprueban que hay un problema de tiempos, ya que el tiempo de ciclo de las actividades de las reparaciones de los motores es muy lento en relación con la demanda de horas que ha presentado ese motor, lo que ha provocado insatisfacciones por parte del cliente y ha incurrido en pago de horas extra, además se justificará la magnitud del problema. A continuación, se presenta la comparación de las capacidades y los gráficos oferta-demanda para ilustrar la diferencia de capacidad con su magnitud:

Tabla 37. Comparación de Capacidades del Área Mecánica

Pronósticos Área Mecánica					
Mes	Demanda	Capacidad Necesaria	Capacidad Real	Capacidad Teórica	Unidad
feb-18	512.67516	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
mar-18	518.80608	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
abr-18	463.77672	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
may-18	403.97172	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
jun-18	428.0802	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
jul-18	469.44768	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
ago-18	415.392	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
sep-18	486.83688	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
oct-18	552.0984	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
nov-18	502.63944	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
dic-18	470.26488	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
ene-19	478.25892	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
feb-19	344.92992	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
mar-19	473.8716	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
abr-19	462.21156	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
may-19	505.3104	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
jun-19	505.19652	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
jul-19	378.65616	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
ago-19	455.32812	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
sep-19	584.04288	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
oct-19	372.8442	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
nov-19	493.2252	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre
dic-19	524.244	469.6568974	402.90	510	Horas Hombre

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 33. Gráfico Oferta-Demanda Área Mecánica



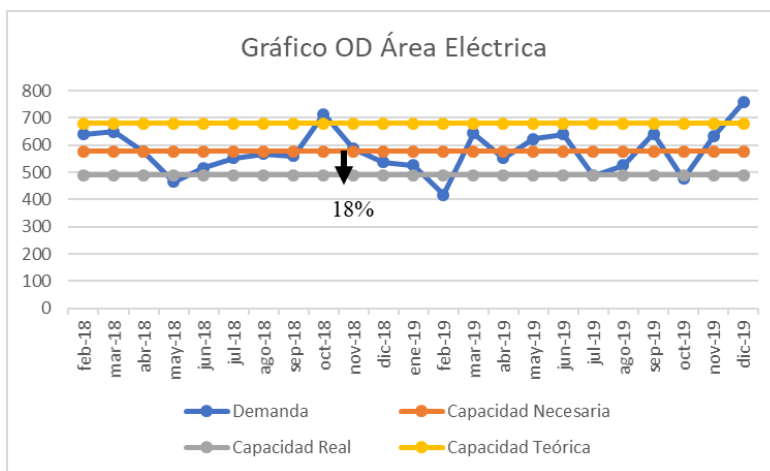
Nota: Tabla 37. Comparación de Capacidades del Área Mecánica.

Tabla 38. Comparación de Capacidades del Área Eléctrica

Pronósticos Área Eléctrica					
Mes	Demanda	Capacidad Necesaria	Capacidad Real	Capacidad Teórica	Unidad
feb-18	640.77024	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
mar-18	648.93312	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
abr-18	574.5246	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
may-18	465.2322	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
jun-18	515.60136	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
jul-18	551.7252	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
ago-18	567.57576	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
sep-18	561.02832	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
oct-18	713.262	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
nov-18	586.85004	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
dic-18	537.68736	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
ene-19	526.20492	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
feb-19	418.31568	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
mar-19	643.9332	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
abr-19	551.87988	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
may-19	622.8336	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
jun-19	640.1022	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
jul-19	487.81356	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
ago-19	526.533	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
sep-19	641.9136	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
oct-19	476.04312	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
nov-19	632.4948	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre
dic-19	756.9276	577.7471896	489.60	680	Horas Hombre

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 34. Gráfico Oferta-Demanda Área Eléctrica



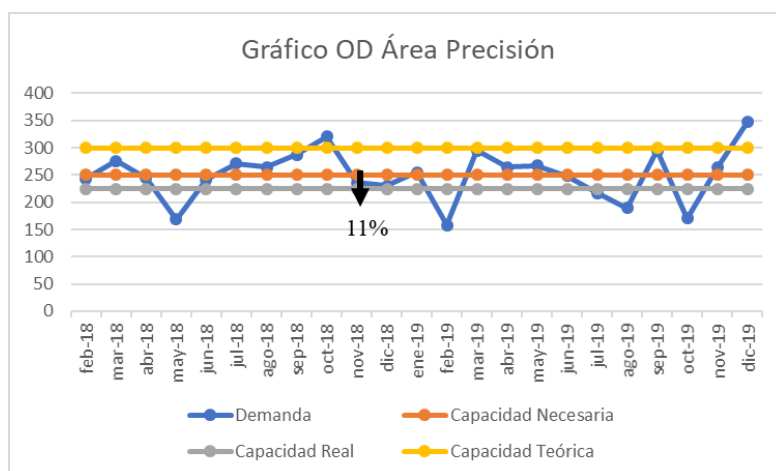
Nota: Tabla 38. Comparación de Capacidades del Área Eléctrica

Tabla 39. Comparación de Capacidades del Área Precisión

Pronósticos Área Precisión					
Mes	Demanda	Capacidad Necesaria	Capacidad Real	Capacidad Teórica	Unidad
feb-18	243.6545633	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
mar-18	276.3122845	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
abr-18	244.8171162	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
may-18	168.7271606	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
jun-18	242.1591743	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
jul-18	271.2795335	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
ago-18	264.1596412	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
sep-18	286.964006	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
oct-18	320.7417724	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
nov-18	235.7092473	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
dic-18	230.7387765	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
ene-19	255.213217	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
feb-19	158.0035145	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
mar-19	295.0471244	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
abr-19	264.173095	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
may-19	267.4787808	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
jun-19	248.5007761	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
jul-19	216.557493	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
ago-19	189.2012043	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
sep-19	295.2821867	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
oct-19	170.913421	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
nov-19	263.8087863	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre
dic-19	346.7709495	250.2701663	225.00	300	Horas Hombre

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 35. Gráfico Oferta-Demanda del Área Precisión



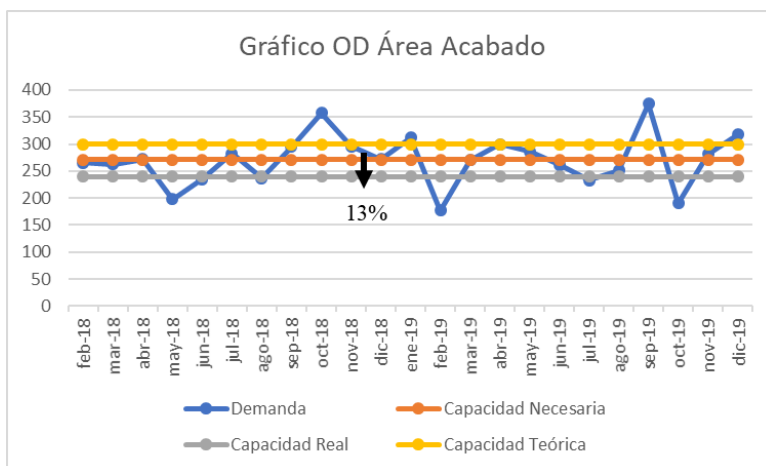
Nota: Tabla 39. Comparación de Capacidades del Área Precisión.

Tabla 40. Comparación de Capacidades del Área Acabado

Pronósticos Área Acabado					
Mes	Demanda	Capacidad Necesaria	Capacidad Real	Capacidad Teórica	Unidad
feb-18	265.497108	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
mar-18	262.314684	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
abr-18	271.56909	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
may-18	197.915172	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
jun-18	235.215402	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
jul-18	282.398748	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
ago-18	236.538942	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
sep-18	295.030746	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
oct-18	357.430014	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
nov-18	295.790214	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
dic-18	271.903224	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
ene-19	312.207468	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
feb-19	176.96619	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
mar-19	270.503874	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
abr-19	299.53272	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
may-19	285.854772	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
jun-19	261.212418	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
jul-19	233.286636	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
ago-19	251.534388	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
sep-19	374.577096	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
oct-19	190.134672	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
nov-19	281.077944	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre
dic-19	317.884098	270.7119835	240.00	300	Horas Hombre

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 36. Gráfico Oferta-Demanda del Área Acabado



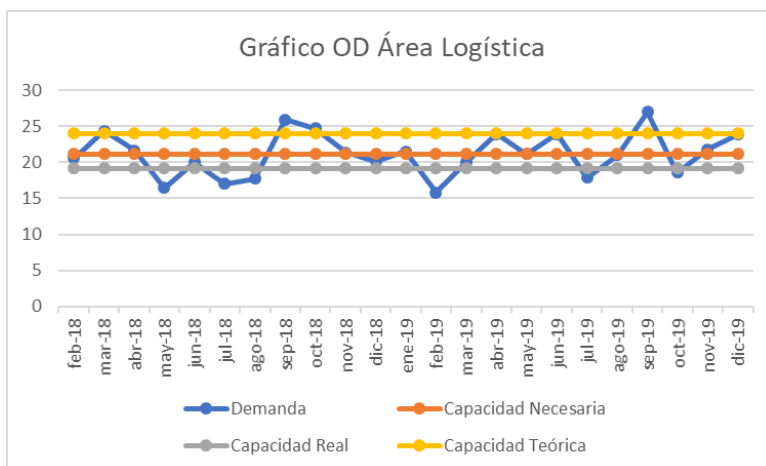
Nota: Tabla 40. Comparación de Capacidades del Área Acabado.

Tabla 41. Comparación de Capacidades del Área Logística

Pronósticos Área Logística					
Mes	Demanda	Capacidad Necesaria	Capacidad Real	Capacidad Teórica	Unidad
feb-18	20.6037216	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
mar-18	24.3791424	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
abr-18	21.631752	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
may-18	16.4842416	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
jun-18	20.0359296	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
jul-18	16.99668	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
ago-18	17.7478704	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
sep-18	25.91172	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
oct-18	24.7424256	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
nov-18	21.3451344	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
dic-18	20.1751632	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
ene-19	21.4956432	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
feb-19	15.8232528	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
mar-19	20.0192112	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
abr-19	23.9712768	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
may-19	21.1716576	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
jun-19	23.9399712	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
jul-19	17.8892784	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
ago-19	20.9874672	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
sep-19	27.0300384	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
oct-19	18.6162336	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
nov-19	21.8246544	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre
dic-19	23.8428288	21.15936063	19.20	24	Horas Hombre

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 37. Gráfico Oferta-Demanda del Área Logística



Nota: Tabla 41. Comparación de Capacidades del Área Logística

Mediante la construcción del gráfico oferta y demanda, se presentaron los datos de la demanda de horas mensuales de Electro Motores obtenidas mediante el análisis de pronósticos, es importante señalar que hay meses donde la empresa puede cumplir con la demanda, sin embargo, en su mayoría, la capacidad real no es suficiente para los puntos de la demanda, lo que conlleva a alternativas como pago de horas extra.

El promedio de la demanda, corresponde a la capacidad necesaria mostrada en el gráfico, se evidencia que al encontrarse en medio de la capacidad real y teórica, se determina que la empresa puede cumplir con la demanda, pero su capacidad real es insuficiente, lo que demuestra que se requiere una disminución del tiempo de ciclo de las reparaciones, al eliminar las mudas y factores que impacten en la disminución de la capacidad teórica, además se logró establecer la magnitud del problema de cada área haciendo uso de la siguiente fórmula:

Figura 38. Fórmula de cálculo de magnitud

$$\frac{C.Necesaria - C.Real}{C.Real}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Con la fórmula anterior, se muestran los resultados de cuanto se debe disminuir el tiempo de ciclo para alcanzar la capacidad necesaria:

Tabla 42. Porcentaje de Tiempo de Ciclo por Disminuir

Tiempo por Reducir el ciclo de las Actividades						Total
Horas necesarias por alcanzar	66.75689739	88.14718957	25.27016628	30.71198348	1.9593606	212.8456
Porcentaje por disminuir	17%	18%	11%	13%	10%	69%
Tiempo de ciclo actual en horas	0.021097046	0.017361111	0.033333333	0.03125	0.390625	N/A
Tiempo de ciclo requerido en horas	0.018098318	0.014712317	0.029967615	0.027704721	0.3544531	N/A

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Según las actividades de cada área y la demanda de horas hombre, se determinan cuánto es el porcentaje de reducción del tiempo de ciclo necesario para cumplir con las reparaciones de los motores según los clientes, por lo que el desglose de estas, deben sumarse para determinar el total del porcentaje a disminuir, también se determina con respecto a la jornada laboral, el tiempo de ciclo de las horas hombre al realizar sus actividades, se denota, que al no alcanzar la demanda y las horas requeridas, el proceso es más lento y esto incurre en atrasos y lapsos de entrega de los motores más extensos.

Se debe comentar, que, para establecer la magnitud real del problema, se utilizará el número más alto de las magnitudes de las áreas, es decir, el número más grande de las diferencias entre la capacidad necesaria y la real, debido a que no hay mucha diferencia entre las áreas, al proponer el número más alto, se podrá disminuir el tiempo de ciclo de las reparaciones de los motores y eliminar los tiempos muertos que afectan a la producción.

Red del Proyecto (CPM)

Dado que la empresa maneja cada reparación como si fuera un proyecto y que las actividades correspondientes del diagrama de flujo para los efectos de la investigación, se optó por hacer las redes de reparación bajo la modalidad de CPM, para poder determinar los tiempos normales de reparación de cada familia.

Según Gómez (2015) el diagrama CPM es: “Es un método para la determinación de la ruta crítica de las actividades de un proyecto. La idea general es mostrar un proyecto en forma gráfica y relacionar sus componentes de tal forma que permita determinar cuáles actividades son cruciales para la finalización del proyecto”. Que tal y como explica la cita, se deberá formar la red del proyecto para definir la ruta crítica del proyecto.

Para poder elaborar el diagrama CPM se realizó un promedio de tiempos de las actividades y se toma como referencia la duración de cada actividad. Para efectos de ilustración de la red del proyecto, se realizará una tabla con la lista de actividades de todas las familias, cada actividad se numeró y clasificó según las familias, para identificar la actividad de acuerdo con el número, la duración de esta y la actividad precedente, para luego establecer los diagramas CPM de todas las familias.

Es de relevancia destacar que las tablas que se presentarán a continuación corresponden a las tolerancias y las actividades según los diagramas de flujo para construir las redes del proyecto, es importante señalar, que el primer factor, se consideró de acuerdo con las necesidades básicas de los operarios, lo anterior se utilizó para estandarizar los tiempos de las actividades según el Anexo 12 al Anexo 22, donde ya fueron considerados y aplicados, lo que quiere decir que los tiempos en las tablas ya son estándar. A continuación, se presentan las tablas de tolerancia y la lista de actividades para el CPM.

Tabla 43. Tolerancias utilizadas para el tiempo estándar

Tolerancias	
N.Básicas	5%
Fatiga	4%
Tensión por ruido	2%
Proceso complejo	4%
Monotonía	1%
Total	16%

Nota: Brayan Alvarado, 2018

Como se muestra en la tabla, las tolerancias presentadas se deben al tiempo incluido por necesidad del operario, estos factores son necesidades básicas, por fatiga, por tensión al ruido, por complejidad del proceso y monotonía, esto porque los factores involucrados en las actividades de la reparación poseen características propias que se deben considerar para estandarizar el tiempo de ciclo.

Tabla 44. Lista de Actividades para el Diagrama CPM

N°	Actividades
1	Recibir y almacenaje de motor
2	Desensamblar motor
3	Realizar pruebas iniciales
4	Prueba de núcleo
5	Extraer rebobinado en mal estado
6	Rebobinar
7	Alineamiento y separación del bobinado
8	Limpieza de bobinado
9	Lavado y limpieza de motor
10	Secado en horno
11	Pintar motor
12	Barnizado de motor
13	Mediciones
14	Rectificación/Reparación
15	Balanceo dinámico
16	Ensamble de motor n su totalidad
17	Realizar pruebas finales
18	Embalado de motor

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

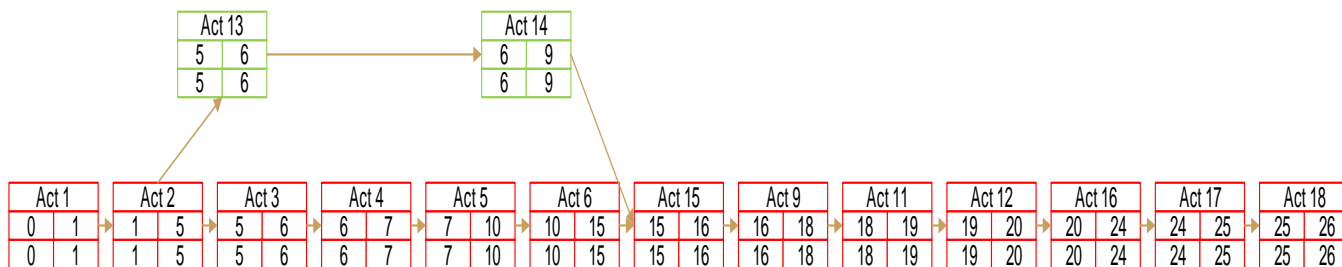
Cabe destacar, que el tiempo de duración de las actividades se muestran en días, estos cálculos se realizaron estimando el tiempo de duración de las actividades, entre la jornada laboral, esto para identificar cuántos días tardaría cada familia de motores en realizarse y así observar la ruta crítica y las actividades que generan mayores atrasos y mayores cargas de trabajo, a continuación se mostrarán las tablas con la numeración, su respectivo tiempo y actividad precedente seguidamente, se ilustrarán las figuras correspondientes a la red del proyecto:

Tabla 45. Especificaciones para el CPM Familia 1

Familia 1		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	4	1
3	1	2
13	1	2
14	3	13
4	1	3
5	3	4
6	5	5
15	1	6 y 14
9	2	6
11	1	9
12	1	11
16	4	12
17	1	17
18	1	18

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 39. Diagrama CPM de la Familia 1



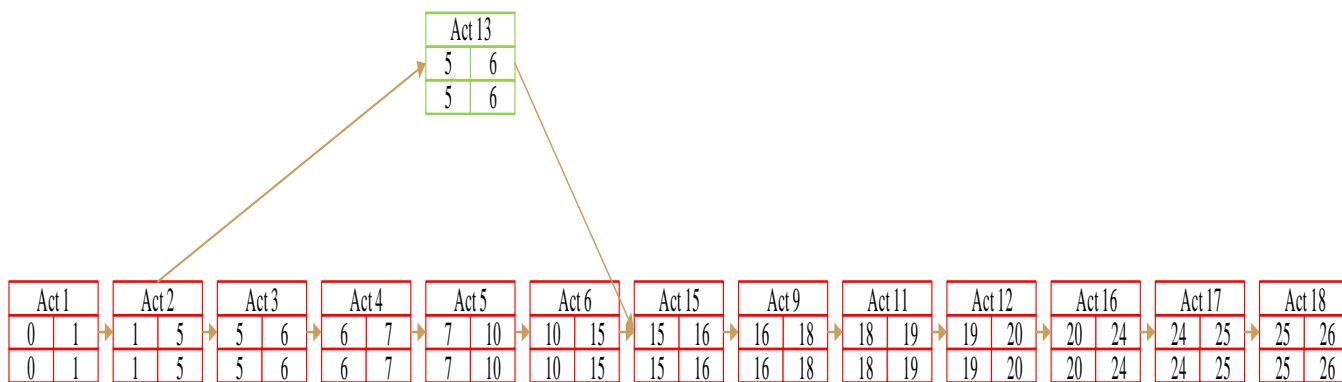
Nota: Tabla 45. Especificaciones para el CPM Familia 1.

Tabla 46. Especificaciones para el CPM Familia 2

Familia 2		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	4	1
13	1	2
3	1	2
4	1	3
5	3	4
6	5	5
15	1	6 y 13
9	1	15
11	1	9
12	1	11
16	4	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 40. Diagrama CPM de la Familia 2



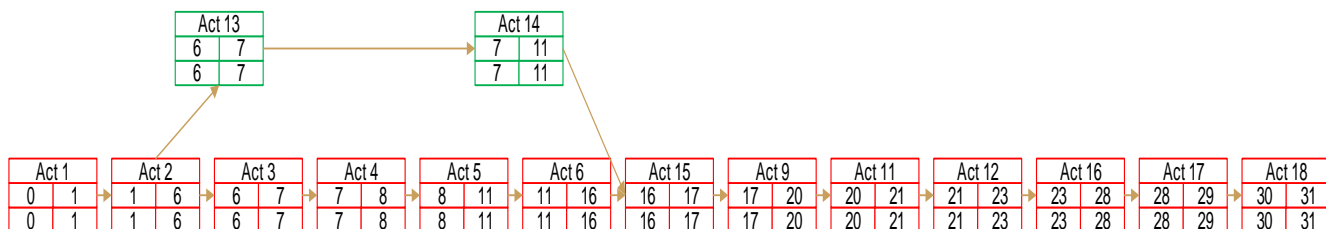
Nota: Tabla 46. Especificaciones para el CPM Familia 2.

Tabla 47. Especificaciones para el CPM Familia 3

Familia 3		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	5	1
13	1	2
14	4	13
3	1	2
4	1	3
5	3	4
6	5	5
15	1	6 y 14
9	3	15
11	1	9
12	2	11
16	5	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 41. Diagrama CPM de la Familia 3



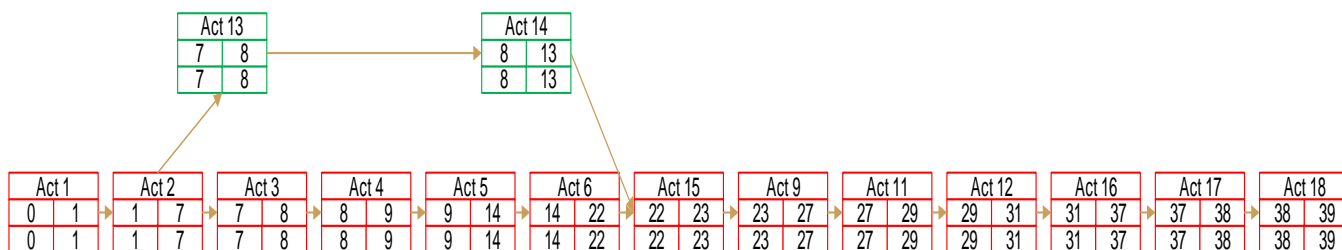
Nota: Tabla 47. Especificaciones para el CPM Familia 3.

Tabla 48. Especificaciones para el CPM Familia 4

Familia 4		
Actividad N°	Tiempo de duración	Actividad Precedente
1	1	-
2	6	1
13	1	2
14	5	13
3	1	2
4	1	3
5	5	4
6	8	5
15	1	6 y 14
9	4	15
11	2	9
12	2	11
16	6	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 42. Diagrama CPM de la Familia 4



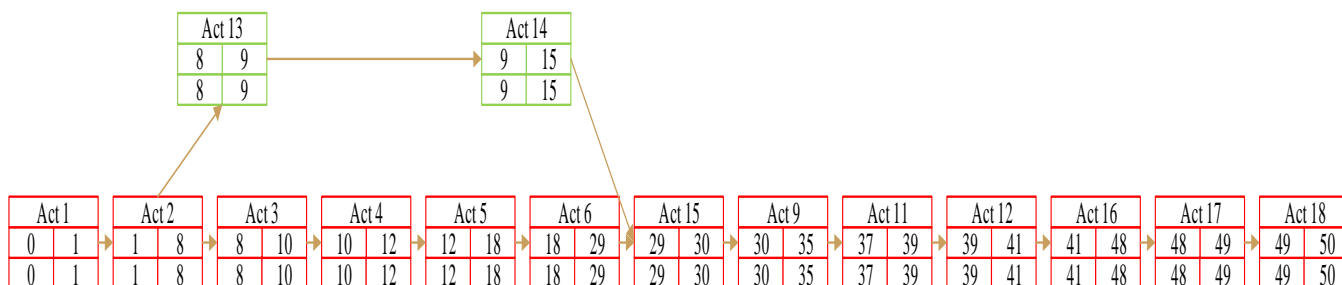
Nota: Tabla 48. Especificaciones para el CPM Familia 4

Tabla 49. Especificaciones para el CPM Familia 5

Familia 5		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	7	1
13	1	2
14	6	13
3	2	2
4	2	3
5	6	4
6	11	5
15	1	6 y 14
9	5	15
11	2	9
12	2	11
16	7	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 43. Diagrama CPM de la Familia 5



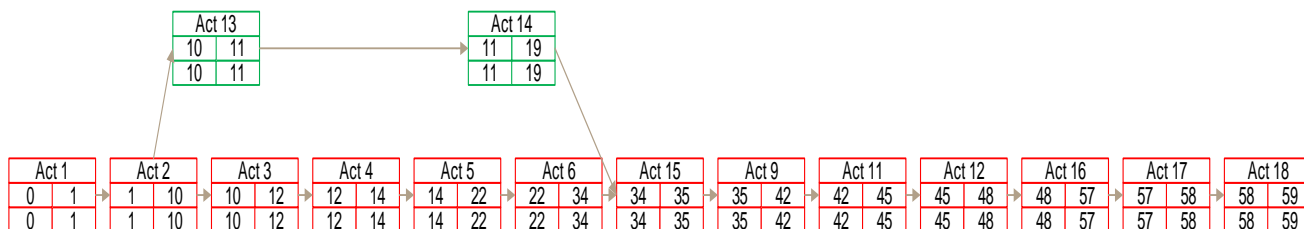
Nota: Tabla 49. Especificaciones para el CPM Familia 5

Tabla 50. Especificaciones para el CPM Familia 6

Familia 6		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	9	1
13	1	2
14	8	13
3	2	2
4	2	3
5	8	4
6	12	5
15	1	6 y 14
9	7	15
11	3	9
12	3	11
16	9	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 44. Diagrama CPM de la Familia 6



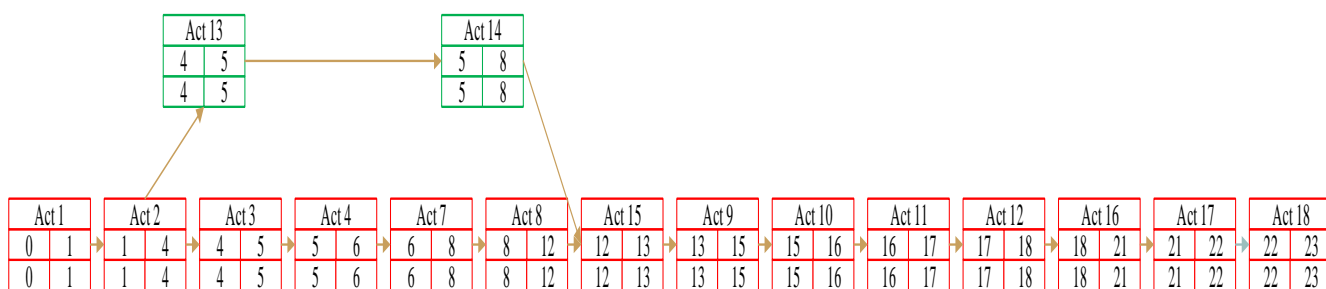
Nota: Tabla 50. Especificaciones para el CPM Familia 6.

Tabla 51. Especificaciones para el CPM Familia 7

Familia 7		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	3	1
13	1	2
14	3	13
3	1	2
4	1	3
7	2	4
8	4	7
15	1	8 y 14
9	2	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	3	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 45. Diagrama CPM de la Familia 7



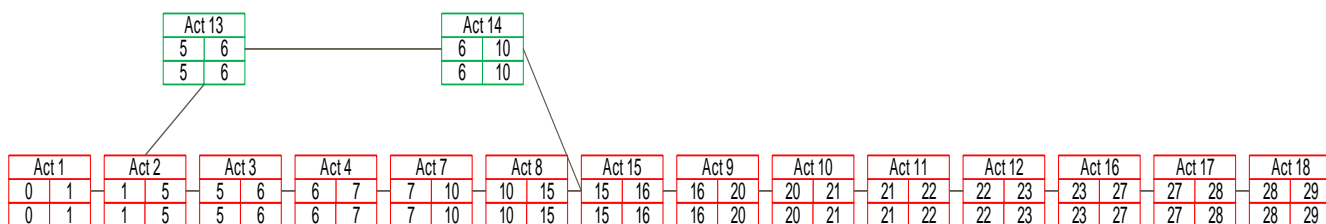
Nota: Tabla 51. Especificaciones para el CPM Familia 7.

Tabla 52. Especificaciones para el CPM Familia 8

Familia 8		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	4	1
13	1	2
14	4	13
3	1	2
4	1	3
7	3	4
8	5	7
15	1	8 y 14
9	4	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	4	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 46. Diagrama CPM de la Familia 8



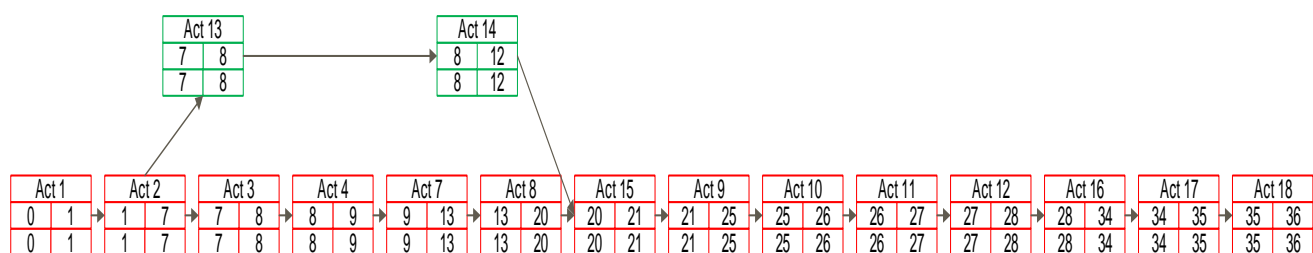
Nota: Tabla 52. Especificaciones para el CPM Familia 8

Tabla 53. Especificaciones para el CPM Familia 9

Familia 9		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	6	1
13	1	2
14	4	13
3	1	2
4	1	3
7	4	4
8	7	7
15	1	8 y 14
9	4	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	6	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 47. Diagrama CPM de la Familia 9



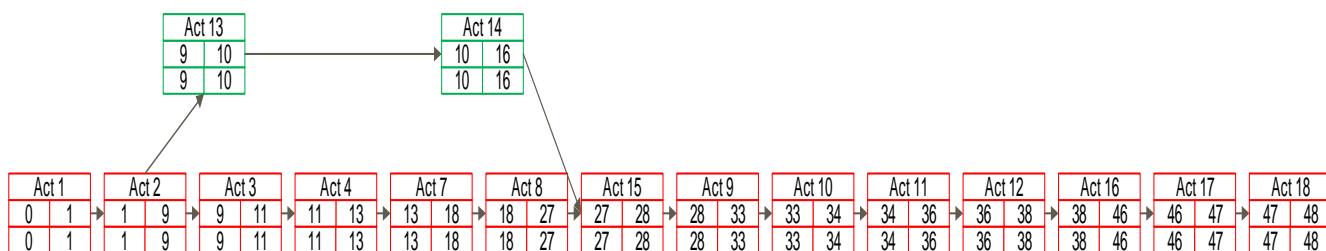
Nota: Tabla 53. Especificaciones para el CPM Familia 9

Tabla 54. Especificaciones para el CPM Familia 10

Familia 10		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	8	1
13	1	2
14	6	13
3	2	2
4	2	3
7	5	4
8	9	7
15	1	8 y 14
9	5	15
10	1	9
11	2	10
12	2	11
16	8	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 48. Diagrama CPM de la Familia 10



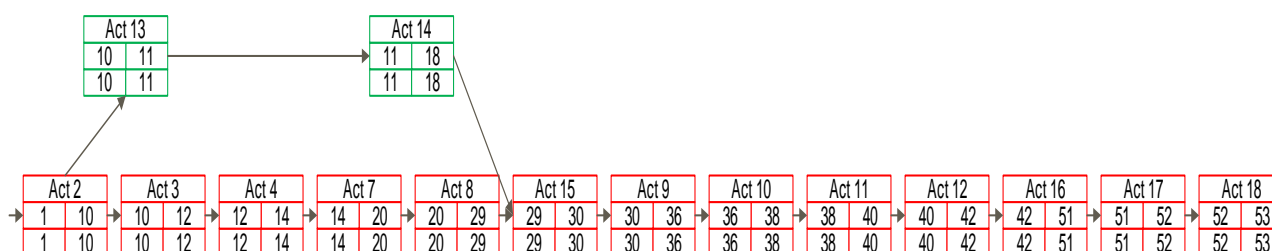
Nota: Tabla 54. Especificaciones para el CPM Familia 10

Tabla 55. Especificaciones para el CPM Familia 11

Familia 11		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	9	1
13	2	2
14	7	13
3	2	2
4	2	3
7	6	4
8	9	7
15	1	8 y 14
9	6	15
10	2	9
11	2	10
12	2	11
16	9	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 49. Diagrama CPM de la Familia 11



Nota: Tabla 55. Especificaciones para el CPM Familia 11

Las tablas de especificaciones fueron base importante para la construcción de los diagramas CPM, ya que, como se muestra, indica la actividad referente de la Tabla 44. Lista de Actividades para el Diagrama CPM e indica el tiempo de duración de cada actividad y la actividad precedente, es decir, la actividad que debe cumplirse primero para que se pueda realizar.

En las figuras se muestran las tareas en dos colores: rojo y verde, las actividades en rojo son aquellas tareas marcadas pertenecientes a la ruta crítica del proyecto, la cual se refiere a las actividades de mayor duración y correspondientes a actividades cuello de botella, por otra parte, las actividades en verde son las actividades paralelas, que en algún punto se requerirán para continuar el proceso, por ejemplo, las rectificaciones/reparaciones, deben estar listas para el balanceo del motor o estator, esto por requisito de la empresa, pero, aunque el área mecánica terminara su función, el área eléctrica, todavía no ha terminado ya sea por limpieza o rebobinado, las actividades son de mayor duración con respecto a la reparación o rectificación de un motor.

De los diagramas CPM, su principal propósito es ejemplificar la red del proyecto, las actividades precedentes y su duración, con el objetivo de definir de acuerdo con las actividades, el tiempo de impacto sobre cada área de producción de la empresa, esto debido a que la empresa actualmente no posee una planificación ni un conocimiento de cuánto debería durar la reparación de un motor, además de cuántas horas dura la actividad para determinar la diferencia de horas con respecto a la demanda de horas hombre.

Productividades Parciales de Electro Motores Ltda.

Debido a la diferencia que existe entre la capacidad necesaria y la capacidad real, se ha elaborado un análisis de productividad, de manera que se observe el resultado de comparar la producción actual de horas hombre, con los insumos necesarios para las reparaciones de los motores, haciendo uso de las productividades parciales que serán evaluadas nuevamente con la propuesta para observar el cambio de productividad, al definir productividad parcial.

Según González y Carro (2015): “La productividad parcial es la que relaciona todo lo producido por un sistema (salida) con los recursos utilizados (insumo o entrada)”. La cita anterior explica el objeto y la utilización que se le brindará a las productividades parciales en la investigación, ya que este apartado corresponde a determinar la relación que tienen las salidas de producción con respecto al insumo de este para producir el bien de la empresa, a continuación, se muestra el análisis de las productividades parciales:

Tabla 56. Productividades Parciales

Detalle de Entradas y Salidas						
Área	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística	
Entradas y salidas						Unidad de medida
Producción	402.9	489.6	224	240	19.2	Horas
Tiempo disp.	510	680	300	300	24	Horas
Energía	480	640	280	280	24	Kilowatts
Agua	75	37.5	90	225	60	Litros
Mano de Obra	3	4	2	2	1	Hombre
Costo de MO	1150000	1450000	600000	800000	380000	Colones
Costos de Materiales	100000	400000	0	150000	75000	Colones
Índice de Productividad						
Fórmula	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística	
-						
Prod/T. disp	0.79	0.72	0.746667	0.8	0.8	
Prod/Energía	0.839375	0.765	0.8	0.8571429	0	
Prod/Litros	5.372	13.056	2.488889	1.0666667	0.32	
Prod/Hombre	134.3	122.4	112	120	19.2	
Prod/Costo MO	0.0003503	0.0003377	0.000373	0.0003	5.1E-05	
Prod/ Costo Mat	0.004029	0.001224	0	0.0016	0.00026	

Nota: Brayan Alvarado, 2018

En la tabla 56, se indicaron los insumos a considerar que son relevantes y constantes en la reparación de motores, es decir, aspectos como materia prima, posee cantidades y tipos distintos, que al considerarse por la producción de cada área.

En los índices de productividad se muestra la fórmula que se utilizó para obtener las productividades parciales, esto para efectos de lectura, entender cómo se obtuvieron los resultados. En la tabla existen valores que tienen 0, esto se debe a que el área no posee el insumo. En el caso de la relación entre producción entre hombre, se determinó con respecto a la cantidad de personal en las áreas, cuáles son las horas ocupadas por persona.

La intención de determinar los índices de productividad es diagnosticar qué tanto se están aprovechando los insumos con la producción actual, que serán la base, ya que, en la propuesta para la solución del problema, como parte fundamental de la investigación, es aumentar la productividad de la empresa, por lo que estos índices se compararán con los indicadores de la propuesta y observar el cambio de productividad, para comprobar que efectivamente se logró uno de los objetivos principales.

Tiempos Muertos de Operación de la Planta

Los tiempos muertos de operación son una parte fundamental para el análisis del tiempo de reparación actual, al mismo tiempo para reconocer cuál es la pérdida de acuerdo con la capacidad teórica, es decir, en qué se está perdiendo el tiempo operativo. La información fue recopilada mediante la documentación de las ordenes de trabajo de cada motor reparado en los últimos dos años, donde la Empresa especifica la actividad como “indirecto” y debe ser justificado por el gerente de planta, es importante mencionar que los tiempos muertos recopilados, se determinaron según cada área involucrada en la reparación de motores, el detalle se muestra a continuación:

Tabla 57. Tiempos Muertos de Operación de las Áreas

Causa	Tiempo perdido	Porcentaje	Unidad	Tiempo de Jornada
Área Mecánica				
Falta de equipo de trabajo	450	4%	Horas	
Distracciones del personal	300	3%	Horas	
Pérdida de información de trabajo	340	3%	Horas	
Falta de materiales en área	760	6%	Horas	
No existe control de herramientas	565	5%	Horas	
Total de Tiempo	2330	21%	Horas	
Área Eléctrica				
Falta de mantenimiento a los equipos	700	4%	Horas	
Falta de materiales en área	1300	8%	Horas	
Pérdida de información de trabajo	740	5%	Horas	
Distracciones del personal	650	4%	Horas	
Reprocesos por F. Cap	950	6%	Horas	
Total del Tiempo	4100	28%	Horas	
Área de Precisión				
Poco mantenimiento a la maquinaria	400	6%	Horas	
Reprocesos por F. Cap	300	4%	Horas	
Pérdida de información de trabajo	400	6%	Horas	
Falta de herramientas	330	5%	Horas	
No existe control de actividades	270	4%	Horas	
Total	1280	25%	Horas	
Área de Acabado				
Reprocesos por desconocimiento	263	4%	Horas	
Espera de producto en la línea	177	3%	Horas	
Información de trabajo inoportuna	300	4%	Horas	
Falta de materiales	350	5%	Horas	
Espera y búsq. herramientas	274	4%	Horas	
Total	1289	20%	Horas	
Área Logística				
Falta de mantenimiento a equipo	10	2%	Horas	
Falta de personal	12	2%	Horas	
Espera de producto	15	3%	Horas	
Información de trabajo inoportuna	21	4%	Horas	
Falta de materiales	32	6%	Horas	
Falta de control del proceso	18	3%	Horas	
Total	108	20%	Horas	

Nota: Brayan Alvarado, 2018

Se obtuvieron los resultados porcentuales según el análisis de mudas realizado para identificar los tiempos muertos operativos, los cuales se recopilaron mediante la documentación de la empresa, que indica actividad no productiva o fuera del proceso de reparación, las causas o los porqué se presentaron estos paros y deficiencias se observan en la tabla con su respectivo valor porcentual, el cual significa una ociosidad en la capacidad instalada en las áreas de producción, lo que perjudica en que no se cumpla con la capacidad necesaria o la demanda de horas hombre.

En la tabla, se puede observar que uno de los mayores problemas es la falta de material en la línea, en todas excepto el área de precisión que no tiene entrada de material, se detalla que en ocasiones hay distracciones del personal, en algunos casos, no se justifica, lo que se debe a situaciones propias del personal. Estos tiempos muertos representan costos para la empresa ya que están pagando por horas no efectivas y esto en su gran parte se debe a la falta de programación y control de la producción.

Análisis de Causas del Problema de Electro Motores Ltda.

En este apartado, se mostrará el análisis correspondiente de los síntomas y las causas del problema encontrado en Electro Motores Ltda. En este caso, se justificará y analizará los motivos por los cuales la empresa posee tiempos muertos operativos y qué está ocasionando la baja productividad, ya que como se muestra, se justifica que posee en promedio un 0.8 de su producción con respecto a lo que realmente podrían producir, por lo que se comenzará el análisis con una matriz klee, donde se tabularon los factores o síntomas del problema actual, para identificar cuál es el 80% de las causas de los tiempos muertos en el diagnóstico del problema, esto será justificado y graficado mediante un diagrama de Pareto, con los resultados obtenidos, se mostrará el análisis de causalidad de las áreas en estudio, es decir, por qué presenta ese carácter.

Matriz Klee

Según Salazar (2017) la matriz Klee es: “una herramienta de análisis, utilizada para priorizar las causas que generan un problema, se basa en la ponderaciones y calificaciones dadas tanto por los analistas del problema como por los representantes de la empresa o proceso”

Esta herramienta es utilizada por analistas para ponderar las causas de un problema, en este proyecto no es la excepción, gracias al análisis y detalle de los diagramas causa efecto de cada área, se obtuvo los datos para transferirlos a una matriz Klee, donde se hizo la consulta empresarial para obtener la nota brindada a cada causa.

El analista brindó su nota también para realizar el diagrama correctamente, es importante destacar, que las causas mostradas, al poseer similitud entre las áreas, se realizó una sola matriz para identificar cuál es el 80% de las causas del porqué atrasos en la reparación de motores. A continuación, se presenta el desarrollo de la matriz:

Tabla 58. Matriz Klee de las Causas

Nota de la empresa	25	25	25	50	50	50	50	50	25	50	25		
Nota del investigador	50	25	50	75	50	50	75	75	50	50	50		
Causas	Falta de equipo	No existe una cultura de desarrollo	Dependencia del personal	Procesos lentos	Inexistencia de un Sistema de Información	Pérdida de inf.de trabajo	Falta de materiales	Mala gestión de planificación de mat	Falta de control de procesos	Falta de mantenimiento	Falta de capacitación	Sumatoria	Peso
Falta de equipo		0.75	0.5	0.25	0.25	0.5	0.5	0.25	0.25	0.75	0.5	4.5	0.0818
No existe una cultura de desarrollo	0.25		0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.25	0.5	3.25	0.0591
Dependencia del personal	0.5	0.75		0.5	0.25	0.75	0.5	0.5	0.25	0.75	0.5	5.25	0.0955
Procesos lentos	0.75	0.75	0.5		0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.25	5.5	0.1
Inexistencia de un Sistema de Información	0.75	0.75	0.75	0.25		0.5	0.5	0.5	0.25	0.75	0.75	5.75	0.1045
Pérdida de inf.de trabajo	0.5	0.5	0.25	0.25	0.5		0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	3.75	0.0682
Falta de materiales	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75		0.5	0.5	0.75	0.75	6.25	0.1136
Mala gestión de planificación de mat	0.75	0.75	0.5	0.75	0.5	0.5	0.5		0.5	0.75	0.5	6	0.1091
Falta de control de procesos	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.5		0.75	0.5	6.25	0.1136
Falta de mantenimiento	0.25	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.25		0.5	3.5	0.0636
Falta de capacitación	0.5	0.5	0.5	0.75	0.25	0.75	0.25	0.5	0.5	0.5		5	0.0909
Total	5.5	6.75	4.75	4.5	4.25	6.25	3.75	4	3.75	6.5	5	55	1

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La aplicación del diagrama de Klee es justificada ya que es la herramienta adecuada para brindar un peso a cada causa, esto de acuerdo con la nota brindada por el experto e ingeniero industrial, el cual brinda una nota como representante de la empresa a cada causa y seguidamente, el analista brindará su nota de la causa, para proceder a realizar una comparación y de acuerdo con el porcentaje de peso elaborado en la matriz, se definió el peso que tiene cada causa sobre el problema actual.

De acuerdo con la Tabla 58. Matriz Klee de las Causas, aquellas que tienen mayor peso en el problema corresponden a:

- Falta de materiales
- Mala gestión de planificación de materiales
- Procesos lentos
- Inexistencia de un Sistema de Información
- Pérdida de información de trabajo
- Falta de mantenimiento

Las causas anteriores evidencian que el problema diagnosticado con respecto al tiempo de reparación de los motores se debe a un error en la planificación y programación de la producción, ya que no están los recursos en el área, hay lentitud en el proceso y al existir obstrucción entre áreas, el flujo de información no es el adecuado y por ende no se puede realizar una programación adecuada de la producción con respecto a la demanda de horas de cada área y por cada proyecto.

Se debe mencionar que para efectos de la investigación, no se puede excluir ninguna causa, ya que las magnitudes representadas en la matriz klee, deben considerarse y mitigarse para lograr la reducción del 69% del tiempo de ciclo de las actividades de las áreas de producción, para ello se observa que el peso de cada causa es significativo y mediante el análisis de causalidad, se puede fijar una propuesta apta para la solución del problema.

Diagrama de Pareto

Para graficar y mostrar cuál es el 80% de las causas con mayor peso o impacto sobre el problema, se utilizará los resultados del diagrama de Klee, para ser tabulados en una tabla y así elaborar el diagrama de Pareto, el cual se define como:

Se reconoce que más del 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos, cuyo objetivo, según el mismo autor, es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas, mediante el principio de Pareto que establece que pocos elementos (20%) genera la mayor parte del efecto (80%) (Pulido y Salazar, 2013).

A continuación, se presenta la distribución de frecuencia de los resultados del diagrama de Klee:

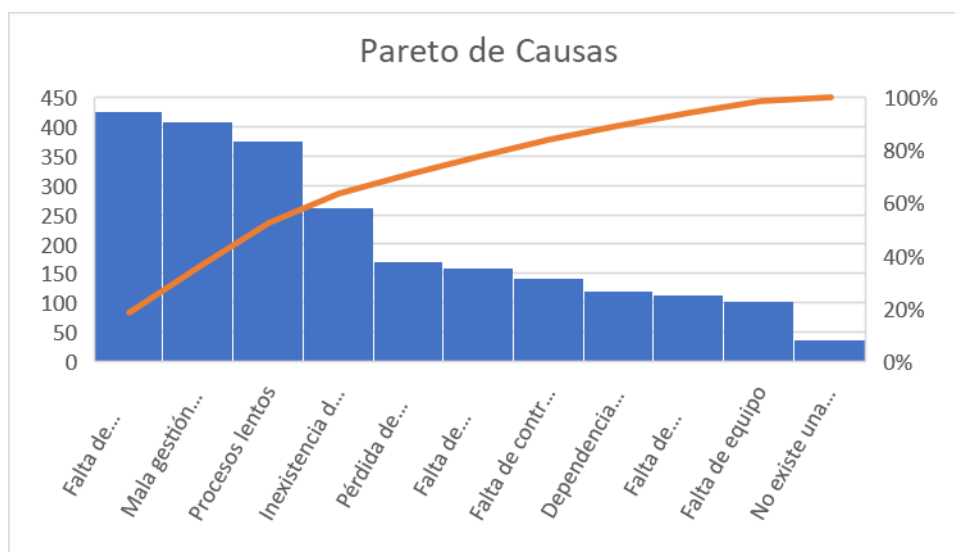
Tabla 59. Distribución para construir el diagrama de Pareto

Causa	Resultado	Porcentaje	Acumulado	Clasif.
Falta de materiales	426.136364	18%	18%	A
Mala gestión de planificación de mat	409.090909	18%	36%	A
Procesos lentos	375	16%	52%	A
Inexistencia de un Sistema de Información	261.363636	11%	64%	A
Pérdida de inf.de trabajo	170.454545	7%	71%	A
Falta de mantenimiento	159.090909	7%	78%	A
Falta de control de procesos	142.045455	6%	84%	B
Dependencia del personal	119.318182	5%	89%	B
Falta de capacitación	113.636364	5%	94%	B
Falta de equipo	102.272727	4%	98%	C
No existe una cultura dedesarrollo	36.9318182	2%	100%	C
Total	2315.34091	100%		

Nota: Tabla 58. Matriz Klee de las Causas.

Con la información tabulada en la tabla anterior, se procederá a graficar el diagrama de Pareto:

Figura 50. Diagrama de Pareto de las Causas



Nota: Tabla 59. Distribución para construir el diagrama de Pareto

De acuerdo con el gráfico de Pareto y la tabla de referencia, se determinaron cuáles son los síntomas principales que están impactando en el problema, las cuales corresponden a las causas A, que fueron determinadas gracias a la matriz Klee, que permitieron señalar cuáles son las principales por eliminar para mejorar el tiempo de reparación de los motores, con la aplicación del SIPCP, se podrán controlar las causas ejemplificadas previamente en el análisis de los diagramas causa-efecto.

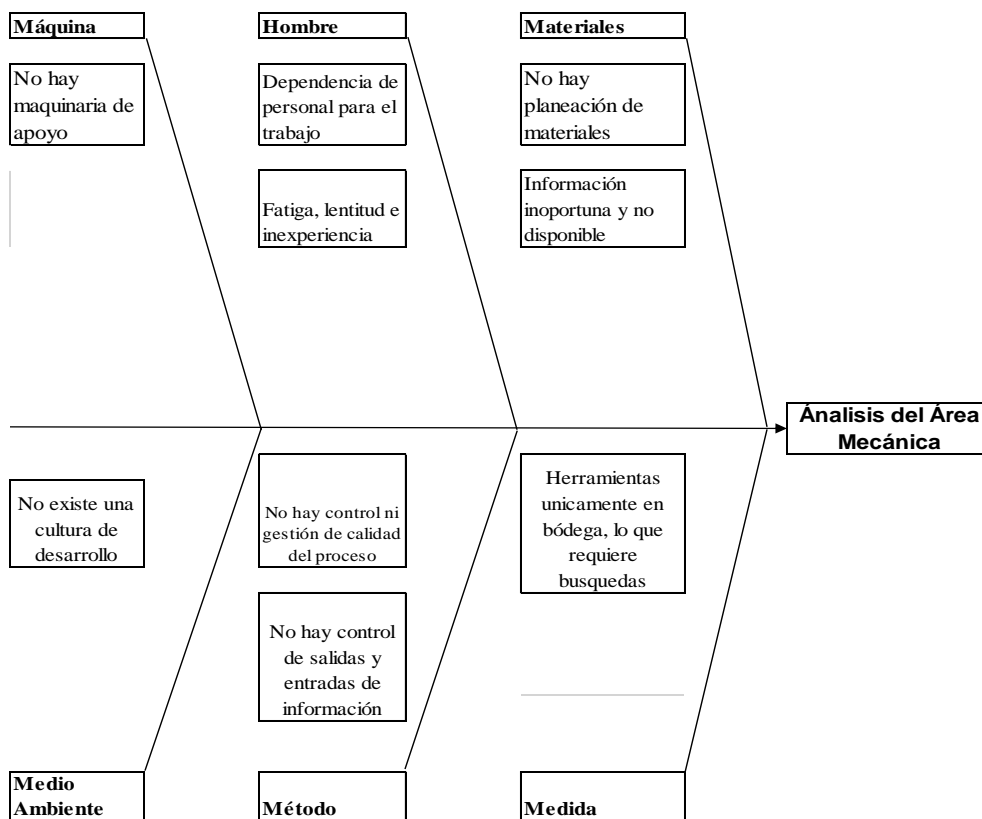
Análisis de causalidad por área

Para obtener este estudio, se consideraron los resultados obtenidos del diagrama de Pareto, donde se analizará cuáles son los motivos por los que falta el material, falta de mantenimiento, por qué hay mala gestión de planificación de materiales, se obtendrá un análisis del porqué los procesos lentos, entre otros. El objetivo es encontrar las causas del porqué hay tiempos muertos operativos, por qué hay baja productividad con respecto a su capacidad teórica, para ello, se hará uso del diagrama causa efecto que según Gillet (2014) se define como:

“Investiga y clasifica por familia las causas de un problema (mano de obra, métodos, entorno, materias primas, medios), también es una excelente herramienta de comunicación para explicar un fenómeno. No da la causa del problema, pero permite elegir entre las posibles causas que puedan evaluarse”

A continuación, se presenta el diagrama causa efecto de cada área:

Figura 51. Diagrama Causa-Efecto del Área Mecánica



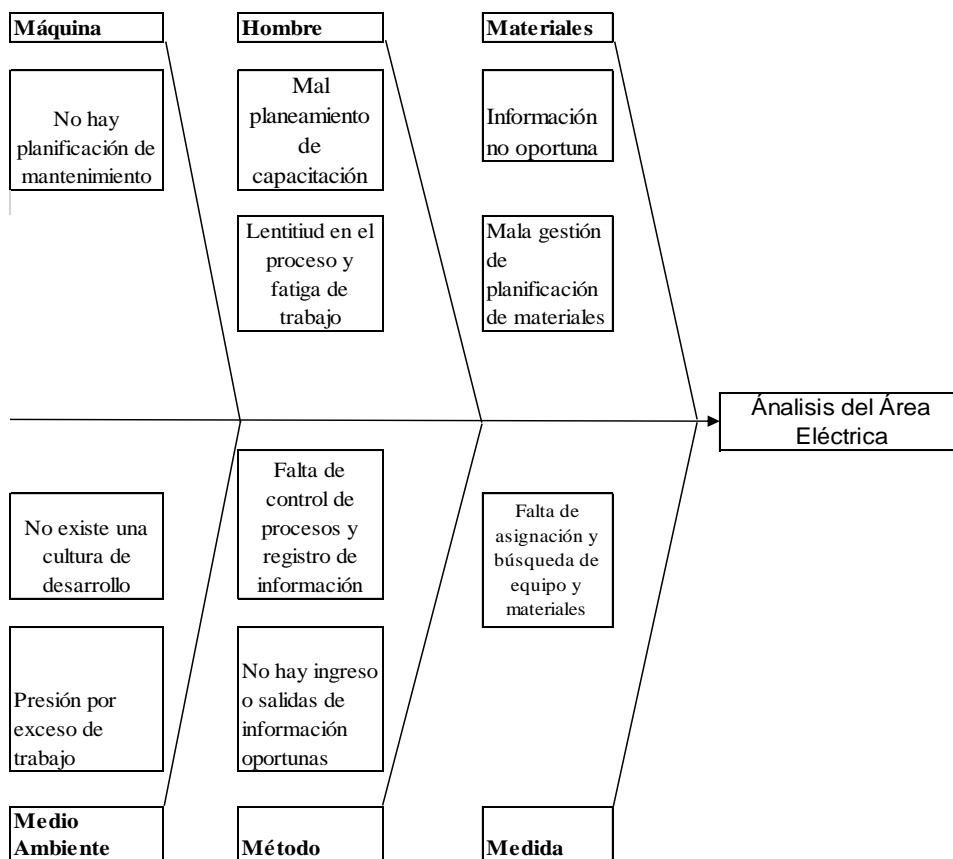
Nota: Brayan Alvarado, 2018

Tabla 60. Clasificación de Causas del Área Mecánica

Causa	Asignables	Controlables
Falta de equipo de trabajo		X
No existe una cultura de desarrollo	X	
Dependencia de personal		X
Lentitud al realizar actividad		X
No existe un sistema de información		X
Pérdida de información de trabajo		X
Falta de materiales en área		X
Mala gestión de planificación de materiales		X
No existe control de herramientas		X

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 52. Diagrama Causa-Efecto del Área Eléctrica



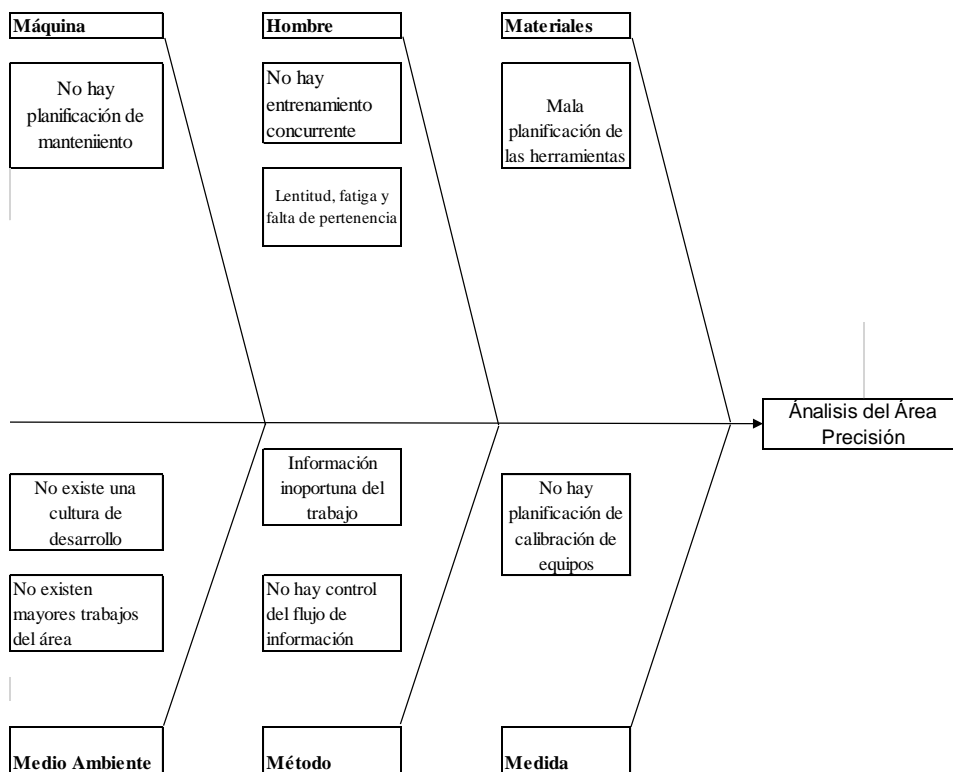
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 61. Clasificación de Causas del Área Eléctrica

Causa	Asignables	Controlables
No hay planificación de mantenimiento		X
Mal planeamiento de capacitación		X
Lentitud en el proceso y fatiga de trabajo		X
Información no oportuna		X
Mala gestión de planificación de materiales		X
No existe una cultura de desarrollo	X	
Presión por exceso de trabajo	X	
Falta de control de procesos y registro de información		X
No hay ingreso o salidas de información oportunas		X
Falta de asignación y búsqueda de equipo y materiales		X

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 53. Diagrama Causa-Efecto del Área Precisión

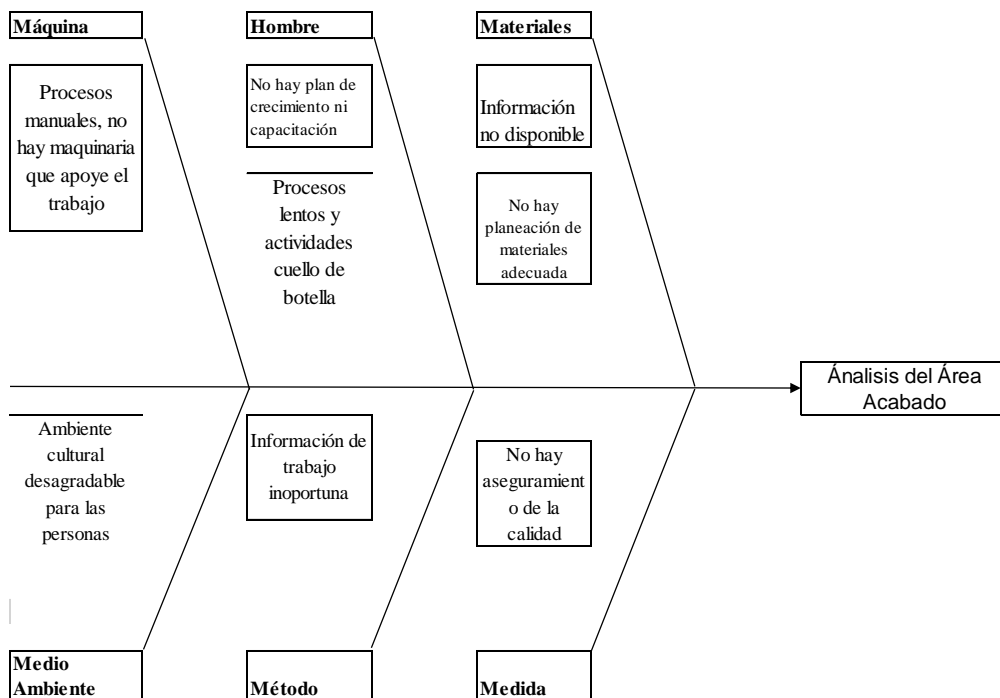


Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 62. Clasificación de Causas del Área Precisión

Causa	Asignables	Controlables
No hay planificación de mantenimiento		X
No existe una cultura de desarrollo	X	
No existen mayores trabajos del área		X
No hay entrenamiento concurrente		X
Lentitud, fatiga y falta de pertenencia		X
Información inoportuna del trabajo		X
No hay control del flujo de información		X
Mala planificación de las herramientas		X
No hay planificación de calibración de equipos		X

Figura 54. Diagrama Causa-Efecto del Área de Acabado



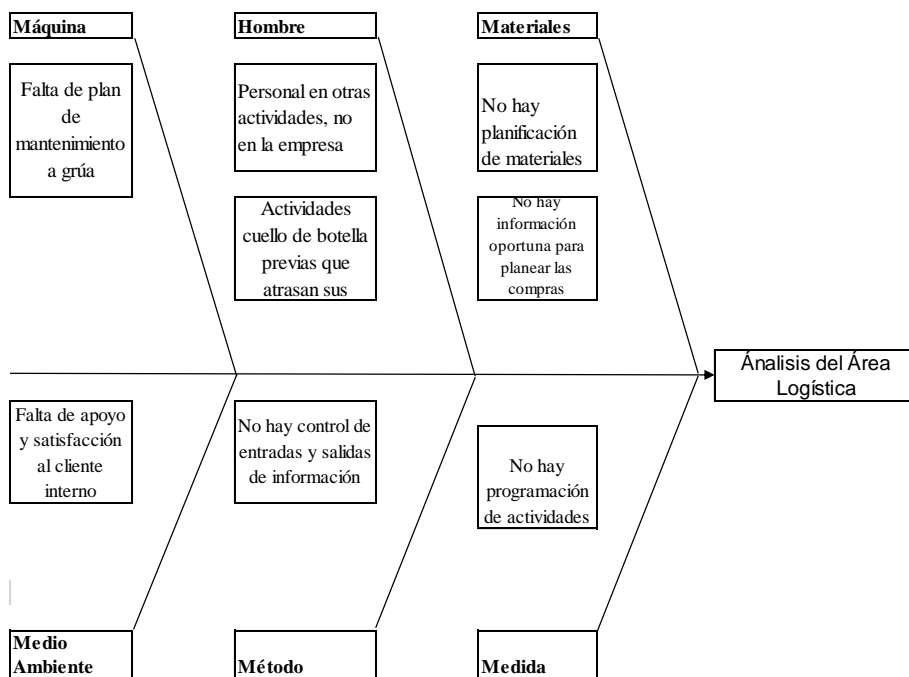
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 63. Clasificación de las Causas del Área Acabado

Causa	Asignables	Controlables
Procesos manuales, no hay maquinaria que apoye el trabajo		X
Ambiente cultural desagradable para las personas		X
No hay plan de crecimiento ni capacitación		X
Procesos lentos y actividades cuello de botella		X
Información de trabajo inoportuna		X
Información no disponible		X
No hay aseguramiento de la calidad		X

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 55. Diagrama Causa-Efecto del Área Logística



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 64. Clasificación de Causas del Área Logística

Causa	Asignable	Controlable
Falta de plan de mantenimiento a grúa		X
Falta de apoyo y satisfacción al cliente interno	X	
Personal en otras actividades, no en la empresa		X
Actividades cuello de botella previas que atrasan sus funciones		X
No hay control de entradas y salidas de información		X
No hay planificación de materiales		X
No hay programación de actividades		X

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Mediante las figuras anteriores, se obtuvo el análisis de las causas de la situación y sus implicaciones del problema actual, considerando que se realizó un análisis de productividad y de mudas (tiempos muertos de operación), se hizo los diagramas causa efecto, con el objeto de identificar la raíz de tales circunstancias, para ello, se detalló las causas según su naturaleza (la mano de obra, los materiales, el método, la medida, maquinaria y medio ambiente).

Se evidencia que una causa presente, es la mala recepción y salida de la información, esto se debe a que no hay información oportuna en la empresa, lo que impide una planificación de la producción, se observa que el personal sin conocimiento o sin experiencia es una causa importante ya que genera reprocesos, un ritmo más lento, entre otros. Otro factor que resaltar es la mala asignación de los recursos ya que los materiales, herramientas y personal, deberían estar distribuidos según la demanda de horas hombre para que esté en el área cuando se le solicita, sin embargo, al no estar, provoca distracciones y esperas del personal.

Como parte del análisis, se realizó una clasificación por cada diagrama, que permitió establecer que las causas en su mayoría son controlables, lo cual es beneficioso para la investigación, debido a que se podrá establecer métodos de reducción de las causas e indicadores de proceso para eliminar las mudas del proceso, aumentar la productividad y disminuir el tiempo de ciclo, con la propuesta enfocada en los resultados de las causas para la mitigación del problema.

Costos de Producción

Como todo proyecto, es fundamental observar cuáles son los costos productivos involucrados en la gestión empresarial, esto para identificar cuáles factores son importantes para que la empresa opere y, además, serán de utilidad para determinar el análisis financiero de la propuesta de diseño, por lo que se mostrará a continuación los costos fijos y variables de la empresa Electro Motores Ltda.

Tabla 65. Costos de Producción de Electro Motores Ltda.

Costos Fijos			
Factor	Cantidad	Valor	Periodo
Mano de Obra	-	-	-
Área Mecánica	3	₡ 1,150,000.00	Mensual
Área Eléctrica	4	₡ 1,450,000.00	Mensual
Área de Precisión	2	₡ 600,000.00	Mensual
Área de Acabado	2	₡ 800,000.00	Mensual
Área Logística	1	₡ 380,000.00	Mensual
Depreciación Edif	1	₡ 166,666.00	Anual
Mantenimiento	1	₡ 75,000.00	Mensual
Costos Variables			
Factor	Cantidad	Unidad	Valor
Materia Prima			
Roles	1	unidad	₡ 30,000.00
Devanado	1	kilos	₡ 7,000.00
Solvente Dieléctrico	1	Litros	₡ 6,000.00
Aislante	1	Kilos	₡ 3,000.00
Jabón			₡ 2,500.00
Pintura	1	Litros	₡ 2,200.00
Barníz	1	Litros	₡ 2,000.00
Plástico embalaje	1	Kilos	₡ 1,500.00
Energía	-	-	₡250,000 - ₡295,000
Agua	-	-	₡ 45,000.00

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Como se muestra en la Tabla 65. Costos de Producción de Electro Motores Ltda., se dividieron los costos en fijos o variables, cabe destacar que en el caso del recurso humano, se sub dividieron por cada área para determinar cuál es el costo de este, hay una depreciación del edificio, ya que pese a que es una planta propia, el mismo tiene una depreciación que se debe ir realizando, la cual corresponde a 166 666 colones mensuales, del mismo modo, se hace un mantenimiento general de limpieza, lavado y el costo es de 75000 colones.

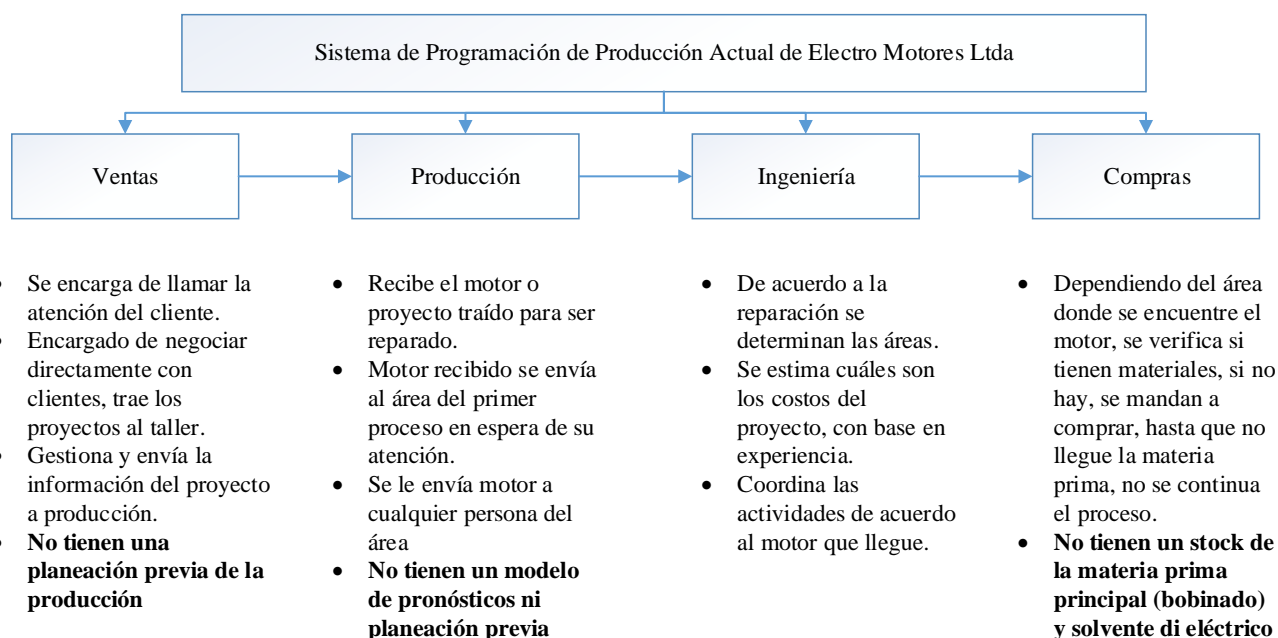
En el caso de los costos variables, se tiene la materia prima, esta corresponde a todos los cambios o partes que Electro Motores se encarga de comprar, es importante aclarar que se ejemplifica en una unidad, ya que cada familia de motores tienen diferentes cantidades y la materia prima descrita depende de la reparación, pero para efectos de ejemplificación de costos, se determinó en una unidad, que en el desarrollo de la propuesta se mostrarán los costos por cada familia para determinar el beneficio costo.

Sistema de Información y Programación Actual

Sistema de Programación Actual

Para determinar cómo está planeando y programando la producción actual Electro Motores, se ha realizado un mapa conceptual que permita identificar de acuerdo con las áreas administrativas y estratégicas de la empresa, cuáles actividades realiza cada área para cumplir con la programación de la producción actual, cabe destacar, que el objetivo de este mapa es mostrar la foto del sistema para proponer una mejora en el capítulo siguiente de la investigación, a continuación se presenta el mapa conceptual del sistema de programación actual de Electro Motores:

Figura 56. Sistema de Programación Actual de Electro Motores



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Figura 56. Sistema de Programación Actual de Electro Motores, se muestra el mapa conceptual de cómo programa la empresa las reparaciones de un motor, donde comienza con ventas, el cual negocia con el cliente y le hace entrega al motor al siguiente departamento, producción es el área principal de Electro Motores, donde se encargan de recibir el motor, dar detalle de los resultados de las pruebas, además se encarga de reparar el motor, pero no hay control sobre estas actividades y no hay un pronóstico de cuantas horas podría durarse y cuánto trabajo tendrán las áreas.

El departamento de ingeniería se encarga de realizar las cotizaciones de los proyectos y de acuerdo con el tipo de motor y reparación, coordina las actividades, no obstante, esta coordinación es mencionarle a alguien que comience con un motor, el motor después de la actividad puede quedarse en espera o en otras palabras, queda como trabajo en proceso, donde después es producción quién va atendiendo los motores, es decir, no hay planeación ni coordinación clara de quién hace qué y en qué tiempo, es decir, no programan ni planean la producción.

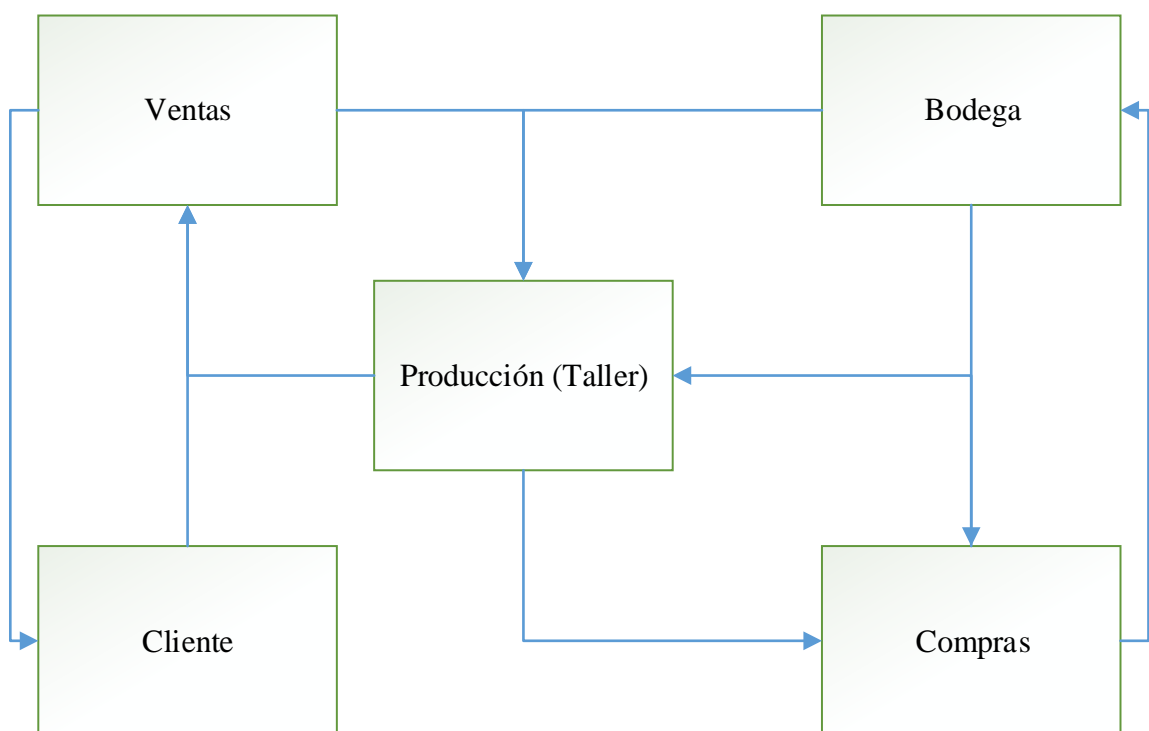
El departamento de compras se encarga de realizar las compras de materiales, herramientas, entre otros, sin embargo, este departamento tiene contacto directo con la bodega, la verificación de materiales es más referido a herramientas, porque la empresa no posee un **stock** de seguridad de materia prima como las bobinas o el solvente di eléctrico, lo que provoca atrasos, ya que si la información no es oportuna, no se podrá planear los materiales, este aspecto impacta directamente con la programación de la producción, ya que si no hay materiales o herramientas, existirá tiempos muertos como refleja el histórico y se verá afectado el tiempo de reparación del motor.

Análisis Estructurado

Debido al análisis mostrado en los diagramas causa-efecto y el análisis de mudas, se realizó un análisis estructurado, con el fin de identificar la conexión entre las áreas que permita determinar cuál es el flujo de información actual de la empresa, motivo por el cual, se presentan ciertos síntomas del problema, tales como es la falta de planeación de materiales, la pérdida de documento, entre otros. Por lo que se define qué es un análisis estructurado.

Según la Ingeniería del Software de la Gestión (2015), el análisis estructurado corresponde a: “Representación gráfica en forma de red se relaciona por nodo que representa una función de las funciones que se comunican mediante conductos que representan la información que se mueve y se apoya en otras técnicas de descripción textual”. Mediante la cita anterior, se realizó un diagrama que muestra los departamentos involucrados con la producción y de este medio, se determinaron las áreas involucradas en la programación y control de la producción:

Figura 57. Análisis Estructurado Nivel 0



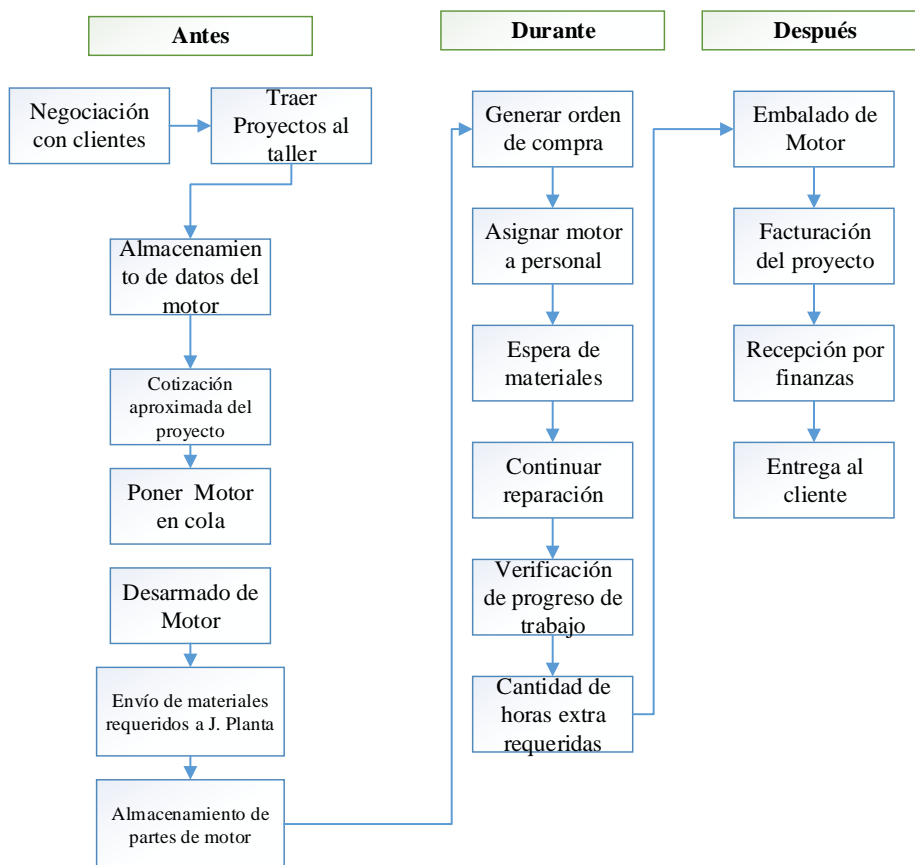
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Figura 57. Análisis Estructurado Nivel 0, se muestran los departamentos involucrados en la programación y control de la producción, como se puede observar los participantes en su mayoría se relacionan con el departamento de producción, para entender el funcionamiento, el área de ventas comienza el ciclo con la solicitud del cliente, ventas se debe relacionar con producción porque es quién envía el motor para su reparación, producción se encarga de comunicarse con compras y la bodega se debe comunicar con producción para proveer alguna herramienta y con compras para recibir la materia prima, una vez finalizada la reparación, ventas se encarga de contactar al cliente y darle detalles. Se mostrarán los flujos de información, a continuación:

Flujos de información.

Los flujos de información se obtienen del análisis de la información que entra y sale según el proceso descrito previamente en el análisis estructurado, de tal modo, que se detallan que información es requerida, qué flujo sigue y como paso seguido se analizará el comportamiento y deficiencias de los flujos de información de Electro Motores:

Figura 58. Flujos de Información de la Programación de Electro Motores



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En los flujos de información, se categorizaron en un antes, durante y después de los flujos de información necesarios para la programación y control de la producción, en este caso, son los correspondientes y actuales de la empresa Electro Motores, donde actualmente se inicia con la recepción del motor por parte del cliente, la empresa le brinda un costo de proyecto estimado basado en la experiencia del Ingeniero Esteban Castro, se le toman los datos y se continúa el proceso de reparación, actualmente no hay programación ni orden ni asignación de recursos y tareas, solo se sigue el motor hasta que una actividad termina, comienza otra.

Como parte de la planeación y programación de la producción, en un cierto nivel de avance del proyecto, se planea la cantidad de horas extra necesarias a realizar para cumplir con la fecha estimada de acuerdo con la demanda de horas que competitivamente dura la reparación de un motor, esto se debe a un previo atraso, ya que los materiales se compran en un periodo indefinido y en bodega se almacenan las partes pequeñas e importantes propias del motor, actualmente, Electro Motores no guarda un stock de inventario de materia prima, como paso siguiente, se debe embalar el motor para su entrega al cliente, se le factura y se le cobra el periodo inicial, donde es recibido por finanzas, es importante destacar que el cobro del proyecto puede o no generar utilidades, actualmente hay proyectos que no generan utilidad por el exceso de costos y falta de programación y planeación.

Una característica fundamental de la investigación, es que se debe mencionar que el periodo de tiempo de entradas y salidas de la información entre las áreas fue indefinido, ya que las áreas no poseen comunicación directa y debido a su falta de integración no se puede recibir información oportuna, además de eso, tampoco se procesa ni se prioriza la información, lo que perjudica e impacta en la programación y control de la producción actual.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se evidencia que Electro Motores Ltda., actualmente no planea, programa ni controla la producción, el sistema de programación actual no funciona debido a que omite datos de la demanda, históricos del tiempo de ciclo de las actividades, no está dentro de sus gestión empresarial elaborar el PMP y MRP teórico, por lo tanto no se desarrollan las herramientas reales, esto impacta sobre el tiempo de ciclo al detener las reparaciones por falta de materia prima, por falta de supervisión, entre otras, lo que ha provocado que la capacidad real de la empresa se disminuya y genere atrasos para entregar.

Se demuestra que existe la decadencia de los flujos de información, esto porque las áreas actúan independientemente entre sí, con el objetivo de cumplir únicamente con sus funciones asignadas sin un bien común y que aporten en la producción de la empresa (la razón de ser), por lo que se requiere utilizar y compartir la información generada, de manera que se obtenga detalle de la demanda de motores, de las horas hombre de cada área que requiere, conexión con bodega al verificar la cantidad de materia prima para abastecer, comunicación con compras para emitir los pedidos de abastecimiento y el área de producción para informar sobre el grado de avance de las reparaciones y las actividades.

Se evidencia mediante los diagramas CPM que las actividades tienen un tiempo de reparación bastante amplio con respecto al tiempo de ciclo de trabajo actual y el tiempo de ciclo requerido, considerando debido a la forma en que se realiza y la falta de actividades paralelas, esto por toma de decisiones y por órdenes de gerencia, lo que provoca que los motores se vean con una duración extensiva, pero es aceptado por el cliente.

No existe maquinaria que apoye las actividades de la ruta crítica, esto debido al temor y a la resistencia al cambio, lo que provoca que haya pérdida y extravío de herramientas, búsquedas y traslados innecesarios entre el área y la bodega, además de eso no poseen tecnología ni un sistema de información que permite el almacenamiento del progreso del proyecto, lo que ha provocado pérdidas de información y documentos, esto genera dependencia de la persona que estuvo trabajando por última vez y si esa persona faltara un día, no se sabe el seguimiento del proyecto.

Se determinó que la mayoría de las causas que afectan la problemática de Electro Motores son controlables según el análisis de causalidad, además, se debe tomar en cuenta que para reducir el 69% del tiempo de ciclo en las actividades según las áreas de la empresa, se requerirá controlar el 100% de ellas, esto debido a que el detalle del análisis se realizó en cada zona y se identificó causas similares entre las áreas, se reflejan aspectos como la falta de información, lentitud en los procesos, falta de materiales, entre otras, las cuales algunas tienen un impacto de más del 15% sobre la problemática actual, lo que significa que deben mitigarse para eliminar los atrasos y complicaciones para mejorar el tiempo de ciclo actual, pero no se puede dejar pasar por alto alguna.

Se evidencia que Electro Motores posee el suficiente personal para cumplir con la demanda, al poseer una capacidad teórica promedio de 362 horas, una capacidad necesaria de 317 horas y un promedio de 275 horas de capacidad real, de acuerdo con el análisis de capacidad elaborado por áreas, la falta de producción de horas hombre se debe a que existen departamentos que no poseen el mismo nivel de aprendizaje que los demás, lo que ha provocado atrasos, algunos de ellos son reprocesos, repetición de actividades, además debido al error humano, las actividades son muy lentas y generan pérdida de tiempo producido, lo que impacta en la capacidad real de las áreas de producción.

Según la capacidad teórica de cada área, se observa que es lo suficiente para cumplir con la demanda y entregarle al cliente su motor en un periodo más corto, ya que cada área tiene el personal y las horas suficientes para cumplir con la demanda de las horas requeridas para cumplir con las reparaciones, sin embargo, debido a sus tiempos muertos operativos, su deficiencia en la programación de la producción y la lentitud del proceso, no se está alcanzando la meta o el tiempo necesario, es decir, la capacidad real es insuficiente para cumplir con la demanda de horas, lo que está provocando atrasos, inconformidades y pago de horas extra para entregarle al cliente.

Se evidencia que las áreas de la empresa no poseen comunicación entre ellas, esto se nota ya que, según el sistema de programación actual, las áreas no son partícipes en la planeación y programación de la producción, los flujos de información no están alineados y los departamentos al realizar sus funciones únicamente, sin almacenamiento y distribución de información para cumplir con la razón de ser de la empresa y garantizar la satisfacción del cliente, pero al no haber esta relación, no hay una correcta programación y control de la producción.

En Electro Motores actualmente no se tienen claros cuáles son los flujos de información ni los tiempos de entrada y salida de la documentación e información, lo que ha impactado en la programación de la producción, ya que no hay modelo de pronósticos, no realizan la planeación agregada, no saben cuánto va a durar aproximadamente la reparación del motor, el personal que requieren, la asignación del personal, al no planear no se sabe cuánto y cuándo pedir para que los materiales estén disponibles, por lo que esto ha provocado tiempos muertos de operación y se ha reflejado en los costos y la producción como tal.

Recomendaciones

Se le recomienda a la empresa integrar sus departamentos administrativos, esto para mejorar los flujos de comunicación e información, de modo que cada parte coopere en conjunto para crear el SIPCP, esto para lograr un mejor servicio, una correcta planeación de la producción, ahorrar costos por tiempo extra y horas inoperativas pagadas.

Es importante tener un medio de comunicación rápido y de fácil acceso dentro de los departamentos de la organización, esto permite un vistazo y obtención rápida de la información, por lo que se recomienda un software que permita almacenar y distribuir la información a las partes interesadas en SIPCP.

Para el manejo y gestión del SIPCP se requiere un área especializada que planee, ejecute y controle la producción, por lo que se recomienda un departamento de planeación que se haga cargo de hacer funcionar el SIPCP, esto bajo la responsabilidad del ingeniero industrial y gerente de operaciones de Electro Motores Ltda.

Se le recomienda a la empresa crear un plan de capacitación de manera que el personal aprenda nuevos conceptos, procedimientos y mejoras del proceso que realiza (especialmente en el área eléctrica), esto para evitar mayores reprocesos y lentitudes del proceso por desconocimiento o inexperiencia en las actividades productivas.

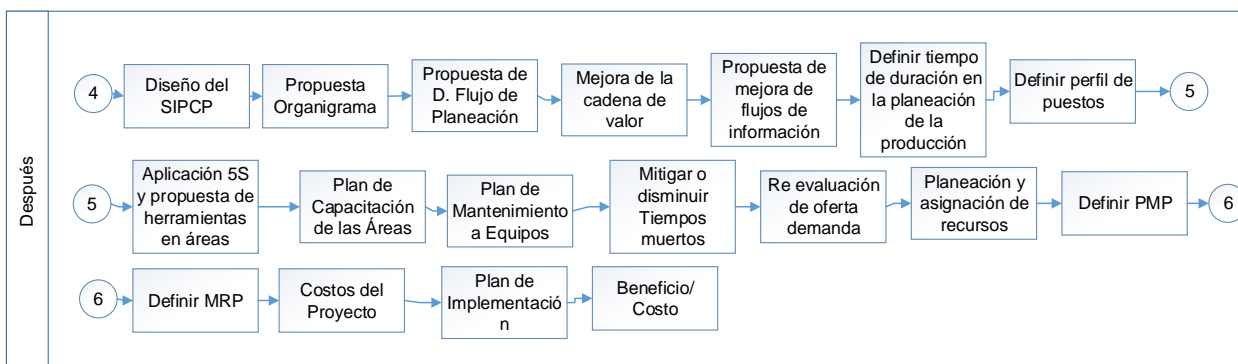
Se recomienda fijar en las áreas de producción las herramientas y equipo necesario, esto para evitar las constantes solicitudes a bodega, los paros del trabajo por la búsqueda de herramientas, pérdida de estas, por lo que es necesario aplicar una limpieza a bodega para desechar lo innecesario, asignar las herramientas a las áreas y colocarlas en una caja de herramientas para su fácil acceso.

La empresa necesita realizar una planeación estratégica y programación de la producción, de modo que se ejecuten las herramientas del SIPCP, tales como el PMP y el MRP, se realicen evaluaciones y mediciones para mantener un control sobre la producción, esto permitirá incrementar la productividad de la empresa y evitar atrasos o problemas inesperados.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

En el presente capítulo se elaboró la propuesta del proyecto, considerando los resultados del análisis y problemática de la situación actual, para darle solución al problema de Electro Motores. La estrategia que dio la comprensión, herramientas y fundamentos al diseño es la siguiente:

Figura 59. Mapa Conceptual de la Estrategia de Diseño



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

La Figura 59. Mapa Conceptual de la Estrategia de Diseño detalla los pasos a seguir para brindar una solución al problema del tiempo excesivo de duración de las actividades, que involucra los desperdicios, paros, falta de programación de las áreas y planeación de materiales, esta estrategia permite radicar y disminuir las causas.

Esta estrategia se relaciona con el antes y el durante, ya que, al observar la primera, se muestra que es donde surge la necesidad de la empresa, se detalla sus funciones, responsabilidades, su visión y misión y las generalidades de la investigación, con la etapa después se logra radicar el problema cuyo propósito es diseñar el SIPCP. Al compararlo con la etapa durante, se muestran las propuestas para eliminar y disminuir las causas implicadas que afectan la productividad, además, se definen las herramientas necesarias para elaborar el SIPCP, según cada etapa y su necesidad, aspectos como el plan maestro de producción y el MRP, son fundamentales en la resolución al problema.

Inicia con el diseño del sistema integrado de programación y control de la producción, el cual detalla qué se requiere y cómo debe operar todas las partes para que funcione correctamente el sistema, consecutivamente, se propone un área de planeación a cargo del departamento de operaciones, lo que requiere un cambio en el organigrama de la empresa, también se elaboró un diagrama de flujo de las funciones y actividades del gestor de dicho departamento para brindar una solución óptima al problema.

Con base en el diagrama de flujo, se detalla la propuesta para la mejora de la cadena de valor, agregándole las actividades de evaluación y programación de la producción, ambas herramientas permiten generar la propuesta del análisis estructurado, donde a su vez se plantean los nuevos flujos de información e involucramiento de las áreas, aplicando la recepción y emisión de los flujos de información, se propone el tiempo de ciclo de duración de las actividades para que las áreas estén comunicadas y así se rompa esa barrera que impedía una programación y planeación de la producción.

Se definió el perfil de puestos de todos los involucrados en el proceso desde su planeación hasta la reparación y entrega del motor al cliente. Es fundamental aplicar un método 5s en la bodega, ya que, según las causas del diagnóstico, existen búsquedas de herramientas, por lo que se propone realizar una clasificación, organización, limpieza, normalización y disciplina para acomodar las herramientas en cada área con la compra de cajas donde se tendrá a disposición el equipo en los puestos de trabajo.

Se propone un plan de capacitación y de mantenimiento, el primer es funcional ya que esto genera la movilización de los recursos, es decir, asignarle cualquier tarea a un operario independientemente de su área original, el segundo establece el estado de los equipos y se propone una fecha aproximada para mandar el equipo a mantenimiento o calibración y evitar atascos o problemas con la maquinaria.

Con las herramientas y propuestas anteriores, se logra mitigar o disminuir el impacto de los tiempos muertos operativos, esto se debe a que se requiere de un periodo de tiempo extenso mayor al horizonte de planeación para efectos del presente proyecto, por lo que en algunos casos se estima un porcentaje de reducción, lo anterior permite un incremento en la capacidad real por lo que evaluó de nuevo la relación oferta y demanda para comprobar que se disminuyó el tiempo de demora, una vez determinada la producción nueva de las áreas, se asignan los recursos de las áreas, ya que en caso de que algún punto sobre pase la capacidad teórica puede desplazarse un recurso para apoyar el proceso y lograr cumplir con las actividades en el tiempo especificado sin necesidad de pago de horas extra.

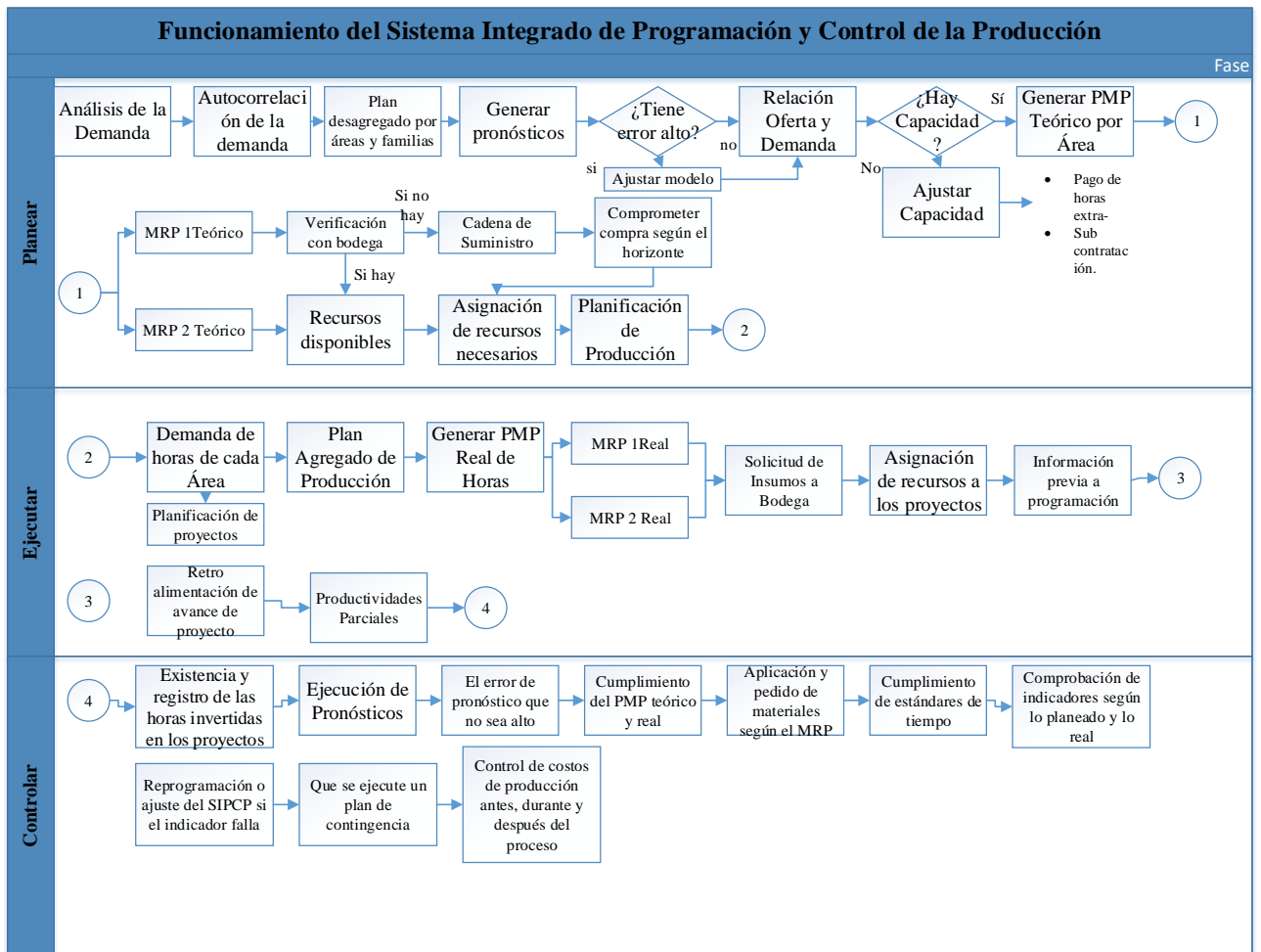
Se presentarán las propuestas del plan maestro de producción teóricos y los planes de requerimiento de materiales, según cada área de la producción y a nivel macro de la planta, esto es fundamental para determinar cuánto se debe producir y de acuerdo con la familia de motores sujeto al horizonte de planeación, cuáles, y cuántos materiales se requieren para completar la actividad, bajo el supuesto de que el pasado representa el futuro, se establecerán las compras en un periodo de 3 meses.

Para finalizar, se hará un resumen de los costos del proyecto actual que tendría que invertir la empresa y al establecer un plan de implementación del proyecto, se determinará la factibilidad del proyecto bajo un análisis económico al comparar el beneficio del proyecto, con los costos de este.

Propuesta del Funcionamiento del Sistema Integrado de Programación y Control de la Producción

Debido a la necesidad y la problemática comprobada en el análisis de la situación actual de la empresa, es necesario crear el orden y funcionamiento del sistema integrado de programación y control de la producción, este se visualiza mediante la construcción de un mapa conceptual, donde se desarrolla los pasos según cada etapa de la programación de la producción. A continuación, se presenta el mapa conceptual del SIPCP:

Figura 60. Mapa Conceptual del Funcionamiento del SIPCP



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la figura se muestra la propuesta por parte del analista para brindar solución al problema, se puede observar que se divide en tres etapas específicas para llevarse a cabo, correspondientes a la etapa de planear, ejecutar y controlar, por lo que a continuación se detalla el flujo, las funciones y como beneficia este a la empresa para resolver la problemática:

Planear

Esta etapa corresponde a la base del SIPCP, ya que es donde se planea la reparación de los motores de bajo voltaje, comenzando con la recopilación de la demanda de motores y las horas hombre de cada uno de los proyectos previos, seguidamente se clasifica según su familia y área, se debe realizar un análisis de auto correlación para determinar el modelo de pronósticos a utilizar, se realizan las proyecciones de la demanda de horas hombre y se establece el supuesto que los motores a recibir serán de la misma familia de los periodos anteriores.

En caso de que se tenga un error de pronóstico muy alto, se debe ajustar para trasladarlo a una relación oferta demanda, en el que se compararán la demanda de horas hombre, la capacidad instalada del área y la producción real, esto porque en el caso de que la demanda sea muy alta para la capacidad, se debe realizar un ajuste para satisfacerla.

Una vez concluido que cada área de la empresa cuenta con la capacidad para cumplir con la demanda, se establece en el presente proyecto un horizonte de planeación de 6 meses abarcando desde junio hasta diciembre del año actual, periodo en el que se define un plan maestro de producción teórico, este será generado de forma desagregada y agregada del departamento de producción, de este PMP teórico, saldrá la creación del plan de requerimiento de materiales (MRP), ya que según el supuesto que el pasado representa el futuro, se estimará la cantidad de materiales necesarios para las reparaciones según la demanda de motores pasada de cada periodo.

Se estimará cuáles son los recursos disponibles según el PMP y el flujo de las actividades de la red del proyecto, para determinar cuántas horas se debe producir, cuántos hombres están libres para llevar a cabo las actividades y esto conlleva la asignación de recursos, que es indicar quién o quienes hacen qué para cumplir con el tiempo de ciclo mejorado en tiempo real.

Ejecutar

En este segmento se debe elaborar todo lo planeado para programar la producción y que el sistema funcione eficientemente, para ello, se tomará la demanda real de horas hombre para programar la producción de una manera más acertada y ajustada a la realidad, considerando el error de pronóstico como posible desviación de horas que se deben ajustar.

Consecutivamente se debe crear el plan agregado de producción que se refiere a la planificación de las horas de cada área y uno en general para producción, este se genera con base en la demanda y la estimación de los recursos necesarios para satisfacerla, los costos de mano de obra, contratación, entre otros, también es de utilidad para planificar y asignar los recursos de modo que se balancee el flujo y se pueda cumplir con la demanda.

El plan maestro de producción sale del plan agregado, el cual indicará cuántas horas se trabajará a nivel micro y macro, una vez balanceado el flujo y determinado que se cumplirá con las horas requeridas de trabajo en el menor tiempo posible y dentro de lo que permite el área de producción, sin necesidad de pagos extraordinarios para sacar el proyecto. Al igual que en la etapa de planear, se creará el MRP real, que al tomar los tipos de motores que llegarán a la empresa por una de las reparaciones que brinda la empresa, según el historial de la demanda, se revisará en bodega la existencia de material y de acuerdo con el faltante, el tiempo de respuesta del proveedor y el lapso en que llega el material, se determinará la fecha para generar la orden de compra, de modo que estén habilitados en las áreas antes de que lo requieran.

Al completar estas acciones, se asignan los recursos según el plan agregado y el PMP, es decir, se hace repartición de tareas y responsabilidades según la necesidad de las actividades y la demanda de horas hombre, esto permite un control en las actividades y un balance de flujo para cumplir en un menor tiempo la duración del proyecto, posteriormente, se debe establecer un periodo de evaluación donde se recopilará el progreso y los resultados de las actividades y del proyecto en general, para determinar y medir si está cumpliendo de acuerdo con la planificación y en caso contrario, cuál es la variación de lo real a lo teórico, lo que conlleva a un análisis de productividad donde se hace la comparación según cada insumo aplicado.

Controlar

En esta etapa es donde se evalúa y se asegura que no haya problemas o bien, desviaciones muy grandes de las etapas previas, de manera que es fundamental controlar el SIPCP y para ello se requiere la utilización de indicadores, evaluaciones y medición del logro de los objetivos. Por lo que se debe garantizar que el flujo de información fluya correctamente y se esté almacenando toda la información requerida para mejorar y utilizar el sistema de programación, por lo que se requiere el constante almacenamiento de la información de la demanda, en cuanto a las horas hombre y los motores atendidos.

Se debe confirmar que se elaboró correctamente el pronóstico de la demanda, utilizando la información actualizada y el análisis de auto correlación, es importante verificar y ajustar (si lo requiere la situación) que el error de pronóstico no sea alto, refiérase a más de un 30%, lo que representaría una variabilidad en los datos obtenidos, por lo que es importante asegurarse que sea un porcentaje aceptable para la empresa.

Debe cumplirse la construcción, del PMP y MRP, para que se pueda programar eficientemente la producción, por lo que el gestor debe hacerse responsable de verificar que se estén aplicando correctamente y en el tiempo adecuado, debe aclararse que también se requiere comprobación de los datos generados por el MRP, sujeto a que este indicará cuándo y cuánto pedir, por lo que debe verificarse su inspección y cumplimiento.

Como parte fundamental de la investigación, el SIPCP requiere seguimiento y mejora continua, por lo que cada vez que se realice el corte de evaluación del proyecto, debe comprobarse la variación entre los indicadores planeados según la planeación y los resultados obtenidos hasta el momento, esto en caso de que se deba realizar ajustes o exista un aumento dentro de la demanda de horas hombre.

En caso de que la empresa reciba un motor y sea clasificado en las familias, pero dentro del proceso presenta mayores problemas e inconvenientes, se recomienda una atención inmediata, contacto con el cliente sobre la situación y ejecutar un plan de contingencia, de manera que se re programe el sistema para atender esa necesidad, por lo que se considera dentro de la etapa de controlar, pero para efectos de la investigación, se trabajará con la información previamente establecida y siguiendo el supuesto de que la demanda fijada en los pronósticos no requerirá ninguna variación de esta índole, para efectos del desarrollo de herramientas dentro del presente proyecto.

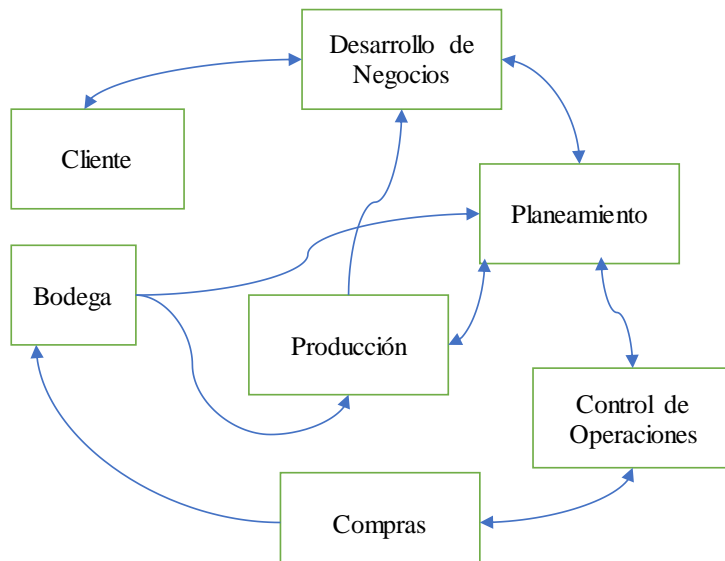
Propuesta en la Integración de las Áreas

Al considerar el sistema de programación actual y los flujos de información se observa que una de las deficiencias que impactan en la problemática de Electro Motores es la falta de interacción entre las áreas, los flujos de información inadecuados y el tiempo de respuesta y envío de información de cada una, además de la falta de un software que permita realizar esta gestión, por lo que al incluir el departamento de planeación, se debe mejorar los flujos de modo que la información sea oportuna para planear, ejecutar y controlar efectivamente, de modo que se creó una mejora del análisis estructurado, los flujos de información y se determinó el tiempo requerido por el sistema para que funcione:

Análisis Estructurado

Con esta herramienta, se propone eliminar las barreras entre las áreas, de manera que estén interconectadas y sean partícipes en la programación de la producción, para que este se adapte al SIPCP y además permita eliminar errores y deficiencias mostradas en el diagnóstico se muestra a continuación el nivel 0 de la comunicación propuesta de las áreas:

Figura 61. Nivel 0 del Análisis Estructurado



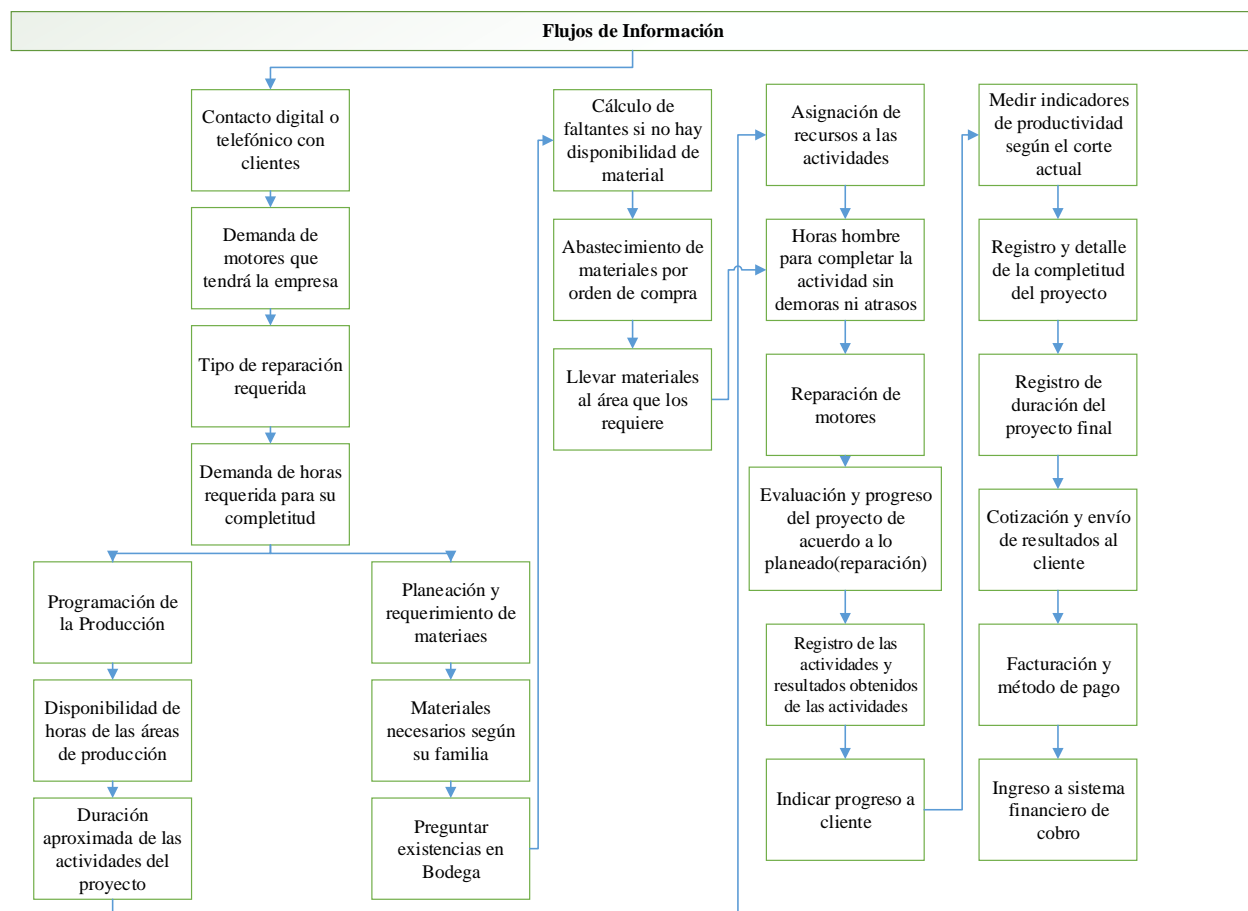
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la Figura 61. Nivel 0 del Análisis Estructurado, se muestran las áreas involucradas en la planificación de la producción. Debido a la política empresarial, el cliente solo puede comunicarse con desarrollo de negocios, ya que es el área encargada de contactar y negociar con ellos, sin embargo, se puede apreciar que las demás poseen entradas y salidas unas con otras, esto permite un mejor flujo de información para determinar las necesidades de los departamentos y qué información se requiere trasladar a los demás. Mediante esta figura, se mostrará la mejora de los flujos de información.

Flujos de Información

Debido a la deficiencia en el sistema de programación actual y los flujos de información que tiene la empresa actualmente, fue necesario elaborar una propuesta que radique estos aspectos, por motivo de que se encuentran relacionados con las causas principales de la problemática, asimismo, disminuirá los tiempos muertos operativos por pérdida de información, por falta de materiales, entre otros, de modo que se planea según la información oportuna y requerida por planeamiento para programar la producción, por lo que a continuación se muestra el flujo de información mejorado del análisis estructurado:

Figura 62. Propuesta de Flujos de Información



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En esta propuesta, el objetivo es integrar las áreas mediante el correcto flujo de información el cual comienza con un contacto con el cliente y sus exigencias, información que brinda desarrollo de negocios, planeamiento se encargará de determinar la demanda de motores y el tipo de reparación según la demanda, se establece cuál es la cantidad de horas hombre para cumplir con el proyecto en un tiempo normal.

Una vez determinadas las horas hombre, se crean dos divisiones donde se muestra la programación de la producción y la planeación y requerimiento de materiales, en el primero se establece la comparación de capacidad y al cumplirla, cuánto se demorará el proyecto, por otra parte, según el tipo de motor que llegará a reparar, así se definirán los materiales necesarios donde se involucrará a bodega para confirmar existencias en inventario, en caso de faltantes se estimará cuánto se requiere comprar y cuándo se requieren para enviar información a compras que genere la orden y en programación se hará la asignación de recursos a la orden de trabajo o al motor atendido.

Se balanceará el flujo según planeamiento y control de operaciones para movilizar al personal para que se pueda atender las horas hombre sin atrasos ni demoras, aquí es donde planeamiento se comunicará con producción, ya que este deberá subir al sistema en el corte establecido de evaluación, las horas laboradas, la duración de las actividades, los resultados del proyecto y esto permitirá una interacción con control de operaciones, sujeto a que los indicadores se vayan cumpliendo y no existe mucha variabilidad entre los resultados y en caso contrario se requerirá una reprogramación por parte de planeamiento. Producción deberá registrar los resultados conforme vaya trasladándose el motor por las áreas para evitar la pérdida de información y, además, será funcional para la constante mejora del SIPCP.

Tiempos requeridos de la información

Es fundamental para la propuesta establecer el tiempo de ciclo de realizar una actividad y enviarla al siguiente departamento que lo requiere, en este caso, se elaboró para determinar cuánto se debe durar para que los flujos de información se emitan y reciban de modo que esté disponible y confiable para la programación y control de la producción, por lo que se mostrará a continuación la tabla 66 con los tiempos propuestos:

Tabla 66. Propuesta del Tiempo de Ciclo de la Información

		Manual	Sistema	Flujo de información	Días propuestos	Medio de control de mejora
Semana 1						
Obtención y análisis de resultados de demanda previa	Planeamiento		X	Entra y sale	1	Pronósticos
Autocorrelación de la demanda	Planeamiento		X	Entra y sale	1	SI
Elaborar pronósticos de los motores y horas hombre de cada área y familia	Planeamiento		X	Entra	1	SI
Ajustar pronósticos en caso que sea necesario	Planeamiento		X	Entra y sale	2	SI
Semana 2						
Análisis de capacidad según demanda y áreas de la empresa	Planeamiento		X	Entra y sale	1	Base de datos
Planificación de las horas hombre y asignación de recursos	Planeamiento		X	Entra	2	Hoja de control y base de datos
Estimación de movilidad de recursos	Planeamiento	X		Entra y Sale	2	Hoja de asignación según demanda
Semana 3						
Elaborar MPS teórico de las horas a producir	Planeamiento		X	Sale	1	SIPCP
Elaborar MRP I y MRP II de acuerdo a las familias requeridas	Planeamiento		X	Sale	1	SIPCP
Establecer corte de evaluación del proyecto			X	Entra y sale	1	SI
Comprobar informe de existencia de MP en Bodega	Bodega	X	X	Entra y sale	1	SI
Semana 4						
Gestión de la cadena de suministros	Planeamiento		X	Entra y sale	2	SI
Detalle de cuánto se necesita para los próximos 6 meses	Planeamiento		X	Entra y sale	1	MRP y JIT
Generar orden de compra previo a 22 días del pronóstico	Planeamiento		X	Entra y sale	1	MRP y JIT
Aprobación y encargo de los materiales requeridos	Compras	X	X	Sale	1	SI
Semana 5						
Definir personal a cargo de la actividad	Ingeniería		X	Entra y sale	2	Hoja de asignación según demanda
Proceso productivo de las reparaciones	Producción		X	Entra y sale	N/A	SI
Establecer el registro y actualización de las actividades	Producción	X		Sale	0.5	SI
Elaborar plan de contingencia ante una situación inesperada	Planeamiento	X		Entra	2	Hoja de control y SI

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la tabla, se muestran las actividades de acuerdo con el análisis estructurado y los flujos de información, donde se establece la actividad que se realizará, el área encargada, si se realiza manual o por el sistema, el flujo de información, entiéndase como la comunicación entre las áreas, los tiempos por días propuestos y el medio de control, este último posee un acrónimo representado por “SI” el cual significa sistema de información, que será ejemplificado más adelante.

La propuesta de este tiempo tiene dos objetivos primordiales, en primer lugar, este análisis permite garantizar los flujos de información y comunicación entre las áreas y con el tiempo de duración estimado, permite un medio de control para no sobre pasarse y ejecutar el SIPCP sin atrasos o problemas.

En segundo, esto permite eliminar tiempos muertos operativos que son frecuentes en la producción, tales como la falta de materiales, la pérdida de información, sin embargo, se establece el supuesto que, para el horizonte de planeación de desarrollo de este proyecto, la falta de materiales se verá disminuida en un 80%, mientras se adapta el SIPCP y el sistema informático que lo respalde.

Software propuesto para Integrar las Áreas

Para simplificar las relaciones entre las áreas se propone implementar un módulo que contenga aplicaciones o enlaces que alimenten un sistema y distribuya la información, además, que permita simplificar los cálculos y subirlos a la nube donde se hará llegar al área interesada, por tal motivo se propone un sistema informático para empresas PYMES, llamado Oodo, el cual incluye las siguientes características:

Ventas.

- Ventas
- CRM

Financieras.

- Contabilidad
- Facturación

Operaciones.

- Inventario
- Hojas de Horas

- Proyecto
- Compra

Fabricación.

- PLM
- MRP
- Calidad

Comunicación.

- Chat
- Firma Electrónica

Requisitos.

- Windows 7 en adelante/MacOS/ Linux
- 1 GB de Almacenamiento
- Acceso a Internet

Es importante destacar que cada aplicación del sistema fue seleccionada con el enfoque al SIPCP, por lo que cada aplicación permite un mejor desempeño, manejo, almacenamiento y distribución de la información y debido a su ingreso reciente al mercado, posee beneficios a las empresas, tales como descuentos, promociones, entre otros.

El “software” es un medio para mejorar los flujos de información y comunicación de las áreas, en el Anexo.24 se muestran imágenes de ejemplo de algunas de sus funciones, con este “software” se logra desarrollar herramientas de manera sencilla, dentro de ellas se encuentran el PMP y el MRP, además, en el caso del MRP, muestra el inventario de materia prima y si se requiere abastecimiento, el gestor puede emitir la cantidad necesitada y notifica a compras que realice la orden de compra, la cual puede llevarse a cabo en el mismo sistema.

Para el área de producción posee una herramienta donde el jefe o el encargado puede registrar el tiempo de duración de las actividades, así mismo, puede ingresar las horas hombre invertidas en las actividades, registro que utiliza ventas para cotizar el pago de planilla y costo de la reparación, además el gestor la utiliza como demanda para generar los pronósticos y continuar con el ciclo del SIPCP (planear, ejecutar y controlar).

Al área de bodega también se le facilitaría el control de los productos y cantidades de materia prima, ya que cuando se registra una entrada o salida de productos de bodega, el “software” descuenta y actualiza las existencias, datos que se muestran en el MRP, además, los usuarios tienen facilidad de comunicarse entre ellos para notificar o validar información, mediante un chat electrónico, como alternativa para asegurar la recepción oportuna.

Como parte de los requisitos, todas las áreas de la empresa cuentan con computadoras del catálogo 2014 en adelante con Windows 10 instalado, además, posee almacenamiento de 16GB de memoria interna y 4GB de RAM, por lo que las computadoras de la empresa son aptas para la instalación de este software.

A continuación, se presenta el costo por el sistema:

Tabla 67. Costos del Software

Descripción	Costo	Periodo
Implementación	₡ 2,000,000.00	-
Mantenimiento	₡ 25,000.00	Mensual
Derecho de Aplicaciones	₡ 30,000.00	Mensual
Capacitación	₡ -	Gratuito

Nota: Odoo, 2018.

La tabla anterior, muestra los costos involucrados en la aplicación, donde se adquiere un costo de 2 millones de colones por la implementación, un mantenimiento con un costo mensual de 25000 colones y la empresa cobra 30 000 colones por los derechos de uso de la aplicación, costos que se deben utilizar para el análisis económico del proyecto.

Propuesta de Cadena de Valor

Debido a la integración del nuevo sistema y de las actividades a realizar, se ha planteado y agregado cambios a la cadena de valor actual, donde se muestran actividades que serán de importancia dentro del sistema productivo y que agregarán valor para solucionar el problema actual, al igual que con en el análisis de la situación actual se realizó esta herramienta en antes, durante y después. A continuación, se muestra la cadena de valor propuesta de la reparación de motores:

Etapa Antes

En esta etapa, se considera que las actividades de planeación y programación de la producción permiten que se añada valor a la cadena, de modo que se determinan indicadores de control, requerimientos y permite una mejor gestión de qué es lo que se va a producir, o en este caso, qué es lo que se va a reparar, por lo que se brindó una propuesta de mejora al proceso actual de las actividades que aportan valor.

Etapa Durante

Al igual que en la cadena de valor original, la propuesta se realizó con respecto a cada reparación que brinda la empresa. Se añadió aspectos de evaluación y se hizo un cambio en ciertos indicadores para determinar su cálculo y análisis, las actividades actuales se consideran que añaden valor al proceso actual, ya que son de calidad y cumplen con las especificaciones del cliente, pero con esta propuesta se logra disminuir el tiempo de ciclo y cumplir con la duración del proyecto en un tiempo óptimo.

Etapa Después

Una vez finalizado la reparación principal del motor, se propone un cambio antes de hacerle entrega al cliente, donde se registran los datos y resultados de los motores, los tiempos de las actividades, el tiempo de duración final (en días) de la reparación total del motor y se actualizan de forma que se puedan tomar como demanda pasada, además, se propone un envío de confirmación y facturación al cliente, con el detalle de los costos por los recursos aplicados, se propone un cambio en los indicadores para llevar control y medir el grado de cumplimiento.

A continuación, se muestra la cadena de valor antes, durante y después:

Tabla 68. Propuesta de Cadena de Valor Antes de la Reparación de un Motor

Cadena de Valor del proceso antes de la reparación de un motor							
Etapa Antes del Proceso							
Procesos operativos	Planeación de demanda de horas hombre según motor	Análisis de capacidad de las Áreas	Recursos necesarios para producir	Pedido de materiales	Recepción del motor	Desarmado e inspección	Pruebas iniciales del motor
Componentes	Históricos de la demanda	Horas de producción teóricas y horas de producción real	Pronósticos de demanda	Materiales para completar la reparación sin atrasos	Motor embalado en mal estado	Carcasa del motor, partes internas	Estator y rotor
Proveedores o participantes	D. Negocios/Producción	Producción	Producción	Compras	Cliente	Almacenaje del motor	Área mecánica
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Clientes internos	Planeación	Planeación	Planeación	Producción	Área logística	Área mecánica	Área Eléctrica
Requerimientos del cliente	Información disponible de los históricos	Horas de producción actuales y teóricas	Asignación de recursos para satisfacer la demanda y el tiempo de ciclo	Materiales necesarios de acuerdo a su familia para evitar paros	Servicio de atención y recibo de motor	No exista pérdida de partes y correcta inspección mecánica	Equipo y herramientas calibrados para sus pruebas eléctricas
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Información oportuna, confiable y real	Horas de producción para cumplir con el tiempo de ciclo de la actividad	Horas por área y hombre para asignación de tareas del proyecto	Materiales según la reparación, ya sea para mantenimiento o rebobinado	Motor embalado, fácil para el transporte	Estado actual del motor	Estado actual del motor
Indicadores de capacidad del proceso	<u>Demanda planeada</u>	<u>Horas de producción reales</u>	<u>Horas hombre requeridas para el proyecto</u>	<u>Tiempo de respuesta de llegada de materiales</u>	Tiempo de recepción	Tiempo del proceso	Tiempo del proceso

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 69. Propuesta de Cadena de Valor Durante el Rebobinado de un Motor

Cadena de Valor del proceso durante el rebobinado de un motor							
Etapa Durante del Proceso							
Procesos operativos	Prueba de núcleo	Extracción de Rebobinado	Evaluación del estado del proyecto	Preparar plan de contingencia	Rebobinado del motor	Balanceo de motor	Limpieza del motor
Componentes	Núcleo del motor	Estator/rotor	Resultados y progreso del proyecto	Reprogramación y mejora del sistema	Estator/Rotor	Estator/rotor	Carcasa
Proveedores o participantes	Área Mecánica	Área Mecánica	Área Eléctrica	Planeación	Extracción de rebobinado	Rebobinado del motor	Rebobinado del motor
Cientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cientes internos	Área Eléctrica	Área Eléctrica	Planeamiento	Todas las áreas	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado
Requerimientos del cliente	Núcleo funcionando para su rebobinado	Herramientas para extracción de cobre quemado	Informes, resultados, tiempos de duración de las actividades y de la demanda.	Con base en la evaluación si hay mucha desviación estándar se deben realizar ajustes que se apliquen a lo real	Cable de cobre 16mm, proceso de calidad y bien colocado	Herramientas y equipos necesarios y funcionando, personal disponible.	Bobinado realizado, piezas del motor listas.
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Acceso al núcleo para las pruebas necesarias con equipo adecuado	Fallo eléctrico y mal funcionamiento del motor por bobina quemada	Informe electrónico con el grado de avance del proyecto para la evaluación según el plan	Especificaciones de escenario "What if" conforme a los resultados obtenidos al corte	Existencia de cable y materiales	Equipo y área disponibles	Partes listas para su limpieza
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de duración de la actividad	Tiempo de extracción	<u>Tiempo estimado vs Tiempo real</u>	<u>Tiempo estimado vs tiempo real</u>	Tiempo de rebobinado	Tiempo de duración	Tiempo de limpieza

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 70. Propuesta de Cadena de Valor durante el Mantenimiento de un Motor

Cadena de Valor del proceso durante el mantenimiento de un motor							
Etapa Durante del Proceso							
Procesos operativos	Prueba de núcleo	Alineamiento de bobinado	Evaluación del estado del proyecto	Preparar plan de contingencia	Limpieza de bobinado	Balaceo de motor	Limpieza del motor
Componentes	Núcleo del motor	Estator/Rotor	Resultados y progreso del proyecto	Reprogramación y mejora del sistema	Estator/Rotor	Estator/rotor	Carcasa
Proveedores o participantes	Área Mecánica	Prueba de núcleo	Área Eléctrica	Planeación	Alineamiento del bobinado	Limpieza de bobinado	Limpieza de bobinado
Cientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cientes internos	Área Eléctrica	Área Eléctrica	Planeamiento	Todas las áreas	Área Eléctrica	Área de Precisión	Área de Acabado
Requerimientos del cliente	Núcleo funcionando para su mantenimiento	Fijar y alinear las bobinas actuales para el procedimiento correcto de limpieza	Informes, resultados, tiempos de duración de las actividades y de la demanda.	Con base en la evaluación si hay mucha desviación estándar se deben realizar ajustes que se apliquen a lo real	Herramientas en línea, así como los materiales para limpieza del motor	Herramientas y equipo necesarios y funcionando, personal disponible.	Mantenimiento del bobinado finalizado y partes mecánicas listas en línea
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Acceso al núcleo para las pruebas necesarias con equipo adecuado	Espacio y alineamiento de las bobinas para la aplicación de productos	Informe electrónico con el grado de avance del proyecto para la evaluación según el plan	Especificaciones de escenario "What if" conforme a los resultados obtenidos al corte	Materiales de limpieza disponibles	Equipo y área disponibles	Materiales y personal de limpieza disponibles
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de duración de la actividad	Tiempo de Alineamiento	<u>Tiempo estimado vs Tiempo real</u>	<u>Tiempo estimado vs tiempo real</u>	Tiempo de limpieza de bobinado	Tiempo de duración	Tiempo de limpieza del motor

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 71. Propuesta de Cadena de Valor Después de la Reparación de un Motor

Cadena de Valor del proceso después del rebobinado de un motor							
Etapa Después del Proceso							
Procesos operativos	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones	Generar informe y análisis de resultados	Facturación y envío al cliente	Embalado de motor
Componentes	Carcasa y estator/rotor	Carcasa y estator/rotor	Carcasa y estator/rotor	Motor completo	Resultados del proyecto	Cotización	Motor completo
Proveedores o participantes	Área de acabado	Pintado motor	Barnizado de motor	Ensamble de motor en su totalidad	Área Mecánica	Finanzas	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones
Clientes externos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Dueño de motor	Dueño del motor
Clientes internos	Área de acabado	Área de acabado	Área Mecánica	Área Mecánica	Planeamiento/ D. de Negocios	No aplica	Área Logística
Requerimientos del cliente	Partes del motor en área	Partes del motor pintadas	Partes del motor barnizadas en área	Motor armado, equipo de pruebas en área	Detalle de los resultados del proyecto, parte técnica, duración del proyecto	Detalle de lo que se utilizó para la reparación del motor	Papel adhesivo disponible
Variables y atributos (Propiedad del producto)	Motor limpio y pintura disponible	Motor pintado, barniz disponible	Partes del motor en área, disponibilidad de personal y herramientas	Equipo disponible	Detalle e informe de todo el proyecto, según actividades y conclusiones de finalización	Cotización de monto exacto, facturación y método de pago	Papel adhesivo disponible
Indicadores de capacidad del proceso	Tiempo de pintado	Tiempo de barnizado	Tiempo de ensamble	Tiempo de duración	<u>Tiempo estimado vs tiempo real</u>	<u>Ventas/ costos y Cot. Inicial vs Cot. Final</u>	Tiempo de embalado

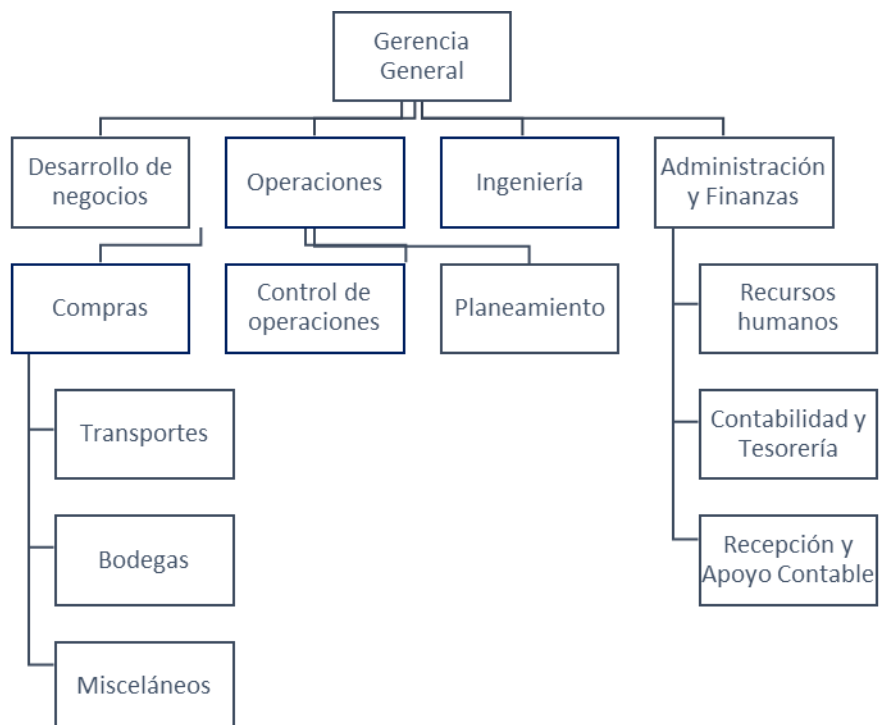
Nota: Brayán Alvarado, 2018.

En la cadena de valor, se muestran columnas con líneas rojas, esto indica que es la actividad nueva que aportará valor al proceso para mejorarlo y controlarlo, con esta cadena se logra identificar las actividades requeridas para mejorar el proceso y establecer el SIPCP, con ello se logra aportarle al cliente un plus, por motivos de que las actividades están supervisadas y se entregará en un tiempo adecuado y comprometido.

Propuesta de Mejora en la Estructura Organizacional

Para poder desarrollar la propuesta y que el sistema funcione correctamente, se requiere añadir un nuevo departamento, el cual se le asignará al ingeniero industrial de la empresa, como parte de sus funciones, de modo que se creó un nuevo modelo de organigrama con el área de planeamiento propuesto. A continuación, se muestra la propuesta de organigrama:

Figura 63. Propuesta de Mejora de Estructura Organizacional



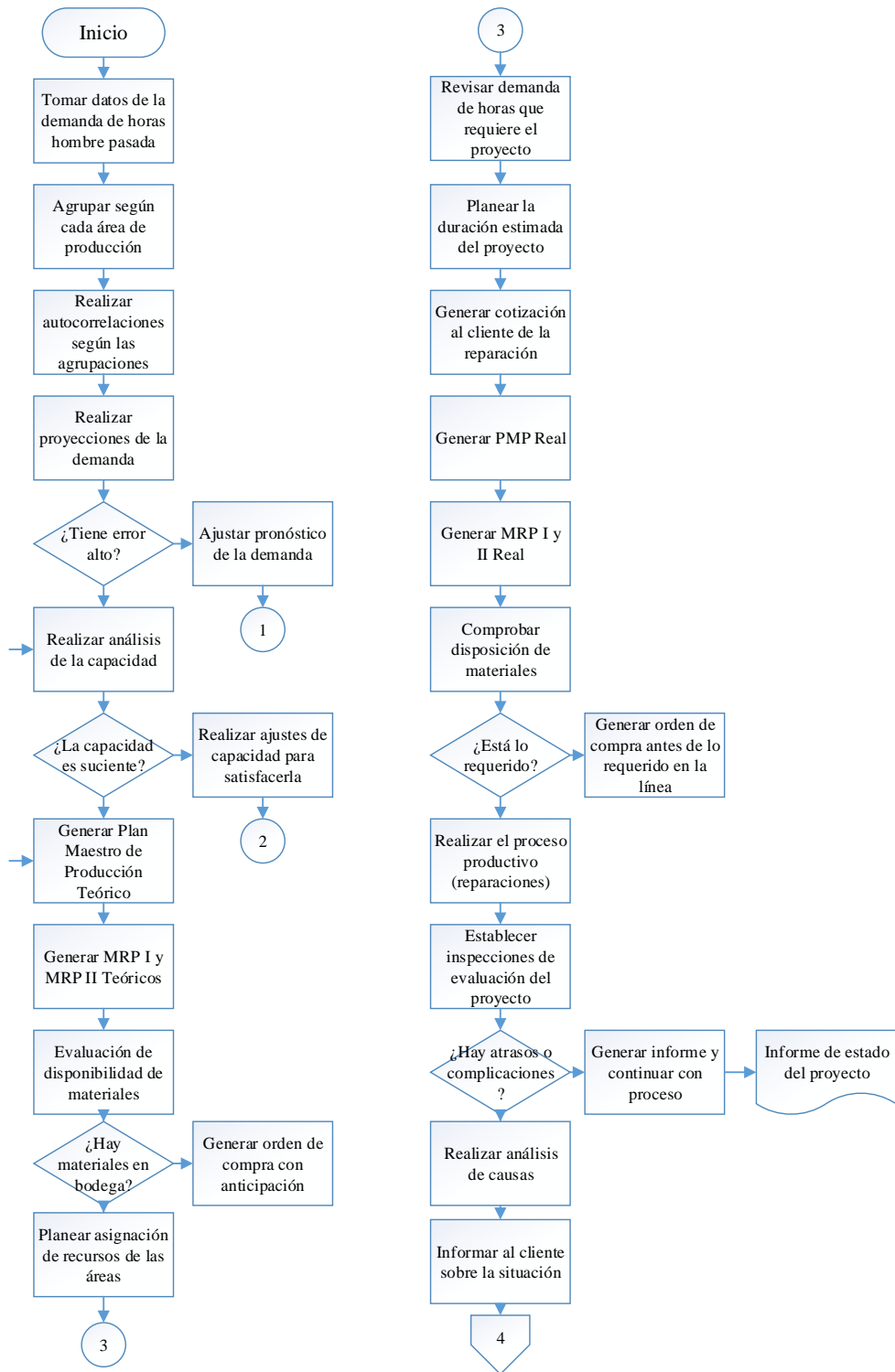
Nota: Brayan Alvarado, 2018.

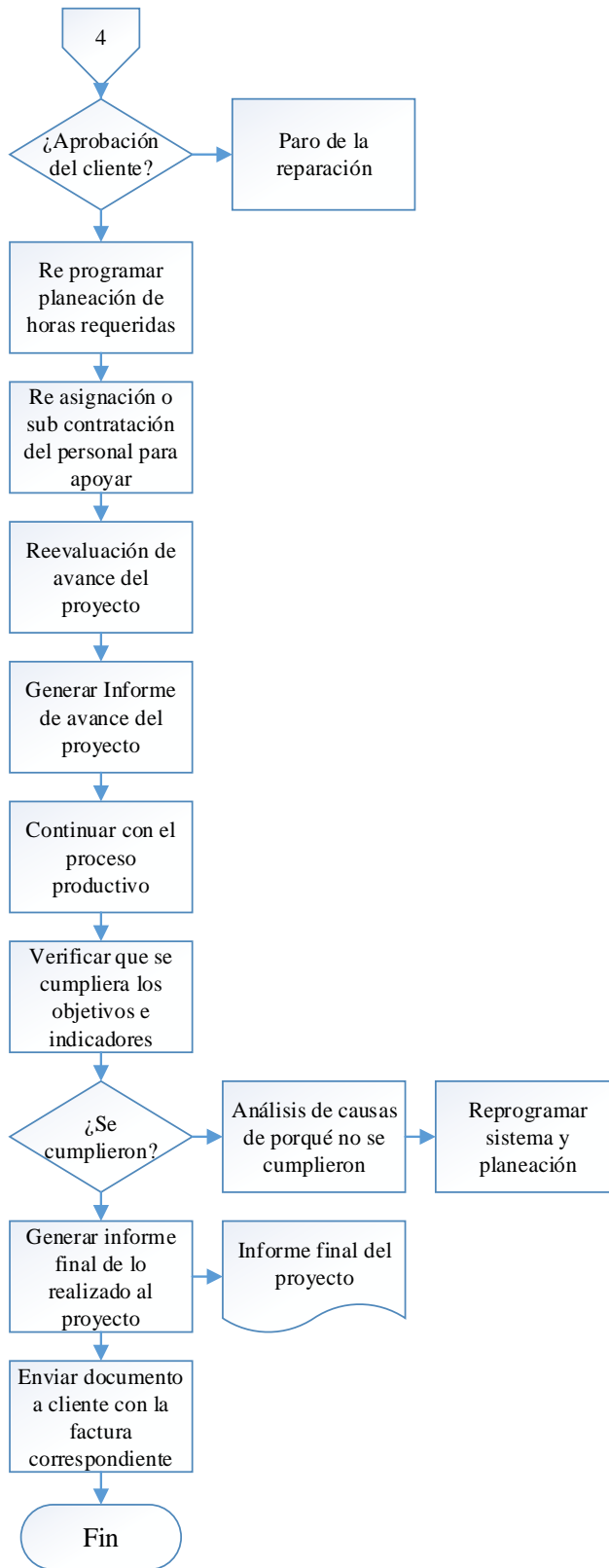
En la figura se anterior, se muestra la propuesta del organigrama, donde se incluye el departamento de planeamiento abajo del de operaciones ya que este es el área encargado del ingeniero industrial de la empresa. Es importante mencionar que, en esta propuesta, todas las áreas deben verse involucradas y partícipes para el correcto funcionamiento del SIPCP.

Actividades del Nuevo Departamento

Para hacer funcionar el SIPCP, se propone un área de planeamiento que se encargue de planear, ejecutar y controlar la producción, por lo que es importante definir la logística de que realizará este, para ello se propone un diagrama de flujo que permita guiar al encargado para poder llevar a cabo de manera correctamente la programación y control de la producción:

Figura 64. Diagrama de Flujo del Departamento de Planeamiento





Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la figura se describe el flujo de las actividades que debe realizar el ingeniero a cargo de planeación en todas las etapas del SIPCP, para que se garantice su efectividad y así se pueda eliminar la problemática en la empresa. El flujo comienza con el análisis de la demanda, su comportamiento, su relación con la capacidad instalada y la real, seguidamente, debe comprobar que todo se ajuste de acuerdo con los objetivos y mantener un margen de error lo más bajo y aceptable posible.

El encargado deberá ejecutar las herramientas para la planeación agregada teórica de la producción, que se refieren a la etapa de planear del sistema, se debe involucrar a las demás áreas y obtener una respuesta pronta a lo solicitado, esto para efectos de la comunicación entre bodega, planeamiento y compras, ya que, en caso de inexistencia de material, se debe incorporar la logística de la cadena de suministro.

Posteriormente, se ejecutará el plan, de modo que se estime la demanda de horas según los motores lo más cercano posible a la realidad, conforme a los históricos y el tiempo de ciclo de las actividades se podrá estimar cuál es la duración del proyecto, las cantidades de horas demandadas de trabajo, e incluyendo cada insumo, se podrá brindar una cotización estimada al cliente, se realizará el plan agregado, el plan maestro de producción y el MRP de acuerdo con lo planeado previamente se estimará cuando y cuanto producir y pedir según el horizonte de planeación previsto, para dar lugar al proceso productivo de la empresa, donde comienza el control y evaluación del proyecto, según los indicadores propuestos para evitar alguna anomalía o desviación.

Parte de las actividades del gestor para controlar el sistema, será establecer periodos de inspección y evaluación, se recomienda que se hagan cuando se traslada el motor de un área a otra, sin embargo, se pueden realizar a gusto del encargado, como se mencionó en la explicación del SIPCP, se establece un medio de control en caso de que suceda algún incidente o surja un inconveniente, el cual será informarle al cliente de la situación, preguntarle si desea invertir más o no y en caso de una aprobación se reprograma el sistema, sino, se detiene el proceso.

Es importante aclarar que en el supuesto de que se llegarán motores de acuerdo con sus reparaciones únicamente, el ingeniero debe obtener retro alimentación e informes de los avances para medir la productividad y comparar los indicadores, una vez completado, debe comparar los resultados obtenidos y los planeados, para comprobar si se logró el objetivo, si fue inferior o mayor, si no se cumplieron, debe realizarse un análisis de causalidad y ajustarlo al sistema, sino, se genera informe y detalle final del proyecto, se cotiza y se espera por la llegada del cliente para entregarle su motor reparado.

Propuesta en Recurso Humano

El recurso humano es el activo más importante que tiene Electro Motores, ya que su producción, al referirse a reparaciones de motores, los trabajos son manuales y requieren coordinación, trabajo en equipo, concentración y mano de obra calificada, por lo que es evidente que se debe valorar y aprovechar su capacidad, por motivo de que la planeación y la demanda de la empresa se refiere a las horas hombre y como se encontró en el análisis de mudas y causalidad, existen reprocesos, deficiencias, que se relacionan directamente con este, por lo que a continuación se presenta los planes para mejorar el recurso humano.

Plan de capacitación

Con el plan de capacitación, se pretende mitigar los tiempos muertos operativos involucrados en la producción, por reprocesos, porque hay personal en el área que desconoce el método, además, pretende mejorar el área de producción al capacitar a todos los operarios de manera que se pueda asignar a cualquiera a realizar la actividad y en dado caso, soportarla para lograr cumplirla.

Para efectos del proyecto, en el periodo que abarca el horizonte de planeación, los operarios mejorarán hasta un 50% su rendimiento y conocimiento sobre las actividades, dado que se requiere práctica y tiempo para lograr adaptarse por completo, por lo que se supondrá que se disminuirá el error por mano de obra hasta un 50% en el periodo de 6 meses de junio a diciembre y de igual forma se considerará para disminuir el tiempo de ciclo actual de las actividades.

A continuación, se presenta el plan de capacitación del personal:

Tabla 72. Plan de Capacitación del Personal

Plan de Capacitación	Duración	Horas Req.	Costo Estimado	Cant. de Participantes
Aplicación y análisis de pruebas eléctricas	7 sesiones	4	₡ 30,000.00	8
Metodología y tecnicismo de rebobinado y mantenimiento de motores	12 sesiones	4	₡ 35,000.00	10
Tecnisismo en mecánica básica (Desarme, inspección y ensamble)	8 sesiones	3	₡ 23,100.00	7
Aplicación adecuada de enderezado y pintura	4 sesiones	3	₡ 17,350.00	11

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Con las capacitaciones se logra instruir a los operarios de manera que todos sepan hacer de todo, esto permite flexibilidad en el proceso, ya que si una actividad se atrasa o el operario asignado no se presenta a trabajar, otro puede suplirlo y realizarla, considerando que tiene el mismo conocimiento y método de trabajo, el logro se evalúa al comparar el tiempo de las actividades previas con el nuevo proceso, esto se comprueba al observar que se disminuye el tiempo de ciclo y logran sacar motores en un periodo más corto.

Perfil de puestos

Gestor de planeación.

Para planificar la demanda de horas hombre y cargas de trabajo de las áreas, establecer las herramientas que permitan una anticipación al pedido de materiales y requerimiento de trabajo.

Formación.

Bachillerato de Ingeniería Industrial.

Experiencia.

Al menos 5 años trabajando con planificación de producción.

Conocimiento.

Desarrollo de herramientas de programación y control de la producción.

Habilidades.

- Capacidad de desarrollar modelos de pronósticos
- Capacidad de analizar el comportamiento de la demanda con la producción de la empresa.
- Conocimiento en herramientas de programación y control de la producción.
- Manejo de tecnología.

Funciones

- Desarrollar pronósticos de la demanda
- Analizar el comportamiento de la demanda con la producción actual.
- Planificar y asignar los recursos según los motores que llegarán.
- Determinar y desarrollar el plan maestro de producción y el plan de requerimiento de materiales
- Evaluación y comprobación de los proyectos
- Comprobar el cumplimiento de los indicadores según lo planeado
- Determinar y aplicar plan de acción en caso de emergencia
- Aplicar el sistema integrado de programación y control de la producción

Responsabilidades

- Desarrollar correctamente el sistema integrado de programación y control de la producción.
- Planificar correctamente las reparaciones
- Mantener el orden y la motivación del personal de la planta.
- Planear y recordar el mantenimiento o calibración de los equipos.
- Aplicar las evaluaciones para obtener retro alimentación al sistema y verificar si se está cumpliendo el objetivo y se cumplen los indicadores.

Gerente de Desarrollo de Negocios***Formación***

Bachillerato en Ingeniería Electromecánica y estudios de mercadeo.

Experiencia

Al menos 4 años como ingeniero electromecánico y 2 años de experiencia con experiencia en ventas y contacto con el cliente.

Conocimiento

- Aplicación y conocimiento de mercadeo.
- Publicidad
- Servicio con enfoque al cliente
- Conocimiento de motores, rebobinado y mantenimiento.

Habilidades

- Crear empatía y agrado a los clientes.
- Dominio de tecnología
- Cálculos y adaptaciones a cambios en el sistema productivo y planeación.
- Capacidad para establecer planes de mercadeo y espacios publicitarios

Funciones

- Contacto con cliente, recibir información y demanda de motores.
- Negociación con clientes sobre precios y formas de pago.
- Desarrollo de planes de mercadeo.
- Envío y registro de información a todas las áreas para la planeación estratégica.

Responsabilidades

- Compromiso de enviar la información requerida.
- Grabar datos de la demanda de motores, su potencia y el tipo de problema que presenta.
- Cumplir y apoyar en la planeación agregada.

Operario/Técnico de Taller

Formación

Título de Sexto grado mínimo.

Licencia de Conducir B1 y para Servicios Especiales

Experiencia

Trabajos y capacitación de todas las actividades del área de producción.

Conocimiento

En motores eléctricos de bajo voltaje.

Rebobinado, partes de motor, mantenimiento, mecánica, pintura y embalaje.

Resultados y análisis electromecánicos.

Habilidades

- Conocimiento tecnológico
- Dominio de computadora.
- Trabajo en equipo
- Fácil acoplamiento al área y actividad.

Funciones

- Desarrollar las actividades para un mantenimiento/rebobinado de motor.
- Registrar resultados, evaluación y desempeño de los proyectos y actividades realizadas o realizando.
- Informar y crear un reporte de emergencia sobre alguna complicación o fallo.
- Trabajar en equipo, orientado a la misión y visión de la empresa.

Responsabilidades

- Registrar información una vez cumplida la tarea.
- Indicar el tiempo de duración, resultados obtenidos del proyecto hasta ese punto, observaciones.
- Concentrarse y enfocarse en el proceso.
- Trabajar con un sentido de calidad de manera que se mejore la eficiencia.

Encargado de Bodega***Formación***

Bachillerato en General de Secundaria.

Conocimiento

- Manejo y control de inventarios.
- Términos y relaciones conforme a la cadena de suministros

- Conocimiento en computadoras.

Habilidades

Dominio de computadora.

Capacidad para contar y registrar inventario.

Adaptarse al cambio del nuevo sistema

Funciones

- Generar reporte del nivel de inventario de materia prima en bodega.
- Generar y verificar orden de compra real.
- Almacenar y organizar materia prima, materiales y equipo.
- Emitir información oportuna para comprar antes de la necesidad del área.

Responsabilidades

- Emitir información real, oportuna y confiable.
- Garantizar la supervisión de materiales.
- Organización adecuada del inventario y bodega.

Como parte de la propuesta, es importante definir qué es lo que se necesita y qué es lo que va a hacer cada participante en el nuevo sistema de programación y control de la producción, sin embargo, no hay contrataciones previstas, ya que la propuesta se les asignará a los actuales funcionarios de la organización, esto incurre en un costo por las horas invertidas dentro de sus nuevas funciones para gestionar el SIPCP, el detalle se presenta a continuación:

Tabla 73. Costos de los nuevos perfiles

Perfil Propuesto	Costo por hora	Total de Horas	Costo mensual del perfil por perfil	Cargas Sociales
Gestor de Planeación	₡ 6,000.00	60	₡ 360,000.00	₡ 94,788.00
Gerente de D. Negocios	₡ 6,000.00	60	₡ 360,000.00	₡ 94,788.00
Operario/Técnico	₡ 4,000.00	160	₡ 640,000.00	₡ 168,512.00
Tecnico de Precisión	₡ 4,750.00	160	₡ 760,000.00	₡ 200,108.00
Encargado de Bodega	₡ 4,200.00	160	₡ 672,000.00	₡ 176,937.60

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la tabla se presenta los costos designados por las horas que el personal debe invertir para desarrollar el SIPCP, debe mencionarse que las horas de los operarios y el técnico de precisión poseen salarios diferentes debido a la formación académica, además, se les agregó un 5% extra al salario por aprender y ejercer nuevas funciones, en el caso del gestor de planeación y el gerente de desarrollo de negocios, deben invertir por lo menos 60 horas para cumplir con su nuevo perfil, lo que incurre en otro costo por la asignación de nuevas funciones.

Propuesta en la Producción

Debido a que el enfoque del proyecto se enlaza al área de producción, al tener capacidad ociosa, mudas durante el proceso y un tiempo de ciclo extenso, en este apartado se establece las mejoras para acortar la duración de las actividades, el cambio de la capacidad con la mitigación de las mudas y la duración de los proyectos por familias, para ello elaboró un plan de capacitación, la aplicación del método 5S en el área de bodega para colocar las herramientas en el área y evitar búsquedas y solicitudes, entre otras, a continuación el detalle para mejorar la producción actual:

Plan de mantenimiento

Debido a que las áreas de producción poseen equipos indispensables, principalmente la logística en el caso de las grúas y el montacarga, el eléctrico en la parte de pruebas y el de precisión toda la maquinaria como fresadoras, tornel, entre otros, requieren mantenimiento o calibración, sin embargo, la empresa no cuenta con una fecha establecida, actualmente se realiza de manera correctiva por lo que se propone una fecha.

Según las indicaciones del ingeniero a cargo de la planta, los equipos son relativamente nuevos y no han alcanzado su punto máximo de vida útil, por lo que no requieren mantenimiento constante, sino una planeación efectiva de cuándo realizarla para evitar fallos, es importante recalcar, que la empresa cuenta con un contrato anual con varias empresas quienes se encargan de este aspecto, por lo que no se toma como un costo del presente proyecto:

Tabla 74. Propuesta de Mantenimiento de los Equipos

Nombre del Equipo	Cantidad	Necesidad de Calibración o Mantenimiento	Duración	Fecha propuesta
Baker SKF	1	1 vez al año	3 días	Última Semana de Diciembre
Amperímetro	2	1 vez al año	1 día	1° y 2° semana de enero
Eq. Pruebas Dinámicas	1	1 vez al año	4 días	1° Semana de Enero
Eq. Pruebas Estáticas	1	1 vez al año	4 días	1° Semana de Enero
Medidor de Aislamiento	1	1 vez al año	2 días	Última Semana de Diciembre
Multímetro	3	2 veces al año	1 día	1° Semana de Enero y 1° Semana de Julio
Cámara Termográfica	1	1 vez al año	6 días	Última Semana de Diciembre
Pistola de temperatura contacto	1	1 vez al año	6 días	1° Semana de Enero
Pistola de temperatura	1	1 vez al año	3 días	1° Semana de Enero
Inductor de Prueba	1	1 vez al año	3 días	Fin de Semana
Fresadora	1	4 veces al año	1 día	Fin de Semana
Tornel	2	3 veces al año.	1 día	Fin de Semana
Cortadora	1	2 veces al año.	1 día	Fin de Semana
Rectificadora	1	4 veces al año.	1 día	Fin de Semana
Eq. Balanceo	1	2 veces al año.	1 día	Fin de Semana
Grúas	2	6 veces al año	1 día	Fin de Semana
Montacarga	1	vez cada 4 mese	1 día	Lunes o Viernes

Nota: Brayan Alvarado, 2018

Las fechas indicadas fueron establecidas en conjunto con el departamento de ingeniería y control de operaciones, donde se indica que la última semana de diciembre y la primera de enero, no suelen llegar motores a la empresa, por lo que es apto para enviar los equipos a su mantenimiento/calibración, dependiendo del equipo y si hay motores en reparación, usualmente están proceso o casi terminando, pero esta planeación permite evitar errores y ajustar los equipos de manera que se establece el supuesto al eliminar en al menos 80% del tiempo perdido por esta índole, mientras se adapta el sistema y se pone en práctica.

Aplicación de 5S

Como parte de la propuesta para eliminar los desperdicios de la empresa y evitar atrasos por falta de herramientas o materiales, se recomienda aplicar el método 5s, el cual tiene como objetivo clasificar los materiales y herramientas en la bodega si son necesarios en las actividades rutinarias de las reparaciones, estas se ordenaran y se clasificarán de modo que puedan colocarse en una caja de herramientas y que los operarios tengan en su área lo que necesitan, sin necesidad de buscar o solicitar las cosas para realizar su trabajo, según Rosas (2015), el 5S se define como: “Una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos”.

Esto permitirá limpiar la bodega para que se realice una búsqueda y conteo eficiente de la materia prima, piezas o partes almacenadas de los motores, este ciclo se normalizará para mantener un orden y control eficiente de todo lo que se encuentre en bodega que sea útil y en buen estado. A continuación, se detalla los pasos para aplicar el método 5S:

Clasificación.

Se debe realizar una clasificación de herramientas, papeles, artilugios, entre otros para definir cuáles herramientas son importantes, están en buen estado y qué se considera basura para eliminarlo de la bodega, esta clasificación puede apoyarse en conjunto con los operarios de cada área para determinar qué necesitan y qué no y colocar una caja de herramientas en sus respectivos puestos de trabajo.

Organizar.

Se organizará aquello que es necesario de mantener, por ejemplo, las piezas de los motores en reparación se organizarán en una sección con una codificación clara para identificar donde se encuentra, se colocan los documentos, materiales y herramientas en estantes de manera que se mejora la eficiencia de búsqueda.

Limpieza.

Una vez organizada la bodega, haber asignado y ordenado las herramientas, todo aquello que se considere basura debe eliminarse, limpiar el área de manera que se pueda utilizar para codificar y mejorar el espacio para almacenamiento, por lo que este paso es fundamental para conteo, recepción y colocación de la materia prima, piezas o bien, equipos que requieren ser almacenado en bodega.

Normalización.

En esta etapa se estandariza el proceso, de manera que se propone que cada semestre se realice la aplicación de las 5s para mitigar desperdicios, mejorar el tiempo de búsqueda de documentos, fácil acceso a las herramientas o piezas, de igual forma, asignar el proceso a las áreas para que mantengan control de sus instrumentos.

Disciplina.

Establecer hojas de verificación donde se detalle la última vez que se realizó, acostumbrarse a mantener control de lo necesario, lo que es desperdicio e intentar colocar todo en su respectivo orden, hacer esto una disciplina facilita la inspección, agiliza la búsqueda y entrega de material, la clasificación y cuantificación, entre otros factores que permitirán disminuir el tiempo de ciclo de la reparación del motor.

El objetivo principal de aplicar este método se debe a que los operarios requieren realizar traslados constantes para solicitar herramientas y en caso contrario, se las llevan y las mantienen dentro del área generando pérdidas, búsquedas de la herramienta, descompostura, entre otros, por lo que al aplicar el 5S se tomarán las herramientas de bodega y se pueden colocar dentro de una caja de herramientas, esto puede inferir en la disminución del tiempo de ciclo en las áreas: mecánica, precisión y acabado en un 5%, las herramientas que se coloca en los puestos de trabajo, esto destaca en las capacitaciones ya que al tener las herramientas, el lugar adecuado y en condiciones óptimas, permite un mejor desempeño en las actividades. A continuación, se presenta la propuesta de la caja de herramientas:

Figura 65. Propuesta de Caja de Herramientas



Nota: Juan Pablo, 2017.

El artículo fue publicado en una página web de Costa Rica conocida como mercado libre, el vendedor coloca el precio, el cual consiste en 30000 colones cada una, para el área mecánica y precisión se requieren 7 cajas de herramientas en total, sin embargo, se re negoció con el vendedor ya que al comprar varios productos, se le puede aplicar un descuento, dejando las 7 cajas en 260 000colones, precio considerar aceptable ya que elimina tiempos muertos operativos y disminuye las búsquedas y pérdidas de las herramientas, además, esta inversión tiene una vida útil de 6 años, por lo que se puede recuperar la inversión.

Plan maestro de producción teórico

Debido a que la empresa, actualmente no realiza ninguna planeación ni genera el plan maestro de producción, para hacer funcionar el sistema, es requerido este, por lo que se realizó una descripción a nivel micro y macro de producción, para determinar cuántas horas laborales se van a producir y luego verificar en el análisis oferta demanda propuesto, cómo se va a lograr esa producción para ello Romero (2016) lo define como: “Se utiliza para planificar partes o productos que tienen una gran influencia en los beneficios de la empresa o que asumen recursos críticos y que, por tanto, deben planificarse con especial atención” .

Por lo que a continuación se muestra el plan maestro de producción teórico macro y micro para Electro Motores Ltda.:

Tabla 75. Plan maestro de producción teórico de las áreas

PMP Teórico Área Mecánica							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	428.08	469.448	415.392	486.83688	552.0984	502.63944	470.26488
Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Teórico Área Eléctrica							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	515.601	551.725	567.576	561.02832	713.262	586.85004	537.68736
Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Teórico Área Precisión							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	242.159	271.28	264.16	286.964006	320.7418	235.7092473	230.7387765
Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Teórico Área Acabado							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	235.215	282.399	236.539	295.030746	357.43	295.790214	271.903224
Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Teórico Área Logística							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	20.0359	16.9967	17.7479	25.91172	24.74243	21.3451344	20.1751632
Inventario	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Brayan Alvarado.

Tabla 76. Plan maestro de producción teórico a nivel macro

PMP Teórico de Producción							
Factor	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Horas a producir	1441.092066	1591.847841	1501.414214	1655.771672	1968.274612	1642.334076	1530.769404
Inventario	0	0	0	0	0	0	0
Motores a Rebobinado	40, 150 y 200 HP	75 y 400 HP	300 y 450 HP	2, 5 y 125 HP	250 y 400 HP	50 y 150 HP	60, 75 y 200 HP
Motores a Mantenimiento	0.5 HP	300 HP	5.5 HP	50 y 50 HP	485 HP	100 y 100 HP	0

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la figura anterior, se muestra la estructura del PMP, el cual no posee inventario debido a la naturaleza de la demanda. Como se muestra, se detalla cuál es la demanda de horas que debe producir la empresa según el modelo de pronóstico, por lo que se establece que se producirá únicamente lo requerido, además, el plan maestro a nivel macro, corresponde a la sumatoria de horas de las áreas que requiere producción en su totalidad para cumplir con las reparaciones en un tiempo óptimo, además, se muestran los tipos de motores que se recibieron en el pasado, por lo que se establece el supuesto que serán motores similares con la demanda definida para la planeación.

Plan de requerimiento de materiales teórico

Mediante la elaboración del PMP teórico, se observa según el horizonte, los motores que llegarán a la empresa, por lo que se debe definir los insumos necesarios para reparar un motor, según si corresponde a un rebobinado o mantenimiento, además, debido a que los productos no son perecederos, se puede comprar y almacenar el tiempo que se requiera en bodega, no obstante, el objetivo del MRP teórico es identificar los insumos que necesita un motor según su familia, esto se justifica al definir según Reyes (2013) el MRP como:

El que relaciona lo que es el programa de producción planeado con la lista de materiales necesarios para la fabricación. Se observa el inventario con que cuenta la manufacturera para ordenar únicamente los componentes que no se tienen en existencia. Considera los tiempos de entregar de los materiales faltantes para que cuando sean requeridos se encuentren en las estaciones de trabajo según lo estipule el programa de producción. A continuación se presenta el detalle de estos:

Tabla 77. MRP I Teórico para Rebobinado

MRP 1 Teórico Familias de Rebobinado					
Familia 1			Familia 4		
Material	Cantidad	U. Medida	Material	Cantidad	U. Medida
Roles	2	Unidades	Roles	2	Unidades
Bobinado	40	kilos	Bobinado	105	kilos
Aislante	35	kilos	Aislante	90	kilos
Jabón	0.5	litros	Jabón	2	litros
Pintura	2	litros	Pintura	7	litros
Barniz	2	litros	Barniz	5	litros
Plástico Embalaje	1	kilos	Plástico Embalaje	4	kilos
Familia 2			Familia 5		
Material	Cantidad	U. Medida	Material	Cantidad	U. Medida
Roles	2	Unidades	Roles	2	Unidades
Bobinado	40	kilos	Bobinado	120	kilos
Aislante	35	kilos	Aislante	100	kilos
Jabón	5	litros	Jabón	3	litros
Pintura	2	litros	Pintura	12	litros
Barniz	2	litros	Barniz	10	litros
Plástico Embalaje	1	kilos	Plástico Embalaje	10	kilos
Familia 3			Familia 6		
Material	Cantidad	U. Medida	Material	Cantidad	U. Medida
Roles	2	Unidades	Roles	2	Unidades
Bobinado	90	kilos	Bobinado	140	kilos
Aislante	80	kilos	Aislante	130	kilos
Jabón	2	litros	Jabón	5	litros
Pintura	7	litros	Pintura	14	litros
Barniz	5	litros	Barniz	12	litros
Plástico Embalaje	4	kilos	Plástico Embalaje	12	kilos

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 78. MRP I Teórico para Mantenimiento

MRP I Teórico Familias de Mantenimiento					
Familia 7			Familia 10		
Material	Cantidad	U. Medida	Material	Cantidad	U. Medida
Roles	2	Unidades	Roles	2	Unidades
Solvente di eléctrico	1	litros	Solvente di eléctrico	7	litros
Jabón	0.5	litros	Jabón	3	litros
Pintura	2	litros	Pintura	12	litros
Barniz	2	litros	Barniz	10	litros
Plástico Embalaje	1	kilos	Plástico Embalaje	10	kilos
Familia 8			Familia 11		
Material	Cantidad	U. Medida	Material	Cantidad	U. Medida
Roles	2	Unidades	Roles	2	Unidades
Solvente di eléctrico	2	litros	Solvente di eléctrico	10	litros
Jabón	2	litros	Jabón	5	litros
Pintura	7	litros	Pintura	14	litros
Barniz	5	litros	Barniz	12	litros
Plástico Embalaje	4	kilos	Plástico Embalaje	12	kilos
Familia 9					
Material	Cantidad	U. Medida			
Roles	2	Unidades			
Solvente di eléctrico	3	litros			
Jabón	2	litros			
Pintura	7	litros			
Barniz	5	litros			
Plástico Embalaje	4	kilos			

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 79. MRP II Teórico de Rebobinado

MRP I Teórico Familias de Rebobinado					
Familia 1			Familia 4		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	25	kilowatts	Electricidad	70	kilowatts
Agua	10	litros	Agua	30	litros
Familia 2			Familia 5		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	40	kilowatts	Electricidad	85	kilowatts
Agua	18	litros	Agua	40	litros
Familia 3			Familia 6		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	60	kilowatts	Electricidad	100	kilowatts
Agua	25	litros	Agua	50	litros

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 80. MRP II Teórico de Mantenimiento

MRP I Teórico Familias de Mantenimiento					
Familia 6			Familia 9		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	25	kilowatts	Electricidad	70	kilowatts
Agua	10	litros	Agua	30	litros
Familia 7			Familia 10		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	40	kilowatts	Electricidad	85	kilowatts
Agua	18	litros	Agua	40	litros
Familia 8			Familia 11		
Insumo	Cantidad	U. Medida	Insumo	Cantidad	U. Medida
Mano de Obra	12	personas	Mano de Obra	12	personas
Transporte	5	unidades	Transporte	5	unidades
Brochas	2	unidades	Brochas	2	unidades
Electricidad	60	kilowatts	Electricidad	100	kilowatts
Agua	25	litros	Agua	50	litros

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Las tablas anteriores son factores importantes en la programación de la programación, ya que se debe definir, según el motor determinado por el pronóstico y el PMP, la cantidad precisa a abastecer para cumplir con la reparación del motor sin faltantes, además, considerar los insumos industriales como lo son la electricidad, agua, mano obra, entre otros, esto permite un control y generar una orden de compra antes de que se requiera el material o se agote.

Mitigación de tiempos muertos

Con base en las propuestas, herramientas desarrolladas para brindar solución al problema, se realizó un resumen de las mitigaciones de los tiempos muertos para efectos del presente proyecto y para analizarse en la relación oferta y demanda, por lo que se elaboró una tabla con los supuestos establecidos previamente para mejorar la situación actual:

Tabla 81. Posibles deficiencias durante la adaptación del sistema

Causa	Porcentaje
Área Mecánica	
Falta de materiales	2%
Distracción del personal	1%
Falta de equipo	1%
Área Eléctrica	
Falta de materiales	2%
Distracción del personal	1%
Adaptación a las actividades	3%
Falta de mantenimiento	1%
Área Precisión	
Adaptación a las actividades	2%
Control de actividades	1%
Falta de mantenimiento	2%
Área Acabado	
Adaptación a las actividades	1%
Espera de Producto	1%
Falta de Materiales	1%
Área Logística	
Falta de Mantenimiento	1%
Espera de Producto	1%
Falta de materiales	1%
Control de actividades	1%

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Se debe resaltar, que, como parte de la propuesta, no se pretende radicar o desaparecer los tiempos muertos operacionales y aumentar el tiempo de ciclo al instante, para efectos del periodo que abarca este proyecto, según el horizonte de planeación, además por un tema de cultura organizacional, se establecen supuestos que podrían acoplarse a la realidad.

Problemas relacionados con la planeación y programación, pueden eliminarse por completo, una vez adaptado y organizado el SIPCP, pero se requiere de tiempo para poder lograrlo, lo cual se mostrará en el plan de implementación del proyecto, no obstante, con la propuesta se logró disminuir en su mayoría la ociosidad y retrasos de las áreas, por lo que a continuación se presenta una tabla comparativa del antes y después:

Tabla 82. Reducción de Tiempos Muertos

Área	Porcentaje de T.M.O Actuales	Porcentaje de T.M.O Propuestos	Reducción
Mecánica	21%	4%	17%
Eléctrica	28%	7%	21%
Precisión	25%	5%	20%
Acabado	20%	3%	17%
Logística	20%	4%	16%

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Como se puede observar, la reducción de los tiempos es significativa, ya que se logra disminuir en un mínimo de 16% en las áreas, esto permite que la planta aproveche su capacidad de modo que logre cumplir con la demanda y estar más cerca de su capacidad instalada, además esto impacta en el tiempo de ciclo de las reparaciones, ya que, al disminuir las deficiencias de producción, se puede realizar de una manera más eficiente las actividades.

Relación Oferta-Demanda Mejorada

Una vez considerados la reducción de los aspectos que impedían alcanzar el promedio de la demanda de horas hombre de las áreas de producción, se ha re evaluado el gráfico oferta y demanda, con su capacidad real propuesta, la capacidad teórica y las proyecciones obtenidas del Anexo 23. Tabla de referencia de la capacidad necesaria, por lo que a continuación se presenta el análisis de capacidad y los gráficos oferta y demanda de las áreas:

Tabla 83. Capacidades de Producción

	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
Capacidad necesaria	469.6568974	577.74719	250.270166	270.711983	21.1593606
Capacidad teórica	510	680	300	300	24
Capacidad real	489.6	625.6	285	291	23.04

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

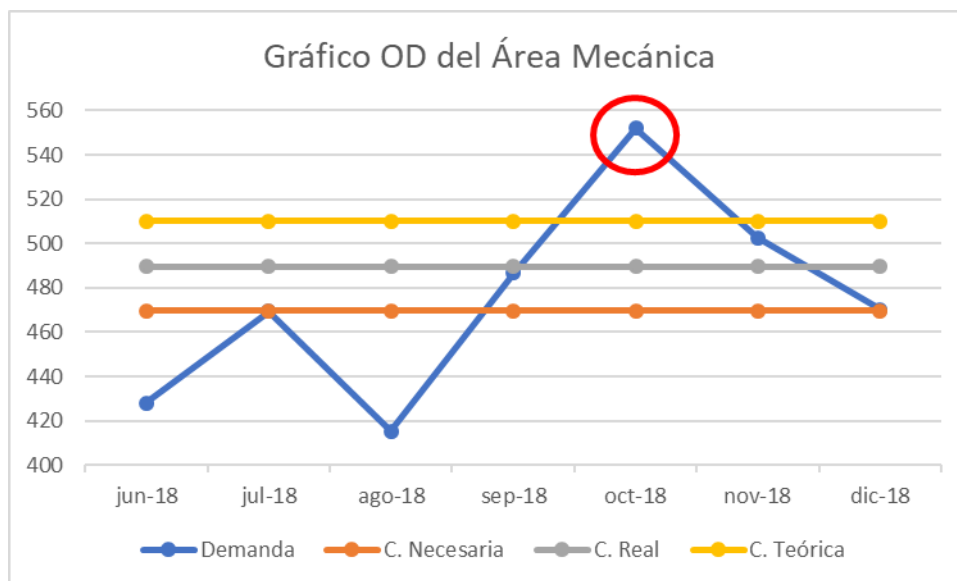
Con los datos obtenidos de la tabla, se procede a evaluar la diferencia existente entre la capacidad necesaria y la capacidad real nueva, pero, al igual que en el diagnóstico, se evalúa la sumatoria de horas requeridas por los proyectos para cada mes, sin embargo, esto se aplica para el periodo de junio a diciembre del 2018, sujeto a esto se muestran los gráficos oferta y demanda de las áreas de producción:

Tabla 84. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área mecánica

Nuevo Gráfico O-D Mecánica				
Mes	Demanda	C. Necesaria	C. Real	C. Teórica
jun-18	428.0802	469.6568974	489.60	510
jul-18	469.44768	469.6568974	489.60	510
ago-18	415.392	469.6568974	489.60	510
sep-18	486.83688	469.6568974	489.60	510
oct-18	552.0984	469.6568974	489.60	510
nov-18	502.63944	469.6568974	489.60	510
dic-18	470.26488	469.6568974	489.60	510

Nota: Brayan Alvarado, 2018

Figura 66. Gráfico OD Propuesto del Área Mecánica



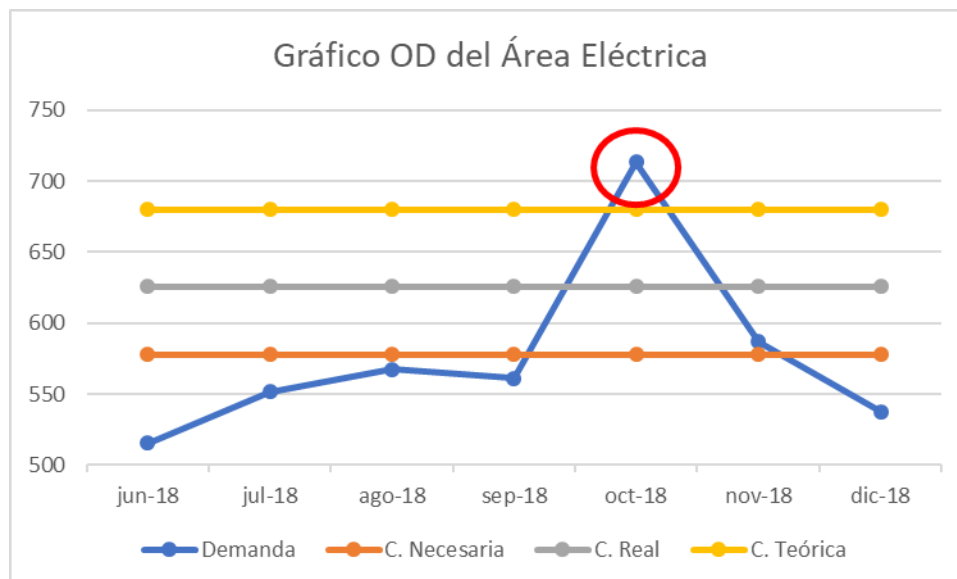
Nota: Tabla 84. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área mecánica

Tabla 85. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área eléctrica

Nuevo Gráfico O-D Eléctrica				
Mes	Demanda	C. Necesaria	C. Real	C. Teórica
jun-18	515.60136	577.7471896	625.60	680
jul-18	551.7252	577.7471896	625.60	680
ago-18	567.57576	577.7471896	625.60	680
sep-18	561.02832	577.7471896	625.60	680
oct-18	713.262	577.7471896	625.60	680
nov-18	586.85004	577.7471896	625.60	680
dic-18	537.68736	577.7471896	625.60	680

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 67. Gráfico OD Propuesto del Área Eléctrica



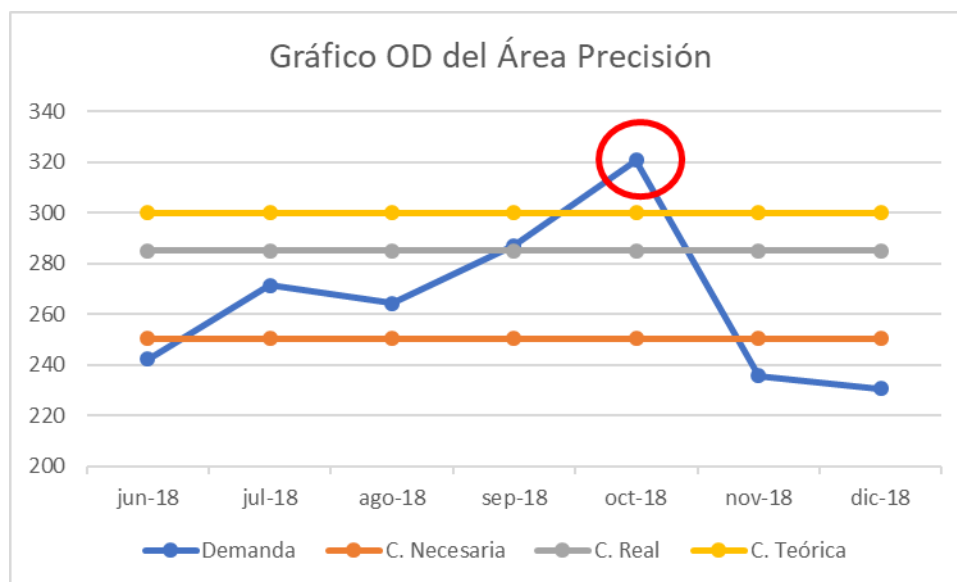
Nota: Tabla 85. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área eléctrica.

Tabla 86. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área precisión

Nuevo Gráfico O-D Precisión				
Mes	Demanda	C. Necesaria	C. Real	C. Teórica
jun-18	242.159174	250.2701663	285.00	300
jul-18	271.279533	250.2701663	285.00	300
ago-18	264.159641	250.2701663	285.00	300
sep-18	286.964006	250.2701663	285.00	300
oct-18	320.741772	250.2701663	285.00	300
nov-18	235.709247	250.2701663	285.00	300
dic-18	230.738776	250.2701663	285.00	300

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 68. Gráfico OD Propuesto del Área Precisión



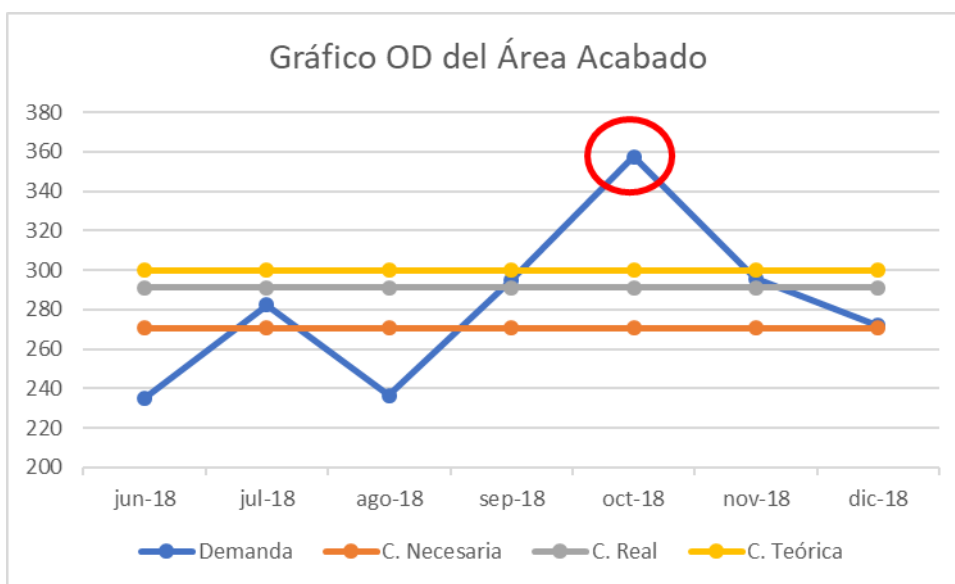
Nota: Tabla 86. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área precisión.

Tabla 87. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área acabado

Nuevo Gráfico O-D Acabado				
Mes	Demanda	C. Necesaria	C. Real	C. Teórica
jun-18	235.215402	270.7119835	291.00	300
jul-18	282.398748	270.7119835	291.00	300
ago-18	236.538942	270.7119835	291.00	300
sep-18	295.030746	270.7119835	291.00	300
oct-18	357.430014	270.7119835	291.00	300
nov-18	295.790214	270.7119835	291.00	300
dic-18	271.903224	270.7119835	291.00	300

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 69. Gráfico OD Propuesto del Área Acabado



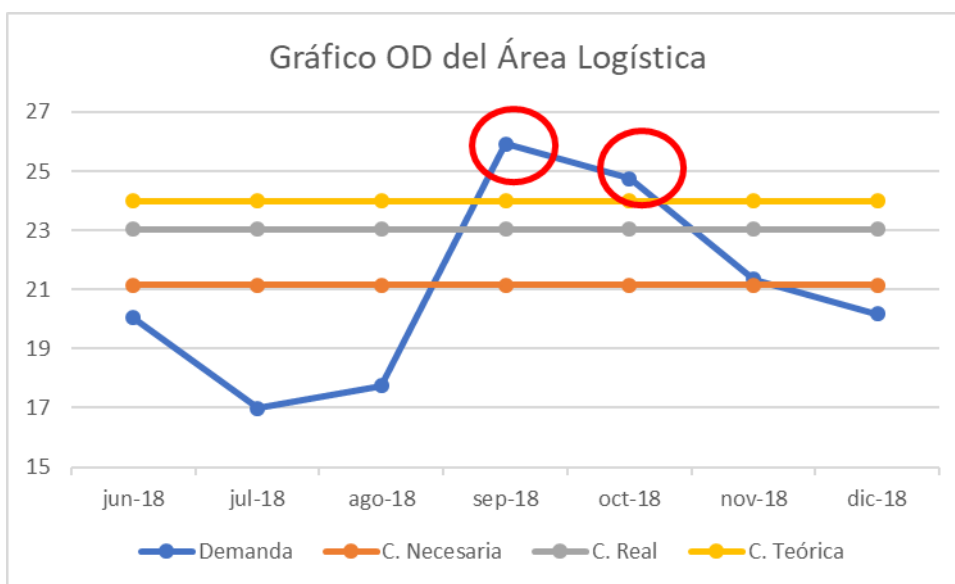
Nota: Tabla 87. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área acabado.

Tabla 88. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área logística

Nuevo O-D Logística				
Mes	Demanda	C. Necesaria	C. Real	C. Teórica
jun-18	20.0359296	21.15936063	23.04	24
jul-18	16.99668	21.15936063	23.04	24
ago-18	17.7478704	21.15936063	23.04	24
sep-18	25.91172	21.15936063	23.04	24
oct-18	24.7424256	21.15936063	23.04	24
nov-18	21.3451344	21.15936063	23.04	24
dic-18	20.1751632	21.15936063	23.04	24

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 70. Gráfico OD Propuesto del Área Logística



Nota: Tabla 88. Referencia para el gráfico oferta-demanda del área logística.

En las figuras se muestra el comportamiento que tendrá la demanda en el horizonte de planeación para efectos del presente proyecto, es importante mencionar, que por efectos de gráfica y visualización se estableció un límite inferior superior para que se muestre la diferencia entre las capacidades y confirmar que efectivamente, la capacidad real se encuentra por encima de la necesaria, el detalle de la diferencia en puntos porcentuales se muestra a continuación:

Tabla 89. Comparación de Capacidades Propuestas

	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
Capacidad necesaria	469.6568974	577.74719	250.270166	270.711983	21.1593606
Capacidad teórica	510	680	300	300	24
Capacidad real	489.6	625.6	285	291	23.04
Diferencia porcentual	4%	8%	14%	7%	9%

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la tabla se muestra que el incremento de la capacidad es aceptable, ya que se obtiene como mínimo un 4% de aumento correspondiente al área mecánica para cumplir con la demanda de horas hombre, lo que permite aprovechar la capacidad instalada y lograr el objetivo, que es entregarle al cliente el motor en la fecha indicada y en un menor tiempo con la mejora del servicio.

Los puntos marcados en rojo representan picos de la demanda que se encuentran por encima de la capacidad teórica, lo que significa que la capacidad de las áreas no es suficiente, sin embargo, como parte de la propuesta, se debe balancear flujo, para ello se propuso en un inicio capacitar al personal en todas las actividades, de modo que se movilizaran los recursos y así aumentar la capacidad teórica y apoyar las actividades, el detalle de esta propuesta se realizará en conjunto con la planeación agregada.

Diagrama de la ruta crítica

Debido a la relación que posee la demanda de horas hombre con respecto a la duración de las actividades, se establece que al mejorar el trabajo, la eficiencia y al mejorar la capacidad real, el tiempo de ciclo puede disminuir en la misma magnitud, ya que al evitar problemas, atrasos, reprocesos y al tener personal con conocimiento sobre qué y cómo está haciendo, esto logra una disminución en el tiempo de las actividades, por lo que se replanteó la duración de los proyectos, de forma que se estime el ahorro involucrado.

Aunque, se debe mencionar, que esta disminución aplica en todos los proyectos por igual, ya que el tiempo de las actividades se ve involucrada por la capacidad real de producción y si la línea posee tiempo ocioso, las actividades también se verán afectadas. A continuación, se muestra la codificación de las actividades para la elaboración de los diagramas CPM:

Tabla 90. Lista de actividades para la construcción del CPM

N°	Actividades
1	Recibir y almacenaje de motor
2	Desensamblar motor
3	Realizar pruebas iniciales
4	Prueba de núcleo
5	Extraer rebobinado en mal estado
6	Rebobinar
7	Alineamiento y separación del bobinado
8	Limpieza de bobinado
9	Lavado y limpieza de motor
10	Secado en horno
11	Pintar motor
12	Barnizado de motor
13	Mediciones
14	Rectificación/Reparación
15	Balanceo dinámico
16	Ensamble de motor n su totalidad
17	Realizar pruebas finales
18	Embalado de motor

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

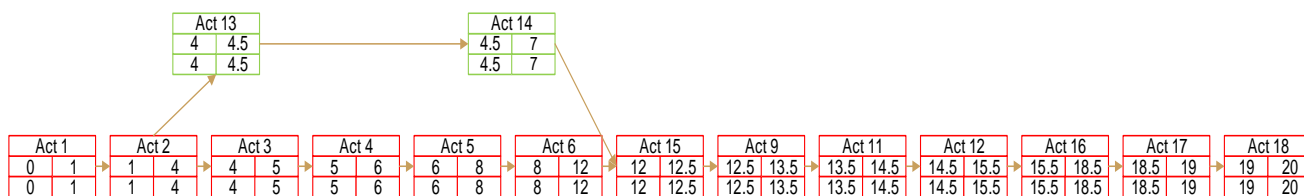
Es de relevancia aclarar, que la disminución de los tiempos de las actividades al estar estandarizados, poseen el mismo porcentaje, por lo que no es necesario mostrar nuevamente las tolerancias a aplicar, ya que es parte del proceso productivo y debe considerarse siempre para la planeación estratégica y la programación de la producción. A continuación, se muestra los diagramas CPM según la propuesta:

Tabla 91. Especificaciones propuestas CPM Fam. 1

Familia 1		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	3	1
3	1	2
13	0.5	2
14	2.5	13
4	1	3
5	2	4
6	4	5
15	0.5	6 y 14
9	1	6
11	1	9
12	1	11
16	3	12
17	0.5	17
18	1	18

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 71. Diagrama CPM propuesto Fam. 1



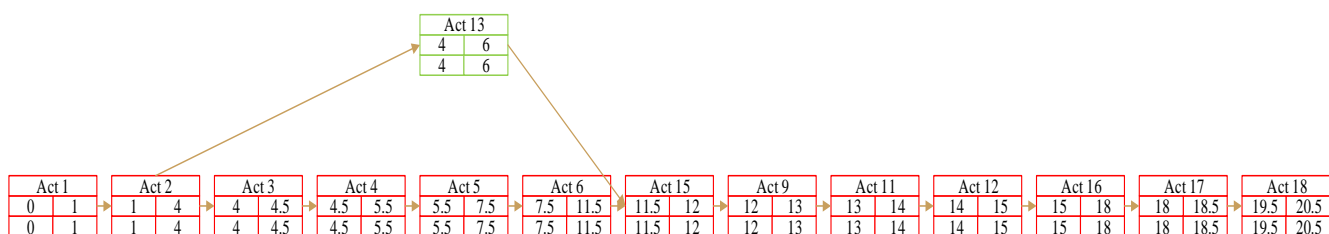
Nota:Tabla 91. Especificaciones propuestas CPM Fam. 1

Tabla 92. Especificaciones propuestas CPM Fam. 2

Familia 2		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	3	1
13	0.5	2
3	1	2
4	1	3
5	2	4
6	4	5
15	0.5	6 y 13
9	1	15
11	1	9
12	1	11
16	3	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayán Alvarado, 2018.

Figura 72. Diagrama CPM propuesto Fam. 2



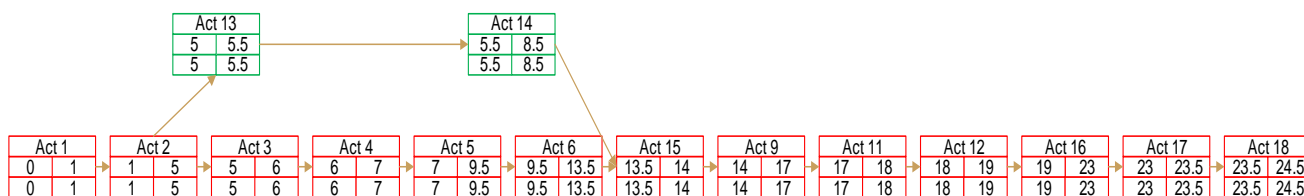
Nota: Tabla 92. Especificaciones propuestas CPM Fam. 2.

Tabla 93. Especificaciones propuestas CPM Fam. 3

Familia 3		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	4	1
13	0.5	2
14	3	13
3	1	2
4	1	3
5	2.5	4
6	4	5
15	0.5	6 y 14
9	3	15
11	1	9
12	1	11
16	4	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 73. Diagrama CPM propuesto Fam. 3



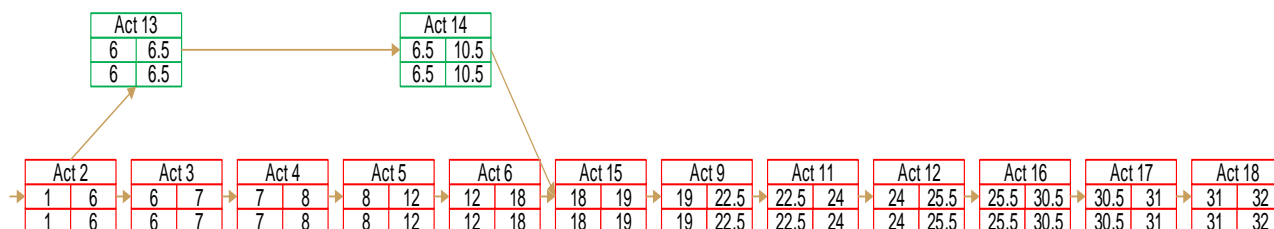
Nota: Tabla 93. Especificaciones propuestas CPM Fam. 3

Tabla 94. Especificaciones propuestas CPM Fam. 4

Familia 4		
Actividad N°	Tiempo de duración	Actividad Precedente
1	1	-
2	5	1
13	0.5	2
14	4	13
3	1	2
4	1	3
5	4	4
6	6	5
15	1	6 y 14
9	3.5	15
11	1.5	9
12	1.5	11
16	5	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 74. Diagrama CPM propuesto Fam. 4



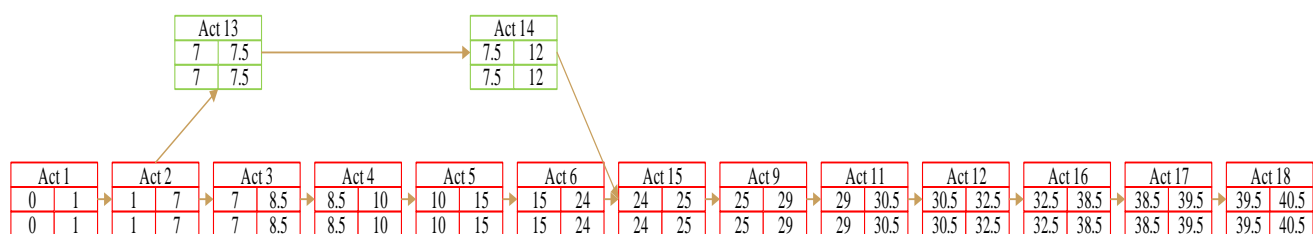
Nota: Tabla 94. Especificaciones propuestas CPM Fam. 4

Tabla 95. Especificaciones propuestas CPM Fam. 5

Familia 5		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	6	1
13	0.5	2
14	4.5	13
3	1.5	2
4	1.5	3
5	5	4
6	9	5
15	1	6 y 14
9	4	15
11	1.5	9
12	2	11
16	6	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 75. Diagrama CPM propuesto Fam. 5



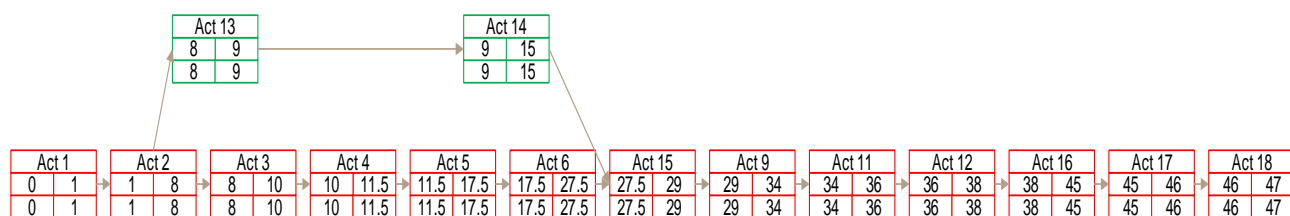
Nota: Tabla 95. Especificaciones propuestas CPM Fam. 5.

Tabla 96. Especificaciones propuestas para CPM Fam. 6

Familia 6		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	7	1
13	1	2
14	6	13
3	2	2
4	1.5	3
5	6	4
6	10	5
15	1.5	6 y 14
9	5	15
11	2	9
12	2	11
16	7	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 76. Diagrama CPM propuesto Fam. 6



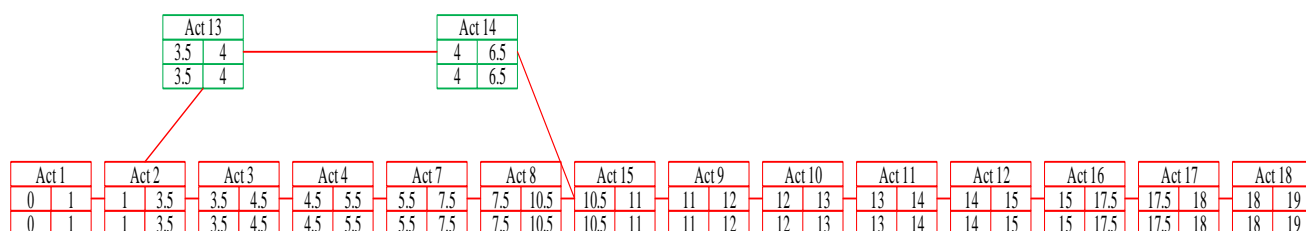
Nota: Tabla 96. Especificaciones propuestas para CPM Fam. 6

Tabla 97. Especificaciones propuestas CPM Fam. 7

Familia 7		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	2.5	1
13	0.5	2
14	2.5	13
3	1	2
4	1	3
7	2	4
8	3	7
15	0.5	8 y 14
9	1	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	2.5	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 77. Diagrama CPM propuesto Fam. 7



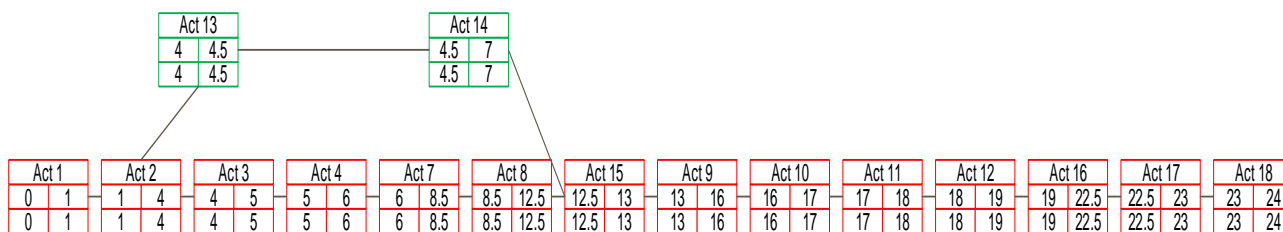
Nota: Tabla 97. Especificaciones propuestas CPM Fam. 7

Tabla 98. Especificaciones propuestas CPM Fam. 8

Familia 8		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	3	1
13	0.5	2
14	2.5	13
3	1	2
4	1	3
7	2.5	4
8	4	7
15	0.5	8 y 14
9	3	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	3.5	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado. 2018.

Figura 78. Diagrama CPM propuesto Fam. 8



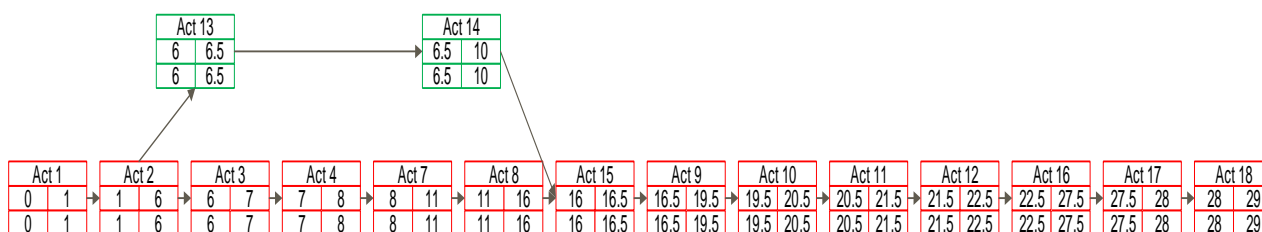
Nota: Tabla 98. Especificaciones propuestas CPM Fam. 8

Tabla 99. Especificaciones propuestas CPM Fam. 9

Familia 9		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	5	1
13	0.5	2
14	3.5	13
3	1	2
4	1	3
7	3	4
8	5	7
15	0.5	8 y 14
9	3	15
10	1	9
11	1	10
12	1	11
16	5	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 79. Diagrama CPM Propuesto Fam. 9



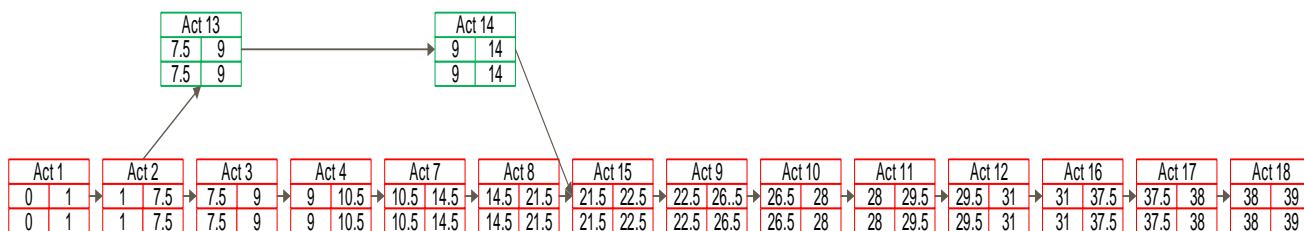
Nota: Tabla 99. Especificaciones propuestas CPM Fam. 9

Tabla 100. Especificaciones propuestas CPM Fam. 10

Familia 10		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	6.5	1
13	0.5	2
14	5	13
3	1.5	2
4	1.5	3
7	4	4
8	7	7
15	1	8 y 14
9	4	15
10	1.5	9
11	1.5	10
12	1.5	11
16	6.5	12
17	0.5	16
18	1	17

Nota: Brayán Alvarado, 2018.

Figura 80. Diagrama CPM propuesto Fam. 10



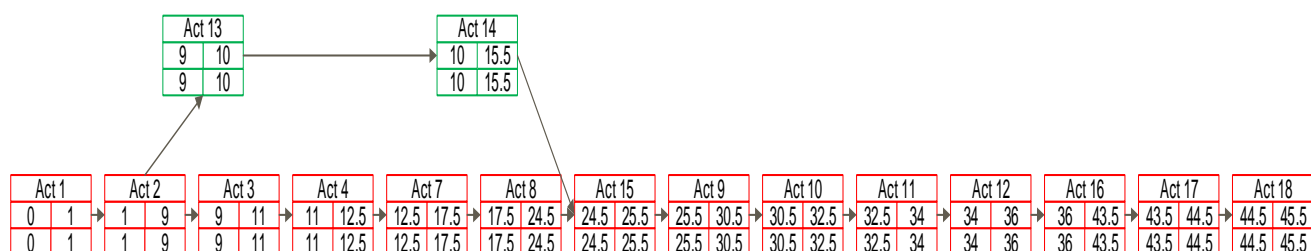
Nota: Tabla 100. Especificaciones propuestas CPM Fam. 10.

Tabla 101. Especificaciones propuestas CPM Fam. 11

Familia 11		
Actividad N°	Tiempo de duración (días)	Actividad Precedente
1	1	-
2	8	1
13	1	2
14	5.5	13
3	2	2
4	1.5	3
7	5	4
8	7	7
15	1	8 y 14
9	5	15
10	2	9
11	1.5	10
12	2	11
16	7.5	12
17	1	16
18	1	17

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 81. Diagrama CPM propuesto Fam. 11



Nota: Tabla 101. Especificaciones propuestas CPM Fam. 11

En las figuras y tablas se muestran los diagramas CPM mejorados con la implementación de la propuesta, se puede observar que el flujo de las actividades no es diferente de la situación actual y es debido a que las únicas actividades que pueden trasladarse paralelas, son las actividades del área acabado, sin embargo, no es posible por un tema de limpieza y calidad, donde no se puede pintar las partes de motor y almacenarlas sujeto a que estas pueden deteriorarse o ensuciarse, lo que incurriría en costos extra por reprocesos y materiales.

Se comprueba que, con la disminución de las mudas del proceso, mejora en los conocimientos técnicos de los operarios, implementación de herramientas en el área al eliminar las búsquedas, permite aprovechar las horas laborales y trabajar con mayor eficiencia, el tiempo de disminución de las actividades se baja en varios días que se ahorra la empresa y permite terminar el trabajo en un menor tiempo, el ahorro de tiempo se demuestra a continuación:

Tabla 102. Disminución del tiempo de proyecto

Familia	Duración del proyecto		Diferencia
	Antes	Después	
1	26	20	6
2	26	20.5	5.5
3	31	24.5	6.5
4	39	32	7
5	50	40.5	9.5
6	59	47	12
7	23	19	4
8	29	24	5
9	36	29	7
10	48	39	9
11	57	45.5	11.5

Nota: Brayan Alvarado,

En la tabla se muestra que existe un ahorro significativo para hacerle entrega al cliente, su motor en un tiempo más próximo, siendo la disminución más baja es de 5 días y el máximo es de 12 días, esto se debe a los puntos extremos de los proyectos, es decir, los motores más pequeños y los más grandes, mientras más grande sea el motor, más largo es la duración de la reparación, por lo que hay mayores atrasos, mayores tiempos de demora y con la propuesta del proyecto, se puede mejorar este proceso y lograr un tiempo óptimo de la producción, por lo que se detalla posteriormente, el cambio de productividad.

Cambio de Productividad

Como una de las metas de este proyecto, es lograr incrementar la productividad de la empresa con respecto al gasto de insumos en un periodo establecido y compararlo con la productividad actual de la empresa, este concepto se conoce como aumento porcentual el cual según Martínez(2017) es: “Consiste en determinar el incremento de algún factor (I.V.A, Precios, etc.), al comparar el valor de una variable pasada (VP) con la variable actual (VA), esto al restarle al VA, el VP y dividirlo entre el VP”.

Por lo tanto, con la propuesta se logró este objetivo, al aumentar la producción, manteniendo el mismo nivel de consumo de los insumos ejemplificados previamente en el capítulo cuatro, el resultado del cambio de productividad comparando el antes con el después, haciendo uso de la siguiente fórmula:

Figura 82. Fórmula de cambio de productividad

$$\text{Cambio de Productividad} = \frac{\text{Productividad Final} - \text{Productividad Inicial}}{\text{Productividad Inicial}}$$

Nota: Martínez, 2017.

Con base en la figura, se realizó la tabla mostrando los resultados de las productividades propuestas y en un nivel inferior, se describe cuál fue el cambio de productividad aplicando la fórmula. A continuación, se presenta las productividades parciales propuestas:

Tabla 103. Productividades Parciales Propuestas con su respectivo cambio

Detalle de Entradas y Salidas						
Área	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística	
Entradas y salidas						Unidad de medida
Producción	489.6	625.6	285	291	23.04	Horas
Tiempo disp.	510	680	300	300	24	Horas
Energía	480	640	280	280	24	Kilowatts
Agua	75	37.5	90	225	60	Litros
Mano de Obra	3	4	2	2	1	Hombre
Costo de MO	1150000	1450000	600000	800000	380000	Colones
Costos de Materiales	100000	400000	0	150000	75000	Colones
Índice de Productividad						
Fórmula	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística	
-						
Prod/T. disp	0.96	0.92	0.95	0.97	0.96	
Prod/Energía	1.02	0.9775	1.01785714	1.03928571	0	
Prod/Litros	6.528	16.6826667	3.16666667	1.29333333	0.384	
Prod/Hombre	163.2	156.4	142.5	145.5	23.04	
Prod/Costo MO	0.00042574	0.00043145	0.000475	0.00036375	6.1E-05	
Prod/ Costo Mat	0.004896	0.001564	0	0.00194	0.0003072	
Cambio de Productividad Inicial-Final						
Fórmula	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística	En general
-						
Prod/T. disp	0.21518987	0.27777778	0.27232143	0.2125	0.2	0.23555782
Prod/Energía	0.21518987	0.27777778	0.27232143	0.2125	0	0.24444727
Prod/Litros	0.21518987	0.27777778	0.27232143	0.2125	0.2	0.23555782
Prod/Hombre	0.21518987	0.27777778	0.27232143	0.2125	0.2	0.23555782
Prod/Costo MO	0.21518987	0.27777778	0.27232143	0.2125	0.2	0.23555782
Prod/ Costo Mat	0.21518987	0.27777778	0	0.2125	0.2	0.22636691

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la tabla se presenta en el primer nivel, los insumos para elaborar la producción propuesta, los cuales, se mantendrán igual debido a que no cambia en variedad, en el segundo nivel, se muestra la fórmula aplicada para el cálculo de la productividad parcial según las áreas y los insumos descritos anteriormente, esto indica que los recursos se podrán aprovechar más eficientemente.

Se puede deducir al observar el tercer nivel, donde las productividades aumentan en más de un 0.20, según cada área y para determinar la producción en general, se realizó un promedio de las productividades, donde se demuestra que el cambio es beneficioso al aumentarse en más de un 0.22, por lo que la empresa con la implementación del proyecto aumentará su nivel de productividad para cumplir con las reparaciones de los motores.

Plan Agregado de Producción

Para establecer y realizar la planeación agregada y la programación de la producción, se requiere fijar un plan agregado de producción, el cual se divide en tres tipos: fuerza nivelada, inventario cero y plan mixto, en este proyecto, se usará el inventario cero, ya que la demanda por referirse a horas hombre, no existe inventario, por lo que se usará inventario cero, para producir las horas que solicitan de cada área y a nivel macro, para justificar este plan Sipper y Bulfin Jr (2015) describen el plan inventario cero como:

“Cada mes se produce justo la cantidad demandada, y no se almacena. Los trabajadores se aumentan cuando crece la demanda y se despiden cuando decrece. Se quiere encontrar el número de trabajadores necesarios cada mes”. A continuación, se presenta el plan agregado de producción de cada área:

Tabla 104. Plan Inventario Cero de Producción

Plan Agregado Área Mecánica							
Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	428.08	469.45	415.39	486.84	552.10	502.64	470.26
T. Necesarios	3	3	3	3	4	3	3
T. Disponibles	3	3	3	3	4	3	3
T. Contratados	0	0	0	0	1	0	0
T. Despedidos	0	0	0	0	0	0	1
C. Contatar	0	0	0	0	0	0	0
C.Despedir(en colones)	0	0	0	0	300000	0	0
C. Mano de obra (colones)	1150000	1150000	1150000	1150000	1400000	1400000	1150000

Plan Agregado Área Eléctrica							
Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	516	552	568	561	713	587	538
T. Necesarios	4	4	4	4	5	4	4
T. Disponibles	3	3	4	4	4	4	3
T. Contratados	0	0	0	0	0	0	0
T. Despedidos	0	0	0	0	0	0	0
C. Contatar	0	0	0	0	0	0	0
C.Despedir(en colones)	0	0	0	0	0	0	0
C. Mano de obra (colones)							

Plan Agregado Área Precisión							
Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	242.16	271.28	264.16	286.96	320.74	235.71	230.74
T. Necesarios	2	2	2	2	3	2	2
T. Disponibles	3	3	3	3	4	4	3
T. Contratados	0	0	0	0	1	0	0
T. Despedidos	0	0	0	0	0	0	1
C. Contatar	0	0	0	0	0	0	0
C.Despedir(en colones)	0	0	0	0	300000	0	0
C. Mano de obra (colones)	1150000	1150000	1150000	1150000	1400000	1400000	1150000

Plan Agregado Área Acabado							
Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	235.2154	282.398748	236.53894	295.03075	357.43	295.7902	271.9032
T. Necesarios	2	2	2	2	3	2	2
T. Disponibles	2	2	2	2	3	2	2
T. Contratados	0	0	0	0	1	0	0
T. Despedidos	0	0	0	0	0	1	1
C. Contatar	0	0	0	0	0	0	0
C.Despedir(en colones)	0	0	0	0	0	300000	0
C. Mano de obra (colones)	1150000	1150000	1150000	1150000	1400000	1400000	1150000

Plan Agregado Área Logística							
Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	20.03593	16.99668	17.74787	25.91172	24.74243	21.34513	20.17516
T. Necesarios	1	1	1	1	1	1	1
T. Disponibles	3	3	3	3	4	4	3
T. Contratados	0	0	0	0	1	0	0
T. Despedidos	0	0	0	0	0	0	1
C. Contatar	0	0	0	0	0	0	0
C.Despedir(en colones)	0	0	0	0	300000	0	0
C. Mano de obra (colones)	1150000	1150000	1150000	1150000	1400000	1400000	1150000

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Es importante recalcar, que por motivos de cultura y estrategia empresarial, no se puede despedir a los técnicos actuales en plantilla, sin embargo, para efectos de una demanda alta, si se propone una sub contratación de personal externo para apoyar la actividad, solo en el caso único que no haya operarios por vacaciones o incapacidades, de lo contrario, con la propuesta de capacitar a todo el personal en las actividades de todas las áreas, se puede movilizar los recursos y enviar operarios a soportar la actividad.

En el plan agregado se muestra la planeación de la demanda en horas de trabajo y según la estructura para elaborar el plan de inventario cero, se deben añadir aspectos como costos de contratación, despido, mano de obra, cantidades de trabajadores disponibles, necesarios, despedidos y contratados, por tal motivo se fija la producción para el segundo semestre del año 2018 y según la producción diaria (las horas de trabajo de la capacidad real) se obtienen los trabajadores necesarios.

Como se indicó previamente en la relación oferta y demanda, existe un punto fuera de la capacidad teórica dentro del periodo que abarca la propuesta, la cual corresponde al mes de octubre, donde la demanda es superior, este dato se muestra en el plan de inventario cero, al incurrir en que se requiere un operario extra en cada área para lograr la demanda, por lo que se elaborará una asignación de tareas que permita balancear el flujo de la producción:

Balance de Flujo

Para balancear el flujo, era necesario involucrar a toda la planta en todas las actividades que se realizan, de manera que todos estén disponibles para apoyar y soportar en una actividad, gracias a esto, se elaboró una tabla donde se indican las capacidades actuales, la demanda, la cantidad de operarios requeridos, el área de origen de donde se asigna el recurso, entre otros, se debe mencionar que este balance se estableció bajo el supuesto que los motores y la demanda de horas se disparará a inicios de mes en la primer semana, además, este caso se planteó para el mes de octubre el cual supera la capacidad teórica de las áreas, porque los demás meses pueden cumplirse con la capacidad real propuesta, se puede aplicar el mismo mecanismo en un caso similar, pero para efectos del proyecto, es el único que entra en este balance. A continuación, se presenta el detalle del balance de flujo:

Tabla 105. Flujo Balanceado del Área de Producción

	Mecánica	Eléctrica	Precisión	Acabado	Logística
Demanda	552.0984	713.262	320.741772	357.430014	24.7424256
Cap. T. Actual	510	680	300	300	24
Cap. R. Actual	489.6	625.6	285	291	23.04
Operarios	3	4	2	2	1
OP. Asignados	1	1	1	1	1
Estado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado	Ocupado
Área Origen	Acabado	Mecánica	Sub Cont.	Mecánica	Eléctrica
Cap. T. Ajustada	680	850	450	450	48
Cap. R. Ajustada	652	790	427.5	436.5	46
H. Requeridas	62.4984	87.662	35.7417724	66.430014	1.7024256
T. Necesario	4	5	3	3	2
T. Disponibles	4	5	3	3	2
H. Contratadas	0	0	37	0	0
Costo por contratar	0	0	92500	0	0

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En la tabla, se indica según las áreas, cuál es la producción que se debe realizar, la comparación con las capacidades instaladas y reales, los operarios actuales en cada área y es aquí donde se comienza la planeación, ya que bajo el supuesto de que la demanda y los motores se reciben dentro de la misma semana, siguiendo la red del proyecto mostrada en los CPM.

Si el área mecánica, se encuentra ocupada, para la demanda de octubre, se requiere asignar un operario, el cual se determina por el trayecto y paso de los motores por las áreas, para mecánica, la opción más recomendable es asignarle uno del área acabado, esto re plantea la capacidad teórica y real, aunque sea por un periodo corto de tiempo, pero lo suficiente para producir y soportar de acuerdo con la necesidad presente, por otro lado, todas las áreas siguen el mismo mecanismo.

El área de precisión posee un detalle importante de mencionar y es que debido a sus funciones las actividades que realizan y el perfil que se requiere, debido a que es un técnico especializado y requiere años de estudio y entrenamiento, no es factible para capacitación, por lo que no se puede movilizar los recursos a las actividades del área, esto incurre en una sub contratación que actualmente la empresa tiene contacto y se contrataría únicamente para el tiempo que se necesite, esto es vital de considerar, ya que incurre en un costo extra por subcontratación.

Plan Maestro de Producción Real

Con el flujo balanceado y según los resultados del plan de inventario cero, se elaboró un plan maestro de producción real, el cual, es muy similar al teórico, debido a que no existirá inventario alguno, además, se producirá solo las horas estimadas para reparar los motores en tiempo óptimo, por lo que a continuación se presenta el plan maestro de producción real:

Tabla 106. Plan Maestro de Producción Real Propuesto

PMP Real Área Mecánica								PMP Real Área Acabado							
Familia	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Familia	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1				184.524				1				70.77492			
2								2							
3	121.97	101.9				103.0754	206.7221	3	47.06784	56.559				57.0743	131.24
4	311.06			129.72		129.7212	263.5428	4	140.8633			70.46232		70.4623	95.32
5			162.2148		161.953			5			85.4761		85.49		
6		186.3	185.3772		183.485			6		116.61	112.772		114.7		
7	80.64		67.8					7	37.92168		38.2904				
8				172.5756				8				153.7932			
9						269.8428		9						168.253	
10		181.2						10		114.03					
11					206.66			11					157.24		
Total	513.67	469.4	415.392	486.8196	552.098	502.6394	470.2649	Total	225.8528	287.2	236.539	295.0304	357.43	295.79	226.56
Inventario	0	0	0	0	0	0	0	Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Real Área Eléctrica								PMP Real Área Logística							
Familia	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Familia	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1				192.01992				1				7.14			
2								2							
3	109.45	109.6				109.9856	220.1842	3	4.25412	4.288				4.4232	8.9136
4	318.34			159.0516		159.0516	317.5032	4	11.0364			5.484		5.484	11.26092
5			220.728		220.262			5			7.092		7.032		
6		186.3	258.5772		265.085			6		5.2061	5.9538		7.44		
7	87.812		88.27056					7	4.74348		4.70112				
8				209.9568				8				8.8248			
9						317.8128		9						11.4286	
10		186.8						10		7.5025					
11					227.915			11					10.248		
Total	515.6	482.7	567.5758	561.02832	713.262	586.85	537.6874	Total	20.034	16.997	17.7469	21.4488	24.72	21.3358	20.17452
Inventario	0	0	0	0	0	0	0	Inventario	0	0	0	0	0	0	0
PMP Real Área Precisión															
Familia	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre								
1				101.7342											
2															
3	47.068	47.08				47.12652	94.27632								
4	152.28			76.06428		76.07628	136.4623								
5			88.57848		88.3252										
6		132.3	131.8336		130.845										
7	42.815		43.74909												
8				109.16532											
9						112.5182									
10		91.87													
11					101.571										
Total	242.16	271.3	264.1611	286.9638	320.742	235.721	230.7386								
Inventario	0	0	0	0	0	0	0								

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Se propone un plan maestro de producción tabulado de forma que se muestren los meses en la parte superior, al lado izquierdo, se tienen las familias de motores obtenidas del pronóstico, este se elaboró por áreas para determinar cuáles motores serán atendidos y planear la producción de cada área según las horas de trabajo requeridas, de este modo se identifica cuántas horas requiere cada motor para su reparación.

Plan de Requerimiento de Materiales

Con base en el plan maestro de producción, se estableció el plan de requerimiento de materiales, debido a que se sabe cuántos motores llegarán cada mes y a qué familia pertenecen, se establece un periodo de compras mensual, esto porque por términos de costos no es viable establecer otro periodo, sujeto a que el costo por pagar en materia prima es elevado y la empresa no cuenta con financiamiento por parte de los proveedores, el MRP se establece bajo el supuesto de que no hay material en bodega, debido a la situación actual de la empresa, por lo que se planea de acuerdo a las cantidades requeridas. A continuación, se presenta el MRP I y el MRP II propuesto para la empresa:

Tabla 107. MRP I Propuesto

Plan de Requerimiento de Materiales (MRP I)								
Material	Periodo de Compra	Duración de recepción de material	Junio	Julio	Agosto		Total de material a solicitar	Unidad
Roles	Inicio de Mes previo	22 días	8	6	6		20	Unidades
Bobinado	Inicio de Mes previo	22 días	300	230	260		790	Kilos
Solvente di Eléctrico	Inicio de Mes previo	22 días	1	7	1		9	Litros
Aislante	Inicio de Mes previo	22 días	260	210	230		700	Kilos
Jabón	Inicio de Mes previo	22 días	6.5	10	8.5		25	Litros
Pintura	Inicio de Mes previo	22 días	23	33	28		84	Litros
Barniz	Inicio de Mes previo	22 días	17	27	24		68	Litros
P. Embalaje	Inicio de Mes previo	22 días	13	28	23		64	Kilos
Material	Periodo de Compra	Duración de recepción de material	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total de material a solicitar	Unidad
Roles	Inicio de Mes previo	22 días	8	6	8	6	28	Unidades
Bobinado	Inicio de Mes previo	22 días	145	260	205	390	1000	Kilos
Solvente di Eléctrico	Inicio de Mes previo	22 días	4	10	6	0	20	Litros
Aislante	Inicio de Mes previo	22 días	125	230	170	350	875	Kilos
Jabón	Inicio de Mes previo	22 días	6.5	13	8	8	35.5	Litros
Pintura	Inicio de Mes previo	22 días	23	40	28	28	119	Litros
Barniz	Inicio de Mes previo	22 días	23	34	20	20	97	Litros
P. Embalaje	Inicio de Mes previo	22 días	13	34	16	16	79	Kilos

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Tabla 108. MRP II Propuesto

Plan de Requerimiento de Materiales (MRP II)								
Recurso	Periodo de Compra	Duración de recepción de material	Junio	Julio	Agosto		Total	Unidad
Mano de Obra	Inicio de Mes previo	22 días	12	12	12		36	Personas
Transportes	Inicio de Mes previo	22 días	5	5	5		15	Unidades
Brochas	Inicio de Mes previo	22 días	3	3	3		9	Unidades
Electricidad	Inicio de Mes previo	22 días	225	245	210		680	Kilowatts
Agua	Inicio de Mes previo	22 días	95	115	100		310	Litros
Material	Periodo de Compra	Duración de recepción de material	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total de material a solicitar	Unidad
Mano de Obra	Inicio de Mes previo	22 días	12	12	12	12	48	Unidades
Transportes	Inicio de Mes previo	22 días	145	260	205	390	1000	Kilos
Brochas	Inicio de Mes previo	22 días	4	10	6	0	20	Litros
Electricidad	Inicio de Mes previo	22 días	215	285	270	260	1030	Kilos
Agua	Inicio de Mes previo	22 días	90	140	145	110	485	Litros

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En el caso del MRP II, se mantienen aspectos como mano de obra, transportes y las brochas, recursos que deben estar presente siempre, independientemente de la producción, sin embargo, lo único que cambia es el consumo eléctrico y el agua, los cuales tienen una relación directa con los motores, donde un motor más grande, requiere mayor consumo, por necesidad y requisito del proceso.

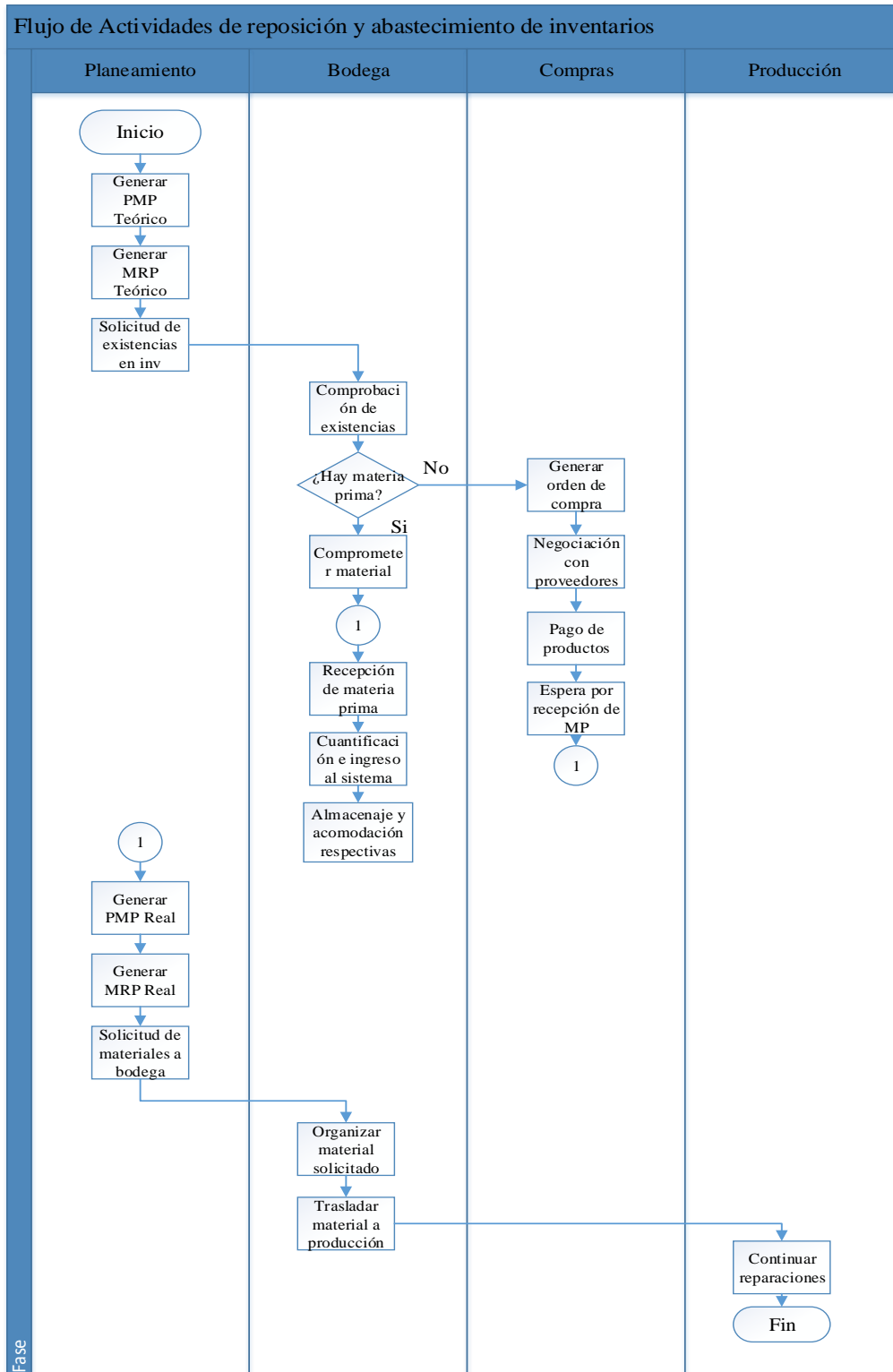
El MRP I y II son parte fundamental de la propuesta de la integración entre las áreas y el tiempo de ciclo para la planeación, sujeto a que la planeación se da en un rango de 5 semanas, donde las primeras cuatro son dedicadas a planear la producción futura y así establecer la cantidad de materia prima y tenerla en el momento justo, por lo que se debe elaborar el MRP para generar una orden de compra antes de 22 días, que corresponden al tiempo de entrega por parte del proveedor.

Relación del MRP con la cadena de suministro.

Debido a que el MRP está directamente comprometido con la bodega y la cadena de suministros, es necesario realizar un análisis de cómo se relacionan entre sí, con respecto a los flujos de información propuestos, se establece que como parte de las actividades es verificar la existencia de inventario (materia prima en este caso) para generar la orden de compra para las reparaciones pronosticadas según lo necesario.

En el desarrollo del MRP, se estableció el caso hipotético de que la empresa no cuenta con inventario debido a la situación actual de la empresa y el periodo de compra que se establece por un tema de formas de pago a los proveedores, sin embargo, no hay que excluir que parte de las actividades del encargado de bodega y el gestor de planeación es comprobar cuánto hay y comprometer el material y en caso contrario generar la compra, por lo que se realizó un diagrama de flujo para representar la relación entre la cadena de suministros y el MRP:

Figura 83. Flujo de las actividades de reposición y abastecimiento de inventarios



Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En el diagrama de flujo se muestra cómo funciona el MRP y como se relaciona con las áreas de la empresa para garantizar que la materia prima esté cuando se requiere según el SIPCP y la integración de las áreas por medio de los flujos de información, por lo que se muestra que planeamiento especifica qué y cuánto se requiere, bodega comprueba las existencia, almacena y distribuye la materia prima a producción y en caso de que se requiera más material, compras es el encargado de generar la orden de compra en tiempo oportuno, luego, planeamiento solicita el envío de materia prima a producción y bodega cuantifica, categoriza y traslada, esto gestiona la cadena de suministro y cumple con uno de los propósitos del SIPCP.

Indicadores

Como medio de control, para medir y evaluar el funcionamiento del sistema integrado de programación y control de la producción, la productividad de la empresa, el tiempo de reparación de los motores, entre otros, se propone una serie de indicadores que aplicar tanto durante como después de las reparaciones o el proyecto en proceso, esto permite un control sobre la situación actual de la empresa y una retro alimentación para el sistema. A continuación, se presentan los indicadores para producción:

Figura 84. Índice de Productividad

$$Productividad\ Parcial = \frac{Horas\ producidas}{Insumo}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

En esta figura, es importante resaltar que debido a la variedad de insumos que existen dentro de la organización, los cuales fueron expuestos dentro del presente proyecto, se recomienda al gestor tomar los insumos necesarios de producción y medirlos uno por uno, de manera que se creen las productividades parciales de producción de interés.

Figura 85. Índice de Ganancia

$$Utilidad = Ventas\ netas - Gastos$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 86. Índice de variación de cumplimiento del proyecto

$$\text{Evaluación del proyecto} = \frac{\text{Días producidos reales} - \text{Días planeados}}{\text{Tiempo planeado}}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 87. Eficiencia de la línea

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Teórica}}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Figura 88. Índice de control de actividades

$$\text{Evaluación de la actividad} = \text{Tiempo real de act.} - \text{tiempo planeado}$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Plan de evaluación de progreso del proyecto

Como medio de evaluación de avance y cumplimiento de los proyectos para llevar un seguimiento y control de los procesos y actividades según el tiempo de ciclo estimado y la demanda de horas hombre, por tanto, se propone un plan para evaluar con base en los indicadores, cómo se está comportando las reparaciones, si se están cumpliendo de acuerdo con los objetivos y expectativas iniciales y en caso de que no, cuál es la desviación que presenta y realizar los respectivo cambios y reprogramación. A continuación, se presenta la propuesta para evaluar el avance de proyecto:

Tabla 109. Propuesta de Evaluaciones

Evaluación	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Qué se mide?	¿Cómo se mide?	¿Cuáles?
Evaluación 1	Área Mecánica	Fin de Actividades	Tiempo de ciclo	Indicadores	Eficiencia
Evaluación 2	Área Eléctrica	Fin de Actividades	Tiempo de ciclo	Indicadores	Cumplimiento
Evaluación 3	Área Precisión	Fin de Actividades	Tiempo de ciclo	Indicadores	Productividad
Evaluación 4	Área Acabado	Fin de Actividades	Tiempo de ciclo	Indicadores	Desviaciones
Evaluación 5	Área Logística	Fin de Actividades	Tiempo de ciclo	Indicadores	Días restantes
Evaluación Final	Fin de producción	Fin de reparación	Productividad Final	Indicadores	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Con la tabla anterior, se muestra las evaluaciones que se proponen para tener un control sobre la duración del proyecto y garantizarle al cliente su motor en la fecha establecida, en los diagramas CPM desde la Figura.68 hasta la Figura.78, se establecen las actividades y el tiempo de ciclo de cada una, lo que se propone es que antes del traslado de un área a otra (sin interrumpir la producción), el gestor evalúe el progreso con los indicadores.

Una vez finalizadas las actividades, las mismas deben irse midiendo el tiempo de duración en cada una para hacer la evaluación, claro está, esto se realiza en 5 ocasiones según el flujo de las reparaciones y al final, cuando el motor está listo, se hace una evaluación general de desviaciones, de demanda, de tiempo de duración de las actividades, la productividad de acuerdo con las entradas invertidas, para medir el cumplimiento de los objetivos.

Es importante destacar, que, si existen atrasos o complicaciones según el detalle de las evaluaciones, el gestor debe ejecutar un plan de acción, por lo que se propone pagar horas extras al personal para balancear el trabajo y cumplir con el tiempo indicado al cliente, esto debido a que la sub contratación del personal es innecesaria, ya que la capacitación y movilidad de recursos, permite que cualquier operario pueda trabajar en las actividades y así sacar el motor en tiempo indicado.

Análisis Económico

Para medir la factibilidad del proyecto, se realizó un análisis económico que demuestre que el proyecto es viable y que no sólo genera beneficios productivos, sino también monetarios para la empresa, para la comprobación de este, se realiza un análisis costo-beneficio que según Ascanio (2012) este se justifica como la herramienta que “Trata de obtener el valor neto de un proyecto promovido por algo o alguien o al menos una estimación objetiva. Los beneficios tienen que ser netos, es decir todas las ventajas menos cualquier desventaja para los usuarios; de manera similar el costo anual o los costos de invertir y de mantener y de operar, también son netos, es decir, el costo del proyecto en relación con el ahorro o beneficio que se obtendrá”.

Mediante esta explicación se procede a identificar los costos incurridos para la aplicación del proyecto, el detalle de los costos por la capacitación se muestra en el Anexo.25, el análisis de los costos del proyecto (la inversión más los costos variables), se muestran en el Anexo.26, por lo que a continuación se presenta la tabla resumen de costos:

Tabla 110. Costos del Proyecto

	Mensual	12 meses
Costo por Gestor	₡ 500,000.00	₡ 6,000,000.00
Costo por Gerente de D. Negocios	₡ 500,000.00	₡ 6,000,000.00
Salario de Operario	₡ 7,040,000.00	₡ 84,480,000.00
Salario Téc. Precisión	₡ 1,520,000.00	₡ 18,240,000.00
Salarios Administrativos	₡ 3,200,000.00	₡ 38,400,000.00
Cargas Sociales	₡ 735,133.60	₡ 8,821,603.20
Total de Aumento	₡ 9,560,000.00	₡ 161,941,603.20
Inversión del Proyecto		
Costo de Tesis	₡ 950,000.00	
Creación del SIPCP	₡ 300,000.00	
Dep. Edificio Empresa	₡ 2,000,000.00	
Valor de Rescate de Activos	₡ 1,500,000.00	
Software	₡ 2,600,000.00	
Mantenimiento del Software	₡ 360,000.00	
Licencias del Software	₡ 300,000.00	
Costo por horas de cap. Software	₡ 420,000.00	
Plan de Capacitación	₡ 105,450.00	
Costo por horas de capacitación	₡ 5,020,000.00	
Caja de herramientas	₡ 375,000.00	
Total de Inversión	₡ 13,930,450.00	
Total de Costos	₡ 175,872,053.20	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Para obtener el beneficio del proyecto, se utilizó el pronóstico de la demanda de horas hombre y se estimó la pérdida de horas si la empresa hubiese continuado con la capacidad real de producción estimada en el capítulo iv, además se utilizó el promedio de ventas mensuales según el departamento de ventas, el detalle no puede mostrarse en el documento ya que se considera confidencial, se establece el supuesto de que se obtendrá un 3% de aumento de ventas por año para mejorar el servicio de producción, el detalle del beneficio se encuentra en el Anexo.28. A continuación se presenta la tabla resumen de los beneficios del proyecto:

Tabla 111. Beneficios del proyecto

Beneficio al año 1	₡ 170,900,468.02
Beneficio al Año 2	₡ 176,027,482.06
Beneficio al Año 3	₡ 181,308,306.53

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Para comprobar que la relación entre la inversión requerida, los costos del proyecto y los beneficios que se obtendrán, se realizó una evaluación financiera en un periodo de 3 años, esto al estimar un flujo de caja que se detalla en el Anexo.29 y con este se procedió a elaborar el valor actual neto y la tasa interna de retorno, de los cuales se obtuvo un resultado de ₡7,170,336.14 colones para el primero y un 24% de TIR, para evaluar si el proyecto es factible se fijó la relación costo-beneficio, el cual se muestra a continuación.

Figura 89. Relación beneficio-costo

$$\frac{B}{C} = \frac{₡571,927,233.00}{₡557,142,657.58} = 1.02$$

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

De acuerdo con los resultados del VAN, TIR y el B/C, según lo referenciado en el marco teórico, al ser un resultado positivo, se considera que el proyecto es factible para la empresa y además de aumentar la productividad, logra un beneficio en términos de reducción de costos, por lo que se aprueba el proyecto para su implementación.

Plan de Implementación

Una vez comprobado que el proyecto es factible, se procede a desarrollar el plan de implementación de la propuesta y del sistema integrado de programación y control de la producción esto al fijar una duración estimada de las actividades por realizar para completar la implementación del SIPCP, esto se realizará mediante un diagrama de GANTT, el cual se muestra a continuación:

Tabla 112. Diagrama de GANTT

Actividad por semana	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
Definir actividades del SIPC	■	■																												
Mejora en organigrama			■	■	■																									
Definir gestión de la nueva área						■	■																							
Asignar actividades del gestor								■	■																					
Integración de las áreas										■	■	■	■																	
Adquisición del software												■	■																	
Adaptación del software														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Adaptación de flujos de información														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Plan de Capacitación														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Definir cambios en producción														■	■	■	■													
Aplicación 5s																		■	■	■	■									
Compra de Cajas de herramientas																		■												
Incorporar cajas de herramientas																				■	■									
Desarrollo inicial del SIPC														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Adaptación del SIPC																				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

El proyecto puede verse implementado después del mes de abril, las dos primeras semanas, se debe explicar en qué consiste el SIPC, el detalle de la problemática encontrada y explicar las actividades que requiere, este proceso puede tardar dos semanas por motivos de programación de reuniones entre todos los administrativos, consecutivamente, se plantea la mejora en el organigrama y la estructura empresarial, de manera que la nueva área esté dirigida a la razón de ser de la empresa de tal forma que aumente las ganancias y mejore el negocio, se establece la gestión de la nueva área, que puede demorarse tres semanas en definir funcionarios y responsables, paralelamente se definen y asignan las responsabilidades al gestor, que puede demorarse dos semanas para la lectura de sus actividades según el diagrama de flujo para hacer funcionar el SIPC.

Mientras se integran las áreas, de forma que se vayan adaptando a la colaboración en conjunto para producir sus bienes en un menor tiempo y costo, se puede adquirir e ir negociando con la empresa Oodo para obtener el sistema informático, el plan de capacitación debe realizarse después, de modo que las reuniones y la empresa, en fines de semana se encuentre libre y sea capaz de enfocarse en lo siguiente, que es el plan de capacitación que abarca el periodo más largo, ya que se deben fijar uno o dos días por semana para realizar todas las capacitaciones, se estima que llevando ambos días una capacitación, estimando que en 16 semanas podría completarse en su totalidad la capacitación.

En la semana 13 se desarrollan varias actividades, las cuales son: la adaptación del “software”, el cual se coloca por motivos de que la empresa debe ajustar el nuevo sistema a sus funciones, se estima que en semana 24 ya la empresa puede dominar, respaldar y usarlo correctamente, también se presenta la adaptación de los nuevos flujos de información, que se estima una duración de 10 semanas, para que la empresa pueda mejorar y dominar sus flujos de información. Otra actividad corresponde a definir las actividades de producción, este dura 4 semanas, periodo que es aceptable considerando que los técnicos deben considerar que deben generar informes, brindar resultados, enviar y el jefe de la planta debe almacenarlo en el sistema.

Al definir los cambios de producción, se le informa a bodega los propios y se procede a realizar el 5S, se estima que el encargado podría tomarse 3 semanas para completarlo, paralelamente a este, se manda a comprar las cajas de herramientas en semana 18 y en semana 20 cuando ya bodega haya avanzado, se puede incorporar las herramientas a las áreas que lo requieren. En semana 14, una vez definidas las funciones del gestor, el mismo debe arrancar con el SIPCP, basándose en el modelo de pronóstico y el horizonte de planeación propuesto, donde después, se establece un periodo de 12 semanas (3 meses) para que el gestor domine el SIPCP y pueda planificar y programar la producción sin problemas, pero no se descarta que el sistema requiera mejoras, se debe seguir dándole mantenimiento y mejorándolo continuamente.

Con la propuesta se logra diseñar el SIPCP funcional para la empresa, esto permite establecer la planeación, ejecución y control de la producción en función al horizonte de planeación propuesto, esto permite definir qué se necesita, cuando se necesita para programar las horas requeridas de las reparaciones de los motores.

Se logra integrar las áreas de la empresa mediante el análisis estructurado, esto mejora los flujos de información y comunicación para elaborar correctamente el SIPCP, además garantiza información actualizada y oportuna, necesaria para planear la producción (como lo es la demanda), con ello se tiene todo lo necesario para producir sin atrasos y obtener retro alimentación del mismo proceso.

Para mejorar los flujos de información y certificar que se cumpla el SIPCP, se concluye que la empresa requiere de un departamento de planeación, que se encargue de llevar a cabo las actividades y tareas de este, incluyendo cada etapa del sistema de programación y cumpliendo con el tiempo establecido para planear y programar la producción.

Con la propuesta se puede disminuir el tiempo de ciclo al implementar capacitaciones, fácil disposición de equipo y herramientas dentro de las áreas, eliminando tiempos muertos operativos, eliminando atrasos por falta de materiales, esto impacta en la duración de las reparaciones, según el CPM, al disminuir en un mínimo de 6 días.

Con la reducción del tiempo de ciclo y los tiempos muertos, se logra alcanzar una nueva capacidad real, la cual según los gráficos oferta demanda en todas las áreas, está por encima de la capacidad necesaria lo que quiere decir que se puede cumplir con la demanda de horas hombre para entregar los proyectos en la fecha especificada y sin necesidad de horas extra y la movilidad de recursos, permite balancear el flujo y aumentar la capacidad para cumplir con la demanda.

El PMP y el MRP, deben relacionarse con los flujos de información y son clave para el funcionamiento del SIPCP, ya que planean qué producir, cuánto producir, los insumos requeridos, cuándo se requieren, por lo que esto permite programar la producción de horas de trabajo para satisfacer la demanda y cumplir con la reparación del motor que llegue a la empresa.

Se concluye que el proyecto es factible, ya que después de 6 meses (la fase de implementación), el SIPCP se adapta y se convierte en parte fundamental de las actividades empresariales para el logro de los objetivos, lo que generará ingresos y utilidades a la empresa por la reducción de costos y además propicia nuevas ventas y mejor atención del servicio y se comprobó al obtener un resultado de 1.1 de ratio entre el beneficio y el costo.

Se le recomienda a la empresa cumplir con las tareas especificadas en el SIPCP, realizar cada etapa según corresponda, en la secuencia lógica establecida para garantizar que se está cumpliendo cada actividad, por lo que entra en juego la faceta y el compromiso del gestor para lograr sus responsabilidades.

Se recomienda aplicar la integración propuesta, de modo que cada departamento realice sus funciones para un bien común, es decir que se apoyen y se compartan la información requerida no sólo para lograr el SIPCP, sino para mejorar la gestión empresarial y se refleje su razón de ser con una perspectiva grata.

Se debe considerar la propuesta del “software”, ya que este posee funciones que facilitarían la integración de las áreas, la comunicación entre los encargados, la recopilación y procesamiento de la información para las actividades, además, con la capacitación que brinda la empresa por la instalación, facilitaría el uso y la manera de usar el programa.

Mediante la elaboración de este trabajo, se obtuvo un aprendizaje sobre lo que es programación y control de la producción y cómo impacta su diseño en la mejora del tiempo de ciclo de las actividades, además, se logró cumplir con los objetivos y expectativas fijadas al inicio de la investigación y se demostró la factibilidad de la implementación propuesta en términos económicos, por lo que se determina que se cumplió con la solución al problema y será de gran beneficio para Electro Motores Ltda., el aplicar y desarrollar el modelo propuesto del SIPCP.

FUENTES

- Acuña, E. (2013). *Regresión Lineal*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/eacuna/miniman9sl.pdf>
- Alcántara, M. (2017). *Propuesta de diseño de un sistema integrado de programación y control de la producción*. Costa Rica: Universidad Internacional de las Américas.
- ANDES, F. (Enero de 2013). *Diagrama de flujo*. Obtenido de <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/diagrama-de-flujo-fundibeq.pdf>
- Ascanio, A. (2012). *Economía del turismo: técnicas y procedimientos de valoración*. España: Ediciones de la U.
- Carro, R., & González, D. (2015). *Productividad y Competitividad*. Argentina: Universidad del Mar de la Plata.
- Cervantes, M. (2015). *Diseño de un diagrama de proceso*. México: Wikispaces References. Obtenido de <https://referencias111.wikispaces.com/file/view/DiagramasdeProcesos.pdf>
- COFOCE. (2011). *Planeación, programación y control de la producción*. México: COFOCE.
- Collignon, J., & Vermorel, J. (Febrero de 2012). *LOKAD*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2017, de [https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))
- Cortés, J., Bielsa, N., & Cobo, E. (2015). *Regresión lineal simple*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Felsinger, E. (2012). *Productividad: Un Estudio de Caso en un Departamento Siniestros*. Argentina: Universidad CEMA.
- Gillet, F. (2014). *La caja de herramientas: Control de calidad*. México: Grupo La Patria.
- Goldratt, E. (2013). *La Meta: Un proceso de mejora continua*. México: Norma.
- Gómez, J. (10 de Octubre de 2013). *Administración de Proyectos CPM y PERT*. Obtenido de aducartewebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/clase_12_pert-cpm.pdf
- Hanke, J., & Wichern, D. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México: Pearson Educación. Recuperado el 03 de Noviembre de 2017

- Hegoros S.L. (6 de Noviembre de 2015). *Diferencia entre bobinado de motores y rebobinados de motores*. Obtenido de <http://www.hegoros.com/diferencia-entre-bobinado-de-motores-y-rebobinados-de-motores/>
- Hernández, R., Méndez, S., Mendoza, C., & Cuevas, A. (2014). *Fundamentos de Investigación*. México: McGrawHill.
- Hung, M. (2014). *PLANEACIÓN AGREGADA: EL CONCEPTO Y LAS ESTRATEGIAS*. Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- IES La Asunción. (2012). *El mercado: La demanda y la oferta*. España: IES La Asunción. Obtenido de <http://www.ieslaasuncion.org/departamento/documentos/apuntes/169.pdf>
- Ingeniería del Software de Gestión. (2011). *Herramientas del Análisis Estructurado*. España: Universidad Rey Juan Carlos.
- López, J. (2013). *Motores Eléctricos*. México: Proyectos de Ingeniería Mecánica.
- Maguiña, O. (2016). *El método de pronóstico Holt Winters*. Estados Unidos: Universidad de Virginia. Obtenido de <https://administration21.files.wordpress.com/2017/01/pronc3b3sticos-holt-winters-omr-nov2016.pdf>
- Ocampo, S. (2014). *Caballos de Fuerza (HP)*. Chile: Common Atributions Share.
- Peinado, J. (2008). *Mantenimiento a Motores Eléctricos*. España: Universidad Politécnica Nacional.
- Pinto, J. (2015). *Implementación del método Kanban*. España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51733/MEMORIA_TFM%20Pinto%20de%20los%20Rios%20Juan%20Sebastian.pdf?sequence=1
- Ramírez, J. (2014). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como Herramienta de Planeación Estratégica para las Empresas*. México: Universidad Veracruzana.
- Ramonet, J. (2013). *Análisis y diseño de los procesos empresariales*. Obtenido de http://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/diagramas_flujo_jrf_v2013.pdf
- Reyes, P. (2013). *Plan de Requerimiento de Materiales*. México: Universidad La Salle.

- Riba, C. (2015). *FAMILIA, PORTAFOLIO Y GAMA DE PRODUCTOS*. España: Universidad Politécnica de Barcelona.
- Romero, O. (2016). *Planeación y Control de la Producción*. México: Extensión Universitaria ITAM.
- Rosas, J. (Abril de 2015). *Paritarios de Seguridad*. Obtenido de http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm
- Salazar, E. (2017). *Propuesta de Rediseño de los Procesos de Producción del Trapiche*. Costa Rica: Universidad Internacional de las Américas.
- Sampieri, R. (2013). *Metodología de la Investigación (6ta edición)*. México: Mc Graw Hill. Recuperado el 033 de Noviembre de 2017
- Sevilla, A. (Mayo de 2017). *Economipedia*. Obtenido de <http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Silvela, M. (2016). *Estructura de Desglose del trabajo*. España: Running Together.
- Sipper, D., & Bulfin Jr, R. (2015). *Planeación y Control de la Producción*. México: Mc Graw Hill. Recuperado el 03 de Noviembre de 2017
- Universidad de los Andes. (2014). *Mapa de Procesos*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Universidad de Valencia. (2015). *Estadística Descriptiva*. Recuperado el 2017 de Noviembre de 09, de https://www.uv.es/webgid/Descriptiva/3_distribucion_de_frecuencias.html
- Universidad Nacional de la Plata. (2016). *Diagrama de Gantt*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Velayos, V. (Enero de 2017). *Economipedia*. Obtenido de <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

ANEXOS

Anexo 1. Demanda de horas hombre de la familia 1

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado o en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
may-16	1	Reb a estator y rectificación de tapas	1	36	8	7	29	42	16	0	8	7	1	40	0	3	31	4	2
mar-16	2	Rebobinado a estator, rectificación tapas	2	35	5	6	25	38	20	0	5	8	1	36	0	5	39	2	2
sep-16	2	Rebobinado a estator y rectificación eje	2	37	8	6	29	41	18	0	5	8	1	35	0	2	45	2	2
sep-16	5	Rebobinado a estator y rectificación eje	1	37	9	6	24	38	14	0	8	5	1	41	0	4	35	1	2
may-16	25	Rebobinado de estator y rectificación de tapas	1	40	9	7	26	46	16	0	9	6	1	43	0	4	36	3	3
Promedio de tiempos			1.4	37	7.8	6.4	26.6	41	16.8	0	7	6.8	1	39	0	3.6	37.2	2.4	2.2
Desviación estandar			N/A	1.870828693	1.643167673	0.547722558	2.30217289	3.31662479	2.28035085	0	1.870829	1.30384	N/A	3.391165	0	1.140175	5.2153619	1.140175	0.447214
Duración en días			1	4	1	1	3	5	2	0	1	1	1	3	0	0.5	4	0.5	0.5

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 2. Demanda de horas hombre de la familia 2

Fecha	Tipo de motor	Tipo de reparación	Logística		Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística	Total
			Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado o en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales		
feb-16	0.5	Reb. a estator	1	35	8	6	30	46	20	0	4	8	1	0	0	3	36	2	1	86.01
may-17	5	Rebobinado a estator	1	39	7	5	33	47	19	0	4	6	1	0	0	5	37	2	2	97.268
oct-17	5	Rebobinado a estator	2	31	8	5	25	38	15	0	6	9	1	0	0	4	35	2	3	95.588
jun-17	12	Rebobinado	2	30	9	6	25	40	15	0	6	10	1	0	0	4	34	3	3	106.09
may-16	25	Reb. a estator	1	35	9	4	29	37	18	0	5	11	1	0	0	3	33	2	2	104.96
feb-17	25	Rebobinado a estator	1	36	9	5	39	35	14	0	7	13	1	0	0	4	32	2	2	105.91
Promedio de tiempos			1.33333333	34.33333333	8.33333333	5.16666667	30.16666667	40.5	16.83333333	0	5.33333333	9.5	1	0	0	3.83333333	34.5	2.16666667	2.16666667	
Desviación Estándar			0.516397779	3.326659987	0.816496581	0.752772653	5.30722778	4.929503018	2.4832774	0	1.21106	2.42899	0	0	0	0.752773	1.8708287	0.408248	0.752773	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 3. Demanda de horas hombre de la familia 3

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística Recibir y almacenaje de motor	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	
				Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
abr-16	75	Reb a estator, rectificación tapa trasera	2	39	12	8	30	39	27	13	14	1	36	0	3	45	3	1
jun-16	40	Reb a motor y rectificación tapas	2	41	10	7	31	53	22	14	12	1	32	0	5	38	3	2
jul-16	40	Rebobinado estator y rectificación tapas	1	37	13	7	28	40	26	12	13	2	33	0	4	38	3	2
nov-16	75	Rebobinado estator y soldadura de tapa	1	38	8	7	27	38	31	16	14	2	34	0	4	43	4	2
dic-16	50	Rebobinado a estator y reparación a tapa delantera	1	42	8	7	33	49	33	16	12	1	0	32	6	48	4	1
dic-16	60	Reb a rotor y rectificación de ejes	2	44	12	8	26	45	28	14	11	1	35	0	3	50	4	1
ene-17	75	Rebobinado rotor y reparación de tapas	2	36	10	7	28	46	29	15	12	2	35	2	4	41	3	1
ago-17	60	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1	36	12	8	34	41	24	13	15	2	35	0	4	42	3	1
sep-17	75	Rebobinado rotor y rectificación eje	2	39	12	6	35	46	26	11	17	1	34	0	3	40	3	1
sep-17	40	Rebobinado a estator y reparación de tapa del	2	46	15	9	25	43	26	14	18	1	33	0	5	43	4	2
sep-17	75	Rebobinado estator y reparación de ejes	2	34	13	7	25	41	29	13	12	1	0	31	6	49	4	2
Promedio de tiempos			1.636363636	39.2727273	11.3636364	7.3636364	29.27272727	43.7273	27.363636	13.727273	13.63636364	1.36363636	33.63636364	4.09091	43.3636	3.4545455	1.4545455	
Desviación estándar			0	3.66308365	2.15743956	0.8090398	3.580248849	4.58456	3.1071764	1.5550504	2.248231628	0	1.566698904	1.30035	4.20173	0.522233	0.522233	
Duración en días			1	5	1	1	4	5	3	2	2	0.20	5	1	5	0	1	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 4. Demanda de horas de la familia 4

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica			Área de acabado				Área de Mec. Precisión			Área Mecánica			
			Recibir y almacenaje de motor	Desensambalar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
feb-16	100	Rebobinado a estator y rectificación (tapas)	1	50	15	9.57	37	70	30	11	16	4	54	0	6	59	4	2
feb-16	100	Rebobinado a estator y reparación tapas	2	49	11	13.4475	38	65	34	15	17	3	0	53	7	57	5	1
feb-17	100	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	2	56	13	11.484	36	68	33	16	13	2	57	0	6	64	6	3
ago-17	125	Rebobinado a rotor. Rectificación ejes	2	55	14	11.847	45	67	36	16	12	2	55	0	7	66	5	2
sep-18	125	Rebobinado a rotor, reparación de tapas	2	53	11	11.484	41	71	37	14	14	2	0	56	6	63	4	2
jun-16	150	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1	49	10	11.484	40	69	35	13	18	3	54		5	58	4	3
nov-16	150	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1	46	10	9.57	43	66	35	12	18	4	58	0	5	55	4	2
jun-17	150	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1	48	10	11.484	38	68	30	14	12	3	55	0	6	56	5	2
jun-16	200	Rebobinado estator y reparación de tapas	2	53	12	11.484	45	70	28	18	15	4	0	51	5	54	5	1
jul-17	200	Rebobinado a estator y reparación a caja de conexión	2	51	13	12.9525	44	69	28	15	17	4		52	4	62	6	2
dic-16	200	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1	49	14	10.131	39	72	29	16	15	2	51	0	8	60	4	3
feb-17	200	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	2	58	8	8.579	43	68	30	17	14	2	54	0	9	59	3	2
mar-17	200	Rebobinado a estator y reparación tapas	2	53	9	9.384	46	74	33	13	16	3	0	50	9	53	4	3
abr-17	200	Rebobinado a estator y reparación tapas	2	50	9	8.004	39	69	36	15	14	3	0	55	8	64	5	3
jun-17	200	Rebobinado a estator y reparación muñones	1	48	10	8.004	42	71	34	7	15	4		53	8	61	3	3
oct-17	200	Rebobinado a estator y reparación de ejes	1	49.236	11	8.579	46	74	35	16	12	4	0	53	7	60	4	2
Promedio de tiempos			1.5625	51.07725	11.25	10.468	41.375	69.4375	32.6875	14.25	14.875	3.0625	#REF!	6.625	59.4375	4.4375	2.25	
Desviación estándar			0	3.28649981	2.04939015	1.71840524	3.32415403	2.555223	3.04890691	2.670830083	2.028957039	0.85391256	#REF!	1.5	3.8117144	0.8920949	0.68313005	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 5. Demanda de horas de la familia 5

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	
			Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
oct-16	250	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	2	69	22	12	53	91	43	19	19	3	62	0	9	68	5	5
oct-17	250	Rebobinado a estator. Reparación de tapa	2	71	31	19	49	80	41	15	23	2	64	0	6	66	4	3
abr-16	300	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1	60	30	15	59	80	35	16	22	3	62	0	10	71	4	4
ago-16	300	Rebobinado a estator y rectificación ejes	1	67	27	15	55	87	38	16	17	2	62	0	4	60	4	4
jul-17	300	Rebobinado a estator y rectificación de eje	2	72	28	15	53	92	38	14	14	3	66	0	8	75	5	4
mar-17	300	Rebobinado a estator rectificación de ejes	2	59	23	18	58	89	37	12	18	3	63	0	9	59	4	5
may-17	300	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1	62	29	13	53	85	38	13	15	2	64	0	6	66	4	6
may-17	300	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1	65	20	17	59	93	38	19	19	2	65	0	7	60	5	4
nov-17	300	Rebobinado estator. Rectificación rodamiento	1	63	20	15	52	81	39	21	20	3	62	0	7	60	5	5
dic-17	300	Rebobinado a estator y reparación tapas	2	60	23	15	55	96	41	18	21	3	63	0	6	71	4	4
feb-16	350	Reb a estator y rectificación de tapas	2	66	24	15	54	89	40	20	20	3	67	0	6	64	4	4
mar-16	350	Rebobinado a estator y rectificación (tapas)	1	60	26	19	55	90	42	22	13	2	67	0	9	63	5	3
mar-16	350	Reb a estator y rectificación de ejes	2	72	26	14	54	88	43	20	17	2	63	0	10	62	4	4
nov-17	350	Rebobinado a estator y rectificación ejes	2	63	20	13	56	94	38	22	16	3	0	61	11	67	5	4
jun-17	350	Rebobinado a estator y reparación tapas	1	64	18	15	60	92	42	19	12	3	0	62	11	71	4	6
Promedio de tiempo			1.533333333	64.86666667	24.466667	15.333333	55	88.4667	39.5333333	17.7333	17.7333333	2.6	63.53333333	7.93333333	65.5333333	4.4	4.333333	
Desviación estándar			0	4.501851471	4.050867	2.0930725	3	5.04079	2.3864698	3.21751	3.28343606	0	1.922300209	2.12019765	4.95503592	0	0.899735	

Nota: Brayán Alvarado, 2018.

Anexo 6. Demanda de horas hombre de la familia 6

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
jul-16	400	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1	76	24	18	65	103	44	25	23	3	93	0	19	73	9	5
ago-16	450	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	2	68	28	21	69	99	46	28	28	3	86	0	17	72	7	6
oct-16	400	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	2	76	30	19	70	98	49	30	24	4	88	0	17	78	12	5
mar-17	485	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1	73	31	23	68	105	50	31	26	3	90	0	16	71	8	4
dic-17	400	Rebobinado a rotor, reparación de tapas	1	69	29	20	71	107	49	26	27	4	0	86	18	68	7	6
dic-17	485	Rebobinado a estator. Rectificación de tapas	1	70	27	22	69	104	47	20	29	4	84	0	20	73	9	8
Promedio de duración de actividades			1.333333333	72	28.1666667	20.5	68.6666667	102.67	47.5	26.666667	26.166667	3.5	87.83333333	17.83333333	72.5	8.666667	5.66667	
Desviación estándar			0	3.521363372	2.4832774	1.87082869	2.065591118	3.5024	2.258318	3.9832985	2.3166067	0.54772	3.250640962	1.47196014	3.27109	1.861899	1.36626	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 7. Demanda de horas hombre de la familia 7

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
jun-16	0.5	Mto motor y rectificación de tapas	1	29	10	9	20	31	15	8	5	5	1	28	0	5	30	3	2
abr-16	5	Mto a motor y rectificación tapas	1	24	5	6	23	38	13	8	7	6	1	29	0	2	26	2	2
ago-16	5.5	Mto a motor y reparación de tapas	1	26	11	7	25	36	13	8	7	5	1	0	35	3	25	3	3
abr-17	12	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1	28	11	6	20	37	17	9	5	4	1	35	0	4	29	2	2
Promedio de tiempo			1	26.75	9.25	7	22	35.5	14.5	8.25	6	5	1	31.75	3.5	27.5	2.5	2.25	
Desviación estándar			0	2.21735578	2.87228132	1.414213562	2.44948974	3.10912635	1.91485422	0.5	1.154700538	0.8164966	0	3.774917218	1.2909944	2.38047614	0.5773503	0.5	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 8. Demanda de horas hombre de la familia 8

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
sep-16	50	Mto a motor y rectificación rodamientos	1	36	10	8	25	40	33	10	10	12	1	43	0	2	32	4	2
sep-16	50	Mto a motor y reparación ejes	2	36	7	12	34	37	35	10	13	14	1	0	40	4	34	3	2
jul-17	75	Mto a motor y rectificación de tapas	1	29	8	9	38	40	34	8	11	10	1	36	0	5	37	4	3
abr-17	50	Rebobinado a estator y reparación a tapa trasera	2	34	8	7	36	39	31	10	14	16	1	39	0	2	38	3	4
Promedio de tiempo			1.5	33.75	8.25	9	33.25	39	33.25	9.5	12	13	1	39.5	3.25	35.25	3.5	2.75	
Desviación Estándar			0	3.304037934	1.2583057	2.160247	5.73730483	1.41421	1.707825	1	1.825742	2.581989	0	2.886751346	1.5	2.753785	0.5773503	0.9574271	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 9. Demanda de horas hombre de la familia 9

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	Logística	
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenar motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balancillo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalaje de motor
nov-16	100	Mto a motor y rectificación eje	1	60	17	12	39	70	34	12	14	12	1	46	0	5	56	6	2
dic-16	100	Mto a motor y rectificación de tapas	1	58	19	12	43	62	44	10	16	14	1	44	0	6	51	3	4
may-16	100	Mto a motor y reparación tapas	1	57	14	10	47	59	39	10	12	11	1	0	43	4	60	3	3
nov-17	100	Mto a motor. Rectificación de tapas	1	53	16	9	45	64	38	10	11	10	1	39	0	5	49	5	4
abr-16	200	Mto a motor y rectificación tapas	1	51	17	15	34	63	41	11	17	9	1	51	0	5	50	5	3
ago-17	200	Mto a motor y rectificación de ejes	1.65	49	20	11	38	55	40	12	11	17	1	43	0	6	52	4	4
Promedio de duración de actividades			1.1083333	54.6667	17.16667	11.5	41	62.1667	39.333333	10.83333	13.5	12.1667	1	44.33	5.16667	53	4.33333	3.33333	
Desviación estándar			0	4.32049	2.136976	2.0736	4.8579831	5.03653	3.32666	0.983192	2.5884	2.92689	0	3.983298466	0.75277	4.1952	1.21106	0.8165	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 10. Demanda de horas hombre de la familia 10

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	Logística	
			Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
jul-16	300	Mto a motor, reparación tapas	1	68	15	19	50	75	46	15	17	20	3	0	67	8	74	5	6
ene-17	300	Mto a motor, rectificación tapa trasera	2	72	18	22	54	69	44	13	21	21	3	63	0	9	79	4	5
abr-16	350	Mto a motor y rectificación tapas	2	70	13	20	48	68	48	14	18	20	3	66	0	9	75	8	4
abr-17	350	Mto a motor y soldadura a tapa	1	66	14	17	55	74	54	15	17	17	3	62	0	9	74	5	4
sep-17	350	Mto a motor y rectificación de ejes	1	62	16	18	51	73	49	14	20	18	3	65		5	70	6	4
nov-17	350	Mantenimiento a motor. Reparación de tapa	1	67	19	16	49	76	41	16	19	14	3	0	65	6	73	4	6
Promedio de tiempo			1.333333333	67.5	15.83333333	18.666667	51.16666667	72.5	47	14.5	18.6666667	18.33333333	3	64.6666667	7.6666667	74.16667	5.3333333	4.83333333	
Desviación estándar			0	3.44963766	2.316606714	2.1602469	2.786873995	3.271085447	4.472135955	1.048808848	1.63299316	2.581988897	0	1.86189673	1.7511901	2.926887	1.5055453	0.98319208	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 11. Demanda de horas hombre de la familia 11

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	Logística	
			Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamblaje de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones	Embalado de motor
oct-16	485	Mto a motor y rectificación tapas de abanico	2	85	25	23	63	81	51	28	25	34	5	65	0	14	81	8	7
sep-17	450	Mto a motor y rectificación de tapa punta de eje	1	74	20	20	58	84	49	31	24	25	4	74	0	17	85	10	6
ene-17	450	Mto a motor, rectificación punta eje	2	86	27	26	61	79	53	26	24	24	4	80	0	15	70	7	8
Promedio de tiempo			1.666666667	81.66666667	24	23.333333	60.666667	81.33333333	51	28.33333333	24.33333333	27.66666667	4.33333333	73	0	15.3333333	78.666667	8.33333333	7
Desviación estándar			0	6.658328118	3.605551275	2.5166115	2.5166115	2.516611478	2	2.516611478	0.577350269	5.507570547	0.5773503	7.5498344	0	1.5275252	7.7674535	1.5275252	1

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 12. Tiempos de duración de actividades de la familia 1

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado o en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
may-16	1	rectificación de tapas	1.65	29.2578	9.57	7.656	22.968	42.108	11.88	0	5.6925	4.9005	1.65	26.4	0	5.082	30.428112	3.828	3.828
sep-16	2	estator, rectificación	1.65	30.3732	5.742	6.006	23.2815	38.1975	12.375	0	5.6265	7.1445	1.65	25.674	0	2.64	31.588128	1.914	2.62
mar-17	2	estator y rectificación eje	1.65	31.745	9.57	6.237	23.2815	38.1975	12.375	0	5.6265	8.217	1.65	24.71	0	2.64	33.0148	1.914	1.914
sep-16	5	estator y rectificación eje	1.65	28.65	9.57	6.534	24.0405	38.2272	13.233	0	8.0685	5.3625	1.65	27.1425	0	4.3395	29.796	1.914	1.914
may-16	25	estator y rectificación de	1.65	31.48	9.57	7.656	26.796	42.108	14.2725	0	8.7945	6.633	1.65	24.71	0	4.3395	32.7392	3.828	3.828
Promedio de tiempos			1.65	30.3012	8.8044	6.8178	24.0735	39.76764	12.8271	0	6.7617	6.4515	1.65	25.7273	0	3.8082	31.513248	2.6796	2.8208
Desviación estandar			N/A	1.350412611	1.711933644	0.78773	1.57239892	2.136481	0.94336144	0	1.546007	1.34366	N/A	1.06395	0	1.10866	1.4044291	1.048341	0.963561

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 13. Tiempos de duración de actividades de la familia 2

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
feb-16	0.5	Reb. a estator	1.65	29.2578	9.57	6.006	21.54	41.669	15.333	0	5.1315	3.8115	1.65	0	0	2.64	30.428112	1.914	1.914
may-17	5	Rebobinado a estator	1.65	30.3732	9.57	5.742	24.0405	38.2272	13.233	0	6.534	6.6	1.65	0	0	4.3395	31.588128	1.914	3.28
oct-17	5	Rebobinado a estator	1.65	30.3732	9.57	5.742	24.0405	38.2272	13.233	0	6.534	3.828	1.65	0	0	4.3395	31.588128	1.914	1.914
jun-17	12	Rebobinado	1.65	32.19645	9.57	7.656	25.7895	40.194	14.0085	0	6.8475	7.062	1.65	0	0	5.082	33.484308	3.828	3.828
may-16	25	Reb. a estator	1.65	28.759	9.57	5.742	26.796	42.108	14.2725	0	6.798	5.9235	1.65	0	0	2.64	29.90936	1.914	1.914
feb-17	25	Rebobinado a estator	1.65	31.46	9.57	5.742	26.796	40.194	14.2725	0	8.25	5.9895	0	0	0	4.3395	32.7184	1.914	2.62
Promedio de tiempos			1.65	30.403275	9.57	6.105	24.83375	40.10323	14.05875	0	6.6825	5.53575	1.375	0	0	3.89675	31.619406	2.233	2.578333
Desviación Estándar			0	1.292262092	0	0.76713467	2.035759729	1.644761	0.78502769	0	0.994719	1.3934	0.67361	0	0	1.015061	1.3439526	0.781387	0.822162

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 14. Tiempos de duración de actividades de la familia 3

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor	Total
mar-16	75	Reb a estator, rectificación tapa trasera	1.65	38.28	11.484	8.052	26.45	41.844	28.71	9.57	13.398	1.65	28.71	0	3.828	39.4284	3.828	1.914	223.938
abr-16	40	Reb a motor y rectificación tapas	1.65	36.366	9.57	7.8375	27.357	42.0255	24.882	9.57	11.484	1.65	24.34	0	1.914	37.457	3.828	1.914	216.282
jun-16	40	Rebobinado estator y rectificación tapas	1.65	34.541	9.57	7.656	28.71	44.022	27.126	11.484	11.484	1.65	23.1	0	5.742	35.5772	3.828	3.828	202.884
jul-16	75	Rebobinado estator y soldadura de tapa	1.65	38.28	11.484	7.623	25.014	43.065	28.71	9.57	13.398	1.65	23.1	0	5.742	39.4284	3.828	1.914	195.228
nov-16	50	Rebobinado a estator y reparación a tapa delantera	1.65	36.5	9.57	7.656	28.71	44.022	23.3475	11.484	11.484	1.65	0	24.255	3.828	37.595	3.828	3.828	223.938
dic-16	60	Reb a rotor y rectificación de ejes	1.65	36.366	11.484	8.745	25.014	41.25	24.882	9.57	13.398	1.65	24.12	0	3.828	37.457	3.828	1.914	204.798
dic-16	75	Rebobinado rotor y reparación de tapas	1.65	34.452	10.5765	7.9695	28.71	46.9095	26.796	9.57	11.484	1.65	0	21.24	3.828	35.4856	3.828	1.914	178.002
ene-17	60	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1.65	36.366	11.484	8.5965	27.225	41.844	24.882	9.57	13.398	1.65	26.895	0	1.914	37.457	3.828	1.914	185.658
ago-17	75	Rebobinado rotor y rectificación eje	1.65	35.32	12.2265	7.5405	23.1	42.108	26.796	9.57	15.312	1.65	26.796	0	1.914	36.3796	3.828	1.914	225.852
sep-17	40	Rebobinado a estator y reparación de tapa del	1.65	38.28	11.748	9.57	27.951	43.065	26.796	11.484	11.484	1.65	28.545	0	1.914	39.4284	3.828	3.828	246.906
sep-17	75	Rebobinado estator y reparación de ejes	1.65	34.452	9.57	7.656	28.71	44.022	29.7495	11.484	11.484	1.65	0	25.82	1.914	35.4856	3.828	3.828	204.798
Promedio de tiempos			1.65	36.29118	10.797	8.082	26.99554545	43.107	26.607	10.266	12.528	1.65	25.17463636	3.306	37.3799	3.828	2.61	209.844	
Desviación estándar			0	1.506589	1.04434111	0.6356171	1.902092236	1.60564	1.9659162	0.9656608	1.31597386	0	12.1606	11.1524	1.50487	1.55179	0	0.9656608	19.951056

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 15. Tiempos de duración de actividades de la familia 4

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado			Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	Logística	
			Recibir y almacenaje de motor	Desensambalar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
feb-16	100	Rebobinado a estator y rectificación (tapas)	1.65	45.87	11.484	9.57	39.6	62.436	31.41	12.31	15.21	2.45	37.63	0	5.56	47.2461	3.95	2.31
ene-17	100	Rebobinado a estator y reparación tapas	1.65	49.236	11.484	13.4475	41.15	60.9675	28.56	11.19	14.36	2.45	0	34.15	7.41	50.71308	4.33	3.41
feb-17	100	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	49.764	13.398	11.484	37.29	66.858	29.37	14.36	13.74	2.45	32.41	0	6.23	51.25692	4.33	2.31
ago-17	125	Rebobinado a rotor. Rectificación ejes	1.65	48.84	13.398	11.847	39.798	63.7395	29.37	12.31	15.21	2.45	35.79	0	5.56	50.3052	5.15	2.31
dic-17	125	Rebobinado a rotor, reparación de tapas	1.65	51.4965	13.398	11.484	39.105	62.436	29.37	13.74	15.21	2.45		36.66	5.56	53.041395	4.33	2.31
jun-16	150	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	44.319	11.484	11.484	43.494	64.5975	30.74	13.74	13.74	2.45	33.21	0	6.23	45.64857	4.33	3.41
nov-16	150	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	46.464	12.969	9.57	42.108	66.924	31.41	12.31	12.31	2.45	38.52	0	6.23	47.85792	3.95	2.87
jun-17	150	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	48.3615	13.398	11.484	39.798	63.25	30.74	11.19	12.31	2.45	39.73	0	7.41	49.812345	4.33	2.96
jun-16	200	Rebobinado estator y reparación de tapas	1.65	50.2755	13.398	11.484	39.105	69.63	28.56	11.19	14.36	2.45	0	36.25	5.56	51.783765	4.33	3.15
nov-16	200	Rebobinado a estator y reparación a caja de conexión	1.65	51.81	13.398	12.9525	37.62	64.68	27.96	11.19	15.21	2.45		33.54	4.18	53.3643	4.33	1.98
dic-16	200	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	45.6225	14.421	10.131	39.6	63.25	27.96	13.74	15.21	2.45	33.65	0	4.18	46.991175	4.15	3.15
feb-17	200	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	44.33	8.004	8.579	37.507	59.17	30.74	14.36	13.74	2.45	31.33	0	6.23	45.6599	4.33	2.96
mar-17	200	Rebobinado a estator y reparación tapas	1.65	46.87	8.004	9.384	39.348	63.25	31.74	13.74	15.21	2.45	0	37.12	6.23	48.2761	5.15	2.87
abr-17	200	Rebobinado a estator y reparación tapas	1.65	50.22	9.338	8.004	37.15	57.85	29.37	13.74	14.36	2.45	0	34.95	7.41	51.7266	5.15	3.14
jun-17	200	Rebobinado a estator y reparación muñones	1.65	48.84	8.418	8.004	42.108	69.63	34.36	12.31	14.36	2.45		32.52	7.41	50.3052	4.33	3.15
oct-17	200	Rebobinado a estator y reparación de ejes	1.65	49.236	7.4865	8.579	39.6	57.85	33.56	14.36	13.74	2.45	0	34.95	5.53	50.71308	4.33	2.87
Promedio de tiempos			1.65	48.2221875	11.4675313	10.468	39.6488125	63.53241	30.32625	12.8613	14.2675	2.45	35.150625	6.0575	49.6688531	4.425	2.8225	
Desviación estándar			0	2.37502659	2.40850865	1.71840524	1.83265477	3.580041	1.87411801	1.23794	0.97093426	0	8.831240545	1.02580375	2.44627739	0.3824483	0.44105177	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 16. Tiempos de duración de actividades de la familia 5

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado			Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
			Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
oct-16	250	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	54.681	15.312	11.88	48.84	84.3645	38.28	16.54	15.312	3.3	47.85	0	9.075	59.334	5.742	5.742
oct-17	250	Rebobinado a estator. Reparación de tapa	1.65	56.364	15.312	14.025	48.84	82.071	36.97	15.312	15.312	3.3	47.85	0	7.0125	63.426	5.742	3.828
jul-16	300	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	53.1135	15.312	14.025	51.81	81.14	38.28	13.12	15.312	3.3	47.85	0	10.3125	53.1135	5.742	3.828
ago-16	300	Rebobinado a estator y rectificación ejes	1.65	57.9975	15.312	14.025	49.877	86.2605	38.28	15.312	17.41	3.3	44.74	0	5.049	57.9975	5.742	4.14
nov-16	300	Rebobinado a estator y rectificación de eje	1.65	55.275	15.312	15.312	50.557	85.633	38.28	15.312	15.312	3.3	38.74	0	8.019	55.275	5.742	3.47
mar-17	300	Rebobinado a estator rectificación de ejes	1.65	53.955	13.398	17.226	48.84	86.8395	34.452	13.398	11.484	3.3	47.85	0	10.3125	53.955	5.742	3.828
may-17	300	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	57.948	15.312	11.88	53.394	86.8395	38.28	15.312	15.312	3.3	46.2	0	5.049	57.948	5.742	5.742
may-17	300	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1.65	53.3445	15.312	14.025	56.1175	83.69	35.23	15.312	14.22	3.3	49.62	0	8.019	58.575	5.742	3.828
nov-17	300	Rebobinado estator. Rectificación rodamiento	1.65	53.3445	15.312	15.312	52.107	81.14	36.97	17.44	15.312	3.3	43.45	0	8.019	51.414	5.742	4.14
dic-17	300	Rebobinado a estator y reparación tapas	1.65	57.9975	15.312	15.312	55.065	86.8395	37.41	15.312	13.67	3.3	39.61	0	8.019	57.9975	5.742	4.14
feb-16	350	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	56.364	15.312	15.312	53.39	86.8395	38.28	16.54	15.312	3.3	46.2	0	8.019	56.364	5.742	5.742
mar-16	350	Rebobinado a estator y rectificación (tapas)	1.65	54.6975	15.312	16.731	54.648	87.7965	38.28	15.312	13.67	3.3	47.85	0	10.3125	59.5155	5.742	3.828
mar-16	350	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	62.37	15.312	14.025	48.84	82.071	39.85	15.312	15.312	3.3	44.58	0	9.075	62.37	5.742	2.96
abr-17	350	Rebobinado a estator y rectificación ejes	1.65	57.2385	15.312	11.88	52.107	87.7965	38.28	13.398	11.484	3.3	0	45.36	9.075	57.2385	5.742	3.828
jun-17	350	Rebobinado a estator y reparación tapas	1.65	54.681	15.312	15.312	53.394	87.7965	39.85	15.312	15.312	3.3	0	41.25	10.3125	51.414	5.742	3.828
Promedio de tiempo			1.65	55.9581	15.1844	14.4188	51.8551	85.1412	37.7981333	15.2163	14.6497333	3.3	45.26666667	8.3787	57.0625	57.0625	5.742	4.191467
Desviación estándar			0	2.484855236	0.4941927	1.6328673	2.470603499	2.50377	1.45386312	1.18136	1.55183318	0	3.260680618	1.71339383	3.56006744	0	0.852818	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 17. Tiempos de duración de actividades de la familia 6

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado			Área de Mec. Precisión				Área Mecánica	Logística	
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Extraer rebobinado en mal estado	Rebobinar	Lavado y limpieza de motor	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalaje de motor
jul-16	400	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	66.99	19.14	15.312	63.162	99.528	45.936	21.054	19.14	3.3	57.75	0	11.484	66.99	9.57	1.914
ago-16	450	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	70.818	19.14	17.226	61.248	93.786	47.85	22.968	18.78	3.3	53.21	0	13.398	70.818	7.656	4.325
oct-16	400	Rebobinado a estator y rectificación de tapas	1.65	66.99	20.1465	15.312	59.4	95.7	45.936	21.054	17.54	3.3	57.75	0	11.55	66.99	9.57	6.478
nov-16	485	Rebobinado a estator y rectificación de ejes	1.65	70.818	20.1465	17.226	65.076	101.44	47.85	21.054	19.14	3.3	54.15	0	11.484	70.818	7.656	5.742
dic-17	400	Rebobinado a rotor, reparación de tapas	1.65	66.99	19.14	15.312	63.162	97.614	45.936	15.312	20.36	3.3	0	52.35	11.55	66.99	7.656	3.828
dic-17	485	Rebobinado a estator. Rectificación de tapas	1.65	70.818	19.14	13.398	59.4	99.528	47.85	22.968	19.14	3.3	51.89	0	13.398	70.818	7.656	3.828
Promedio de duración de actividades			1.65	68.904	19.4755	15.631	61.908	97.933	46.893	20.735	19.01667	3.3	54.51666667	12.144	68.904	8.294	4.3525	
Desviación estándar			0	2.096682	0.519754	1.440807	2.28897287	2.8173	1.048341	2.8173317	0.904072	0	2.62085991	0.97179	2.09668	0.988385	1.60908	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 18. Tiempos de duración de actividades de la familia 7

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balanceo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
jun-16	0.5	Mto motor y rectificación de tapas	1.65	22.506	9.57	7.656	16.368	31.845	11.55	7.656	4.917	5.1315	1.65	24.312	0	4.3395	22.506	3.828	1.914
jun-16	5	Mto a motor y rectificación tapas	1.65	22.506	5.742	6.303	18.3975	34.518	12.87	7.656	6.534	5.181	1.65	25.674	0	2.64	24.7665	1.914	1.914
ago-16	5.5	Mto a motor y reparación de tapas	1.65	23.364	9.57	7.656	16.5495	34.749	13.233	8.448	6.534	6.798	1.65	0	20.75	2.64	23.364	3.828	3.828
abr-17	12	Rebobinado a estator y rectificación tapas	1.65	24.7665	9.57	5.742	19.7895	35.194	14.0085	9.123	6.8475	3.828	1.65	25.674	0	5.082	26.928	1.914	1.914
Promedio de tiempo			1.65	23.285625	8.613	6.83925	17.776125	34.0765	12.915375	8.22075	6.208125	5.234625	1.65	24.1025		3.675375	24.391125	2.871	2.3925
Desviación estándar			0	1.06689014	1.914	0.970512365	1.62554716	1.5138887	1.0266638	0.707951	0.873344756	1.2160381	0	2.325393945		1.2333773	1.93091716	1.1050484	0.957

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 19. Tiempos de duración de actividades de la familia 8

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión			Área Mecánica		Logística	
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
sep-16	50	Mto a motor y rectificación rodamientos	1.65	31.469	8.2005	9.7185	27.22	37.52	26.796	9.63	9.57	11.484	1.65	28.05	0	1.914	32.538	3.828	2.365
sep-16	50	Mto a motor y reparación ejes	1.65	33.785	8.844	10.065	29.65	36.95	26.796	8.64	9.57	11.484	1.65	0	27.918	3.828	32.538	3.828	1.914
ene-17	75	Mto a motor y rectificación de tapas	1.65	30.247	9.57	7.656	25.63	39.98	28.71	7.69	11.484	9.57	1.65	23.43	0	5.742	34.452	3.828	3.828
abr-17	50	Rebobinado a estator y reparación a tapa trasera	1.65	36.362	9.57	7.656	30.41	35.33	25.212	10.11	11.484	11.484	1.65	22.77	0	1.914	32.538	3.828	2.8915
Promedio de tiempo			1.65	32.96575	9.046125	8.773875	28.2275	37.445	26.8785	9.0175	10.527	11.0055	1.65	25.542	3.3495	33.0165	3.828	2.749625	
Desviación Estándar			0	2.697995969	0.6595014	1.298539	2.20218641	1.92787	1.431226	1.07602	1.105048	0.957	0	2.833135366	1.832515	0.957	0	0.8224408	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 20. Tiempos de duración de actividades de la familia 9

			Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística	
Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Recibir y almacenaje de motor	Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaceo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalaje de motor	Total
nov-16	100	Mto a motor y rectificación eje	1.65	49.764	13.398	11.847	32.5875	55.506	34.452	11.484	13.398	11.484	1.65	29.7	0	5.049	49.764	5.742	2.96	190.24
dic-16	100	Mto a motor y rectificación de tapas	1.65	51.0675	13.398	10.445	34.841	50.44	34.452	10.25	13.398	11.484	1.65	29.7	0	5.61	51.15	3.828	2.87	182.12
may-17	100	Mto a motor y reparación tapas	1.65	47.2395	11.484	10.445	34.98	51.81	28.71	11.484	9.57	13.398	1.65	0	30.58	5.247	48.906	3.828	1.914	129.92
nov-17	100	Mto a motor. Rectificación de tapas	1.65	45.2265	12.969	9.7185	34.32	56.43	30.624	12.36	11.484	9.57	1.65	33	0	3.498	45.227	5.742	3.828	192.56
abr-16	200	Mto a motor y rectificación tapas	1.65	46.167	11.484	13.464	33.145	52.77	30.624	10.25	11.484	9.57	1.65	33	0	4.62	46.167	5.742	2.97	203
dic-16	200	Mto a motor y rectificación de ejes	1.65	46.365	12.969	13.794	34.4025	50.4405	28.71	11.484	9.57	13.398	1.65	29.7	0	6.864	49.5	3.828	3.828	119.48
Promedio de duración de actividades			1.65	47.6383	12.617	11.619	34.046	52.8994	31.262	11.21867	11.484	11.484	1.65	30.95		5.148	48.452	4.785	3.06167	169.55333
Desviación estándar			0	2.2821	0.898344	1.7063	0.9639059	2.55178	2.6150218	0.823466	1.7119	1.71193	0	1.626612021		1.11166	2.2773	1.04834	0.71374	35.530228

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 21. Tiempos de duración de actividades de la familia 10

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Área Mecánica	Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística
			Recibir y almacenaje de motor	Desensambalar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamblaje de motor	Realizar pruebas finales	Embalado de motor
jul-16	300	Mto a motor, reparación tapas	1.65	61.25	15.312	15.312	41.635	68.2605	40.22	15.41	15.312	15.312	3.3	0	46.3	8.019	63.0875	5.742	4.15
ene-17	300	Mto a motor, rectificación tapa trasera	1.65	60.14	15.312	15.312	46.893	66.98	39.16	13.25	17.963	16.214	3.3	46.2	0	9.075	61.9442	4.125	5.68
abr-16	350	Mto a motor y rectificación tapas	1.65	63.426	14.63	17.226	46.893	69.541	38.28	14.36	15.312	16.214	3.3	47.8	0	9.075	65.32878	7.8788	3.828
abr-17	350	Mto a motor y soldadura a tapa	1.65	59.895	15.312	14.025	40.2765	68.2605	37.53	15.41	13.745	14.854	3.3	43.5	0	9.075	61.69185	5.742	3.828
sep-17	350	Mto a motor y rectificación de ejes	1.65	62.37	16.78	11.88	42.3647	70.014	36.47	14.36	14.219	15.312	3.3	41.95		5.049	64.2411	6.798	2.96
nov-17	350	Mantenimiento a motor. Reparación de tapa	1.65	59.895	14.63	17.226	42.3647	70.014	37.53	13.25	13.745	14.854	3.3	0	44.96	5.049	61.69185	4.125	4.78
Promedio de tiempo			1.65	61.1626667	15.3293333	15.1635	43.40448333	68.845	38.19833333	14.34	15.04933	15.46	3.3	45.11833333	7.557	62.99755	5.7351333	4.20433333	
Desviación estándar			0	1.47294014	0.78529858	2.0312298	2.807744534	1.214828671	1.334097698	0.9661056	1.594959	0.61892	0	2.118493962	1.985273	1.517128	1.4771693	0.93204671	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 22. Tiempos de duración de actividades de la familia 11

Fecha	Tipo de motor HP	Tipo de reparación	Logística	Recibir y almacenar motor	Área Mecánica				Área Eléctrica				Área de acabado				Área de Mec. Precisión				Área Mecánica		Logística	Total
					Desensamblar motor	Realizar pruebas iniciales	Prueba de núcleo	Alineamiento y separación del bobinado	Limpieza de bobinado	Lavado y limpieza de motor	Secado en horno	Pintar motor	Barnizado de motor	Mediciones	Rectificación	Reparación	Balaneo dinámico	Ensamble de motor en su totalidad	Realizar pruebas dinámicas y vibraciones	Embalado de motor				
oct-16	485	Mto a motor y rectificación tapas de abanico	1.65	71.458	19.14	17.226	55.506	72.732	47.85	21.54	16.632	21.32	3.3	45.33	0	11.484	73.63	5.742	5.742	225.04				
dic-16	450	Mto a motor y rectificación de tapa punta de eje	1.65	70.818	19.14	13.398	47.85	73.458	44.52	18.56	16.98	18.246	3.3	49.5	0	13.398	72.479	9.57	3.828	250.56				
ene-17	450	Mto a motor, rectificación punta eje	1.65	75.97	20.1465	15.312	49.764	72.732	46.769	19.63	17.83	19.14	3.3	48.75	0	13.398	70.818	7.656	5.742	262.16				
Promedio de tiempo			1.65	72.748667	19.4755	15.312	51.04	72.974	46.3796667	19.91	17.14733333	19.56866667	3.3	47.86	0	12.76	72.309	7.656	5.104	245.92				
Desviación estándar			0	2.8080494	0.581103	1.914	3.9843087	0.419156295	1.69879673	1.509602597	0.616280239	1.581197437	0	2.2229035	0	1.1050484	1.413687	1.914	1.1050484					
Duración en días			1	9.0935833	2.4344375	1.914	6.38	9.12175	5.79745833	2.48875	2.143416667	2.446083333	0.4714286	6.8371429	0	1.8228571	9.038625	0.957	1					

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 23. Tabla de referencia de la capacidad necesaria

Proyecciones de Cargas de Trabajo para Áreas						
Mes	Tipo de motor según HP	Área Mecánica	Área Eléctrica	Área Precisión	Área de acabado	Área de Logística
Familia 1						
may-18	1	76.1625	84.4875	44.751269	31.765625	2.955
mar-18	2	76.8917	80.0083	42.389309	29.489615	4.83
sep-18	2	76.4542	82.6958	43.806485	30.85524	3.705
sep-18	5	77.3292	77.3208	40.972133	28.12399	5.955
may-18	25	76.1625	84.4875	44.751269	31.765625	2.955
Familia 2						
feb-18	0.5	72.2143	87.0952	3.10714	31.745865	2.71428
may-19	5	70.5584	83.1017	4.32468	29.478785	4.467528
oct-19	5	70.0065	81.7706	4.73052	28.72306	5.051952
jun-19	12	70.4481	82.8355	4.40584	29.32764	4.58442
may-18	25	71.8831	86.2965	3.35065	31.29243	3.064932
feb-19	25	70.8896	83.9004	4.08117	29.93222	4.116888
feb-18	0.5	72.2143	87.0952	3.9141015	31.745865	2.71428
Familia 3						
abr-18	40	84.2306	91.034	39.203749	46.810395	3.488808
jun-18	40	84.7065	91.2113	39.223275	47.02519	3.54516
jul-18	75	84.9444	91.3	39.232974	47.13254	3.573336
nov-18	50	85.8962	91.6547	39.272151	47.56194	3.68604
dic-18	60	86.1342	91.7434	39.281851	47.66929	3.714216
dic-18	75	86.1342	91.7434	39.281851	47.66929	3.714216
ene-19	60	86.3721	91.8321	39.291677	47.77664	3.742392
ago-19	75	88.0377	92.4528	39.360079	48.52809	3.939624
sep-19	40	88.2757	92.5415	39.369779	48.63544	3.9678
sep-19	75	88.2757	92.5415	39.369779	48.63544	3.9678
Familia 4						
feb-18	100	109.852	130.595	62.159859	59.22965	4.14654
feb-18	100	109.327	131.179	62.528073	59.076415	4.275888
feb-19	100	108.976	131.569	62.773464	58.974195	4.36212
ago-19	125	108.976	131.569	62.773464	58.974195	4.36212
sep-18	125	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777

jun-18	150	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777
nov-18	150	108.101	132.543	63.386944	58.718645	4.5777
jun-19	150	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
jun-18	200	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
jul-19	200	107.926	132.737	63.50964	58.667535	4.620804
dic-18	200	107.751	132.932	63.632336	58.61652	4.66392
feb-19	200	107.576	133.127	63.755032	58.56541	4.707036
mar-19	200	107.576	133.127	63.755032	58.56541	4.707036
abr-19	200	107.4	133.322	63.877728	58.5143	4.750152
jun-19	200	107.225	133.517	64.000424	58.46319	4.793268
oct-19	200	107.05	133.712	64.12312	58.41208	4.836384
Familia 5						
oct-18	250	134.961	183.552	73.604342	71.241545	5.869908
oct-19	250	133.647	181.22	72.345638	71.31042	5.625192
abr-18	300	135.289	184.135	73.919018	71.22435	5.931084
ago-18	300	135.179	183.94	73.814084	71.230145	5.910696
jul-19	300	134.851	183.357	73.499408	71.24734	5.84952
mar-19	300	134.413	182.58	73.079798	71.270235	5.767944
may-19	300	134.194	182.191	72.870056	71.28173	5.727156
may-19	300	134.194	182.191	72.870056	71.28173	5.727156
nov-19	300	133.538	181.025	72.240704	71.316215	5.604804
dic-19	300	133.428	180.831	72.13577	71.321915	5.584404
feb-18	350	135.836	185.106	74.443436	71.19566	6.03306
mar-18	350	135.727	184.912	74.338502	71.201455	6.01266
mar-18	350	135.727	184.912	74.338502	71.201455	6.01266
nov-19	350	135.617	184.718	74.233568	71.207155	5.992272
jun-19	350	135.398	184.329	74.023826	71.21865	5.951484
Familia 6						
jul-18	400	155.269	212.769	110.2733	93.17315	4.338456
ago-18	450	154.481	215.481	109.86137	93.97685	4.961544
oct-18	400	152.904	220.904	109.03777	95.58425	6.207696
mar-19	485	152.904	220.904	109.03777	95.58425	6.207696
dic-19	400	152.115	223.615	108.62597	96.3889	6.830772
dic-19	485	151.327	226.327	108.21405	97.1926	7.453848
Familia 7						
jun-18	0.5	56	73.1765	35.679453	31.601465	3.952944
abr-18	5	56	73.1765	35.679453	31.601465	3.952944
ago-18	5.5	56.5	73.5588	36.457577	31.90879	3.917652
abr-19	12	58.5	75.0882	39.569821	33.13828	3.776472
Familia 8						

sep-18	50	71.9065	87.482	45.485555	64.08054	3.6777
sep-18	50	71.9065	87.482	45.485555	64.08054	3.6777
jul-19	75	72.7698	90.4173	43.455529	64.490655	4.437408
abr-19	50	73.4173	92.6187	41.933041	64.79817	5.007192
Familia 9						
nov-18	100	111.754	131.5	50.726965	73.13594	4.711944
dic-18	100	111.868	131.654	50.086275	72.63092	4.720284
may-18	100	112.435	132.422	46.882576	70.10563	4.761936
nov-18	100	113.115	133.344	43.038312	67.07532	4.811928
abr-18	200	110.961	130.425	55.212043	76.671365	4.653624
ago-19	200	111.868	131.654	50.086275	72.63092	4.720284
Familia 10						
jul-18	300	150.993	155.702	76.560005	95.0266	6.252108
ene-19	300	147.57	157.815	75.362396	93.7821	6.378876
may-19	350	152.704	154.646	77.158872	95.64885	6.188736
abr-19	350	145.859	158.871	74.763655	93.15985	6.442248
sep-19	350	143.007	160.631	73.765585	92.1234	6.547884
nov-19	350	141.866	161.336	73.366383	91.70825	6.590136
Familia 11						
oct-18	485	172.217	189.929	84.642695	131.03255	8.541084
sep-19	450	167.144	189.214	93.563345	122.7533	8.041548
ene-19	450	164.607	188.857	98.023607	118.61415	7.791768



Purchases Purchase Control Reporting Configuration Administrator

Vendor Pricelists

[CREATE](#) [IMPORT](#) Filters Group By Favorites

<input type="checkbox"/>	Vendor	Product Variant	Product	Minimal Quantity	Price	Start Date	End Date
▶	ASUSTeK (14)			17.00	10,594.000		
▼	Agrolait (4)			4.00	4,136.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Agrolait		[PROD_DEL02] Datacard	1.00	390.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Agrolait		[HDD-SH1] HDD SH-1	1.00	860.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Agrolait		[CARD] Graphics Card	1.00	876.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Agrolait		[CPUi5] Processor Core i5 2.70 Ghz	1.00	2,010.000		
▼	Camptocamp (3)			2.00	1,464.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Camptocamp		[PROD_DEL] Switch, 24 ports	1.00	55.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Camptocamp		[E-COM09] iMac	1.00	1,399.000		
<input type="checkbox"/>	➕ Camptocamp		[E-COM10] Apple Wireless Keyboard	0.00	10.000		
▶	China Export (2)			13.00	110.000		
▶	Delta PC (6)			7.00	3,438.500		

Validate Order ✕

I agree that by signing this proposal, I accept it on the behalf of **YourCompany**, for an amount of \$ 741.73 with payment terms: **30 Net Days**.

Your Name:

Thomas Pessot

Draw your signature Clear

Jean Cocteau

Sign & Confirm or Cancel

Nota: Oodo,2018.

Anexo 25. Costos por el plan de capacitación

Costo por Horas de Capacitación						
Descripción	Costo Hora Hombre	Factor por hora extra	Cantidad Operarios	Horas	Días por asistir	Total
Capacitación 1	2000	1.5	8	4	7	€ 1,120,000.00
Capacitación 2	2000	1.5	10	4	12	€ 2,400,000.00
Capacitación 3	2000	1.5	7	3	8	€ 840,000.00
Capacitación 4	2000	1.5	11	3	4	€ 660,000.00
Administración	5000	1.5	4	3	7	€ 1,050,000.00

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 26. Inversión Inicial del proyecto

	Mensual	12 meses
Costo por Gestor	₡ 500,000.00	₡ 6,000,000.00
Costo por Gerente de D. Negocios	₡ 500,000.00	₡ 6,000,000.00
Salario de Operario	₡ 7,040,000.00	₡ 84,480,000.00
Salario Téc. Precisión	₡ 1,520,000.00	₡ 18,240,000.00
Salarios Administrativos	₡ 3,200,000.00	₡ 38,400,000.00
Cargas Sociales	₡ 735,133.60	₡ 8,821,603.20
Total de Aumento	₡ 9,560,000.00	₡ 161,941,603.20
Inversión del Proyecto		
Costo de Tesis	₡ 950,000.00	
Creación del SIPCP	₡ 300,000.00	
Dep. Edificio Empresa	₡ 2,000,000.00	
Valor de Rescate de Activos	₡ 1,500,000.00	
Software	₡ 2,300,000.00	
Costo por horas de cap. Software	₡ 420,000.00	
Plan de Capacitación	₡ 105,450.00	
Costo por horas de capacitación	₡ 5,020,000.00	
Caja de herramientas	₡ 375,000.00	
Total de Inversión	₡ 12,970,450.00	
Total de Costos	₡ 174,912,053.20	

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 27. Horas hombre ahorradas en la demanda

Área	Horas hombre ahorradas											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mecánica	75.35892	57.97008	70.9716	59.31156	102.4104	102.29652	24.24384	52.42812	181.14288	30.0558	90.3252	121.344
Eléctrica	36.60492	71.28432	154.3332	62.27988	133.2336	150.5022	1.78644	36.933	152.3136	13.55688	142.8948	267.3276
Precisión	30.21321701	66.99648551	70.04712444	39.173095	42.4787808	23.50077612	8.442506972	35.7987957	70.2821867	54.086579	38.8087863	121.77095
Acabado	72.207468	63.03381	30.503874	59.53272	45.854772	21.212418	6.713364	11.534388	134.577096	49.865328	41.077944	77.884098
Logística	2.2956432	3.3767472	0.8192112	4.7712768	1.9716576	4.7399712	1.3107216	1.7874672	7.8300384	0.5837664	2.6246544	4.6428288
Total	217	263	327	225	326	302	42	138	546	148	316	593

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 28. Análisis del Beneficio (por ahorro de costos) para la empresa

Mes	Horas Ahorradas	Costo por Hora	Total de Ahorro
Enero	217	₡ 3,125.00	₡ 677,125.53
Febrero	263	₡ 3,125.00	₡ 820,817.01
Marzo	327	₡ 3,125.00	₡ 1,020,859.41
Abril	225	₡ 3,125.00	₡ 703,339.16
Mayo	326	₡ 3,125.00	₡ 1,018,591.28
Junio	302	₡ 3,125.00	₡ 944,537.14
Julio	42	₡ 3,125.00	₡ 132,802.73
Agosto	138	₡ 3,125.00	₡ 432,755.53
Septiembre	546	₡ 3,125.00	₡ 1,706,705.63
Octubre	148	₡ 3,125.00	₡ 462,963.60
Noviembre	316	₡ 3,125.00	₡ 986,660.58
Diciembre	593	₡ 3,125.00	₡ 1,853,029.61
Total de Ahorro			₡ 10,760,187.21
Mes	Horas Ahorradas	Costo por Hora Extra	Total de Ahorro
Enero	217	₡ 4,687.50	₡ 1,015,688.29
Febrero	263	₡ 4,687.50	₡ 1,231,225.51
Marzo	327	₡ 4,687.50	₡ 1,531,289.11
Abril	225	₡ 4,687.50	₡ 1,055,008.74
Mayo	326	₡ 4,687.50	₡ 1,527,886.92
Junio	302	₡ 4,687.50	₡ 1,416,805.71
Julio	42	₡ 4,687.50	₡ 199,204.09
Agosto	138	₡ 4,687.50	₡ 649,133.30
Septiembre	546	₡ 4,687.50	₡ 2,560,058.44
Octubre	148	₡ 4,687.50	₡ 694,445.41
Noviembre	316	₡ 4,687.50	₡ 1,479,990.87
Diciembre	593	₡ 4,687.50	₡ 2,779,544.42
Total de Ahorro por pago de extras			₡ 16,140,280.81
	Costo	Meses	Total de Ventas Anuales
Ventas Mensuales Promedio	₡ 12,000,000.00	12	₡ 144,000,000.00
Promedio de Aumento del 3%			
Beneficio al año 1	₡ 170,900,468.02		
Beneficio al Año 2	₡ 176,027,482.06		
Beneficio al Año 3	₡ 181,308,306.53		

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 29. Flujo de caja

Año de operación	Ingresos totales	Egresos totales	Fija	Valor residual	Flujo neto
1	₡ 170,900,468.02	₡ 161,941,603.20	₡ 13,930,450.00		-₡ 4,971,585.18
2	₡ 176,027,482.06	₡ 166,799,851.30			₡ 9,227,630.77
3	₡ 181,308,306.53	₡ 171,803,846.83		₡ 1,253,740.50	₡ 8,250,719.19

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 30. Análisis del VAN y el TIR

Año de operación	Costos totales	Beneficios totales	Factor de actualización	Costos actualizados	Beneficios actualizados	Flujo neto de efectivo
0			10%			
1	₡ 175,872,053.20	₡ 170,900,468.02	9.09%	₡ 191,858,822.84	₡ 186,435,320.57	-₡ 5,423,502.27
2	₡ 166,799,851.30	₡ 176,027,482.06	8.26%	₡ 180,577,519.01	₡ 190,567,352.08	₡ 9,989,833.07
3	₡ 171,803,846.83	₡ 181,308,306.53	7.51%	₡ 184,706,315.73	₡ 194,924,560.35	₡ 10,218,244.61
Total	₡ 514,475,751.33	₡ 528,236,256.62		₡ 557,142,657.58	₡ 571,927,233.00	₡ 14,784,575.42
	Valor actual neto	₡ 7,170,336.14				
	Tasa Interna de retorno	24%				
	B/C	1.026536427				

Nota: Brayan Alvarado, 2018.

Anexo 31. Manual del Usuario del SIPCP

Manual del Usuario del SIPCP		
Fase 1	Actividad	Medio de Apoyo
1	Recopilación de la demanda de motores y horas hombre	Software
2	Tomar datos de la demanda de horas hombre requeridas en proyectos pasados	Software
3	Agrupar datos por familias	Excel
4	Definir horizonte de planeación (6 meses propuesto)	Software
5	Realizar Autocorrelaciones por familias de motores	Minitab o Excel
6	Pronosticar demanda de horas según los motores atendidos por área	Minitab o Excel
7	Evaluar error de pronóstico (no se recomienda más del 15%)	Minitab o Excel

8	Determinar la capacidad real de producción de las áreas en función al tiempo de ciclo de las actividades	Software y Excel
9	Comparar si se tiene la capacidad real para producir la demanda de horas hombre	Excel
10	Si no la tiene, se balancea el flujo y en caso mayor, se opta por pago de horas extra	Excel
11	Si la tiene, se debe genera el PMP teórico de producción de las horas para las reparaciones	Software
12	Se debe generar el MRP Teórico de lo que se requiere y cuánto se requiere por cada familia o en este caso, motor pronosticado	Software
13	Se verifica disponibilidad de inventario de materiales en la bodega	Software
14	Si hay material, se compromete lo que se tiene para las reparaciones	Software (como nota)
15	Si no hay, se envía a la cadena de suministros, es decir, se genera la orden de compra oportuna para tener el material en disposición	Software
16	Se asignan los recursos, es decir se ocupan las áreas a las reparaciones, según el PMP	Excel y Organización
Fase 2		
1	Se evalúa la demanda de las horas que tiene cada área	Software
2	Se genera el Plan Agregado, donde se especifica cuantos operarios se requieren para cumplir con la demanda de horas únicamente , es decir no más ni menos	Excel
3	Se genera el plan maestro de producción real, que indica las horas que se deben trabajar para cumplir con las reparaciones en tiempo oportuno	Software

4	Generar el MRP que indique cuando pedir, cuanto pedir para que llegue la materia prima antes de lo requerido en la línea	Software
5	Se debe solicitar la materia prima disponible a bodega para completar las reparaciones	Software
6	Se asignan los recursos a los proyectos, la materia prima y las áreas que trabajaran en las reparaciones según el PMP	Excel y Organización
7	Mantener una retroalimentación de la información durante y después de las reparaciones, según el tiempo en que se vayan logrando las actividades	Software
8	Evaluación de la productividad	Excel
Fase 3		
1	Alimentación constante del avance, horas hombre invertidas, tiempo de ciclo de las actividades	Software
2	Se debe verificar que se cumpla y se utilicen los pronósticos apropiadamente	Minitab o Excel
3	Comprobar que no haya error alto que pueda generar desviaciones radicales	Minitab o Excel
4	Se debe elaborar y supervisar la realización correcta en tiempo real de las herramientas de la planeación agregada	Software y Excel
5	Se debe cumplir con las evaluaciones de los proyectos según lo establecido para mantener control sobre el tiempo de duración de las actividades y sobre la reparación de los motores	Software
6	Aplicar y utilizar los indicadores en las evaluaciones	Excel
7	Si hay desviaciones dentro de las horas invertidas y el tiempo de ciclo se debe ajustar y reprogramar el SIPCP, para eso es necesario la alimentación del sistema	Software

8	Si hay problemas severos o críticos, se debe negociar con el cliente para saber si quiere invertir más o se suspende la reparación	Negociación
9	Al final de las reparaciones se debe evaluar que no se incurrió en costos extra, que se obtuvo resultados factibles y cumplieron con las expectativas y trasladar utilidades y ganancias al departamento respectivo	Software y Excel

Nota: Brayan Alvarado, 2018.