



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE UN
ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE METAL
MECÁNICA DE LA EMPRESA ECATRAN S.A.**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Christian Daniel Velastegui Llanos

TUTOR: Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.

Ambato - Ecuador

agosto – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE METAL MECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Christian Daniel Velastegui Llanos, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, agosto 2023.

Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg
TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación titulado: MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE METAL MECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A. es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2023.



Christian Daniel Velastegui Llanos

C.C. 1804381778

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2023.



Christian Daniel Velastegui Llanos

C.C. 1804381778

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Christian Daniel Velastegui Llanos, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE METAL MECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, agosto 2023.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Daysi Margarita Ortiz Guerrero
PROFESOR CALIFICADOR

PhD. Víctor Hugo Guachimbosa Villalba
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico, en primer lugar, a Dios, por brindarme fuerza, conocimiento y por estar a mi lado en todas las metas y objetivos que me he propuesto en la vida, también le agradezco por haberme bendecido con una familia maravillosa, que me ha brindado todo su amor, confianza y apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica.

A mis padres Ligia y Geovanny, a mis hermanos Angélica y Adrián, y a mis segundos padres Luis y Teresa, quienes con su amor, sabiduría y ejemplo han dejado una huella muy valiosa en mi formación como persona.

A mis docentes, compañeros y amigos con quienes tuve la oportunidad de aprender y compartir conocimientos y experiencias invaluable, sin ustedes esta etapa universitaria no habría sido lo mismo.

A todos ustedes y a los que siempre están, les agradezco infinitamente.

Christian Daniel Velastegui Llanos

AGRADECIMIENTO

A mis padres y a toda mi familia, especialmente a mi querida madre Ligia Llanos, por su amor incondicional, dedicación y sacrificio, todos mis logros siempre han sido y serán para ti, agradezco a la vida por tener a la madre más maravillosa del mundo.

A la Universidad Técnica de Ambato por permitirme ser parte de su establecimiento y por brindarme, a través de sus docentes, el conocimiento y la educación de calidad. Ser parte de esta comunidad universitaria ha sido todo un privilegio, gracias por todo.

A mis compañeros y amigos con quienes tuve el privilegio de compartir muchas experiencias, les deseo el mejor de los éxitos y bendiciones en sus vidas personales y profesionales.

A todo el personal que integra la empresa Ecuatran S.A., gracias por la oportunidad y confianza brindada para realizar el presente proyecto de investigación y un especial agradecimiento a la ingeniera M. de los Ángeles Maldonado, al ingeniero Luis Chicaiza y al ingeniero Vladimir Mejía por todo el apoyo y por compartir sus conocimientos profesionales conmigo.

Al ingeniero Christian Ortiz por ser mi tutor, por el conocimiento brindado y guía para culminar el proyecto de investigación con éxito.

Christian Daniel Velastegui Llanos

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN EJECUTIVO	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de investigación	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes investigativos	4
1.3 Fundamentación teórica	11
1.4 Objetivos	40
1.4.1 Objetivo general.....	40
1.4.2 Objetivos específicos.....	40
CAPÍTULO II.....	41
METODOLOGÍA.....	41
2.1 Materiales.....	41
2.2 Métodos	42
2.2.1 Modalidad de la investigación	42

2.2.2 Población y muestra	47
2.2.3 Recolección de información	48
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos.....	49
CAPÍTULO III	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1 Análisis y discusión de los resultados	51
3.1.1 Diagnóstico del estado actual de los procesos que integran la línea de producción del producto de mayor demanda del área de metal mecánica de la empresa ECUATRAN S.A.	51
Reseña histórica de la empresa.....	53
Ubicación	55
Datos de la empresa	56
Organigrama empresarial.....	56
Layout general de la planta de producción de ECUATRAN S.A.	58
Productos ofertados.....	59
Producto de mayor demanda	61
Histórico de ventas	61
Análisis ABC.....	62
Interpretación del análisis ABC.....	66
Selección del producto de mayor demanda.....	66
Componentes del producto de mayor demanda	67
Partes del transformador que se fabrican dentro del área de metal mecánica.....	68
Flujograma de procesos	69
Descripción del proceso por cada parte principal del transformador	71
Recursos utilizados en los procesos de fabricación.....	80
Cursogramas sinópticos de los procesos productivos del transformador monofásico de 25 kVA	82

Cursogramas analíticos de los procesos y subprocesos actuales para el transformador monofásico de 25 kVA.....	86
3.1.2 Estudio de tiempos y de movimientos de los procesos actuales del área de metal mecánica.....	96
Instrumentos de medición	96
Procedimiento para el estudio de tiempos.....	96
Desarrollo del estudio de tiempos y movimientos.....	97
Número de observaciones.....	97
Ritmo de trabajo.....	97
Codificación y cálculo del tiempo observado y tiempo normal	97
Cálculo de suplementos.....	110
Cálculo de tiempos estándar	117
Identificación de los cuellos de botella	124
Cálculo de la capacidad de producción actual en el área de metalmecánica	124
Capacidad de producción para tapas.....	129
Capacidad de producción para bandas de cierre.....	130
Capacidad de producción para cubas.....	131
Resumen del cálculo de capacidades	134
Balanceo de líneas actual para los procesos críticos	136
Eficiencia del balance actual para el conformado de tapas.....	137
Diagrama de precedencia actual para el conformado de tapas.....	137
Eficiencia del balance actual para la pintura de tapas	139
Eficiencia del balance actual para el conformado de bandas	139
Eficiencia del balance actual para la pintura de bandas.....	140
Eficiencia del balance actual para el conformado de cuba	140
Diagrama de precedencia actual para el conformado de cuba	141
Tiempo estándar vs Tiempo de ciclo	143

Eficiencia del balance actual para la pintura de cuba	144
Cálculo de la productividad actual	144
3.1.3 Propuesta de mejora, a partir de los resultados del estudio de tiempos y de movimientos efectuado en el área de metal mecánica.	146
Mejora del sistema de balanceo de líneas para el conformado de tapas.....	147
Cálculo del tiempo requerido para la pintura de tapas.....	154
Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de tapas	156
Cálculo del tiempo requerido para la pintura de bandas.....	157
Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de bandas	158
Mejora del sistema de balanceo de líneas para la fabricación de cubas	159
Balanceo de líneas propuesto para el conformado de cubas	163
Tiempo estándar vs Tiempo de ciclo (Método propuesto)	168
Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado de cubas	169
Cálculo del tiempo requerido para la pintura de cubas.....	170
Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de cubas	172
Comparación de productividad actual vs propuesta	175
Propuesta de implementación de la filosofía 5´S	175
Fase 1: Propuesta Seiri (Seleccionar)	180
Fase 2: Propuesta Seiton (Ordenar)	182
Fase 3: Propuesta Seiso (Limpiar).....	188
Fase 4: Propuesta Seiketsu (Estandarizar)	192
Fase 5: Propuesta Shitsuke (Disciplina)	196
CAPITULO IV	199
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	199

4.1 Conclusiones	199
4.2 Recomendaciones	201
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	203
ANEXOS.....	210
Anexo 1: Tabla de resumen de los documentos encontrados por medio de la metodología PRISMA.	210
Anexo 2. Formato de la entrevista no estructurada.....	219
Anexo 3: Entrevista no estructurada.	220
Anexo 4. Certificado de calibración del cronómetro.	221
Anexo 5. Certificado de calibración de la cinta métrica.....	222
Anexo 6. Cronómetro y cinta métrica empleados.	223
Anexo 7. Cálculo de la capacidad de los subprocesos.	223
Anexo 8. Cartel informativo sobre 5'S.	227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología ASME para el estudio de métodos .	17
Tabla 2. Simbología ASME para los diagramas de flujo	18
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la lectura continua	25
Tabla 4. Ventajas y desventajas de la lectura vuelta a cero .	25
Tabla 5. Número de observaciones recomendables según General Electric	27
Tabla 6. Escala británica para valorización del ritmo de trabajo.	28
Tabla 7. Valoración de los suplementos	29
Tabla 8. Factores internos que inciden en la productividad.	34
Tabla 9. Materiales utilizados en el proyecto de investigación.	41
Tabla 10. Preguntas de investigación.	43
Tabla 11. Criterios de inclusión y exclusión de documentos.	44
Tabla 12. Población del área de metal mecánica.	48
Tabla 13. Datos informativos de la empresa.	56
Tabla 14. Productos ofertados por ECUATRAN S.A.	59
Tabla 15. Porcentajes de categorización.	63
Tabla 16. Resumen del análisis ABC de los productos vendidos en ECUATRAN S.A.	63
Tabla 17. Resumen del análisis ABC.	65
Tabla 18. Procesos y subprocesos del transformador de 25 kVA.	68
Tabla 19. Descripción de las operaciones para platinas de tierra.	71
Tabla 20. Descripción de las operaciones para tapas.	71
Tabla 21. Descripción de las operaciones para bandas de cierre.	73
Tabla 22. Descripción de las operaciones para bases.	74
Tabla 23. Descripción de las operaciones para soportes para poste.	75
Tabla 24. Descripción de las operaciones para porta placas.	76
Tabla 25. Descripción de las operaciones para soportes de izado.	76
Tabla 26. Descripción de las operaciones para cubas.	77
Tabla 27. Listado de máquinas y equipos del área de metal mecánica.	81
Tabla 28. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de tapas.	83
Tabla 29. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de bandas de cierre.	84
Tabla 30. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de cubas.	85
Tabla 31. Cursograma analítico para platinas de tierra.	87

Tabla 32. Cursograma analítico para tapas.	88
Tabla 33. Cursograma analítico para bandas de cierre.	89
Tabla 34. Cursograma analítico para base.	90
Tabla 35. Cursograma analítico para soportes para poste.....	91
Tabla 36. Cursograma analítico para porta placas.	92
Tabla 37. Cursograma analítico para soportes de izado.....	93
Tabla 38. Cursograma analítico para cuba.	94
Tabla 39. Número de observaciones necesarias según General Electric.	97
Tabla 40. Codificación de actividades para platina de tierra.	98
Tabla 41. Tiempo normal para platina de tierra.	98
Tabla 42. Codificación de actividades para fabricación de tapas.....	99
Tabla 43. Tiempo normal para fabricación de tapas.....	100
Tabla 44. Codificación de actividades para fabricación de bandas de cierre.....	101
Tabla 45. Tiempo normal para la fabricación de bandas de cierre.....	101
Tabla 46. Codificación de actividades para base.....	102
Tabla 47. Tiempo normal para base.....	103
Tabla 48. Codificación de actividades para soportes para poste.	103
Tabla 49. Tiempo normal para soportes para poste.....	104
Tabla 50. Codificación de actividades para porta placa.....	104
Tabla 51. Tiempo normal para porta placa.	105
Tabla 52. Codificación de actividades para soportes de izado.....	105
Tabla 53. Tiempo normal para soportes de izado.....	106
Tabla 54. Codificación de actividades para fabricación de cuba.	107
Tabla 55. Tiempo normal para la fabricación de cuba.....	108
Tabla 56. Suplementos para platinas de tierra.....	110
Tabla 57. Suplementos para tapas.	111
Tabla 58. Suplementos para bandas de cierre.	112
Tabla 59. Suplementos para bases.	113
Tabla 60. Suplementos para soportes de poste.....	113
Tabla 61. Suplementos para porta placas.	114
Tabla 62. Suplementos para soportes de izado.....	114
Tabla 63. Suplementos para cuba.	115
Tabla 64. Tiempos estándar para platinas de tierra.	117

Tabla 65. Tiempos estándar para tapas.	118
Tabla 66. Tiempos estándar para bandas de cierre.	119
Tabla 67. Tiempos estándar para bases.	120
Tabla 68. Tiempos estándar para soportes para poste.	120
Tabla 69. Tiempos estándar para porta placas.	121
Tabla 70. Tiempos estándar para soportes de izado.	121
Tabla 71. Tiempos estándar para cuba.	122
Tabla 72. Resumen de los tiempos estándar.	124
Tabla 73. Resumen de capacidades de producción para los subprocesos.	124
Tabla 74. Capacidad del horno de curado.	125
Tabla 75. Tiempo disponible para proceso durante una jornada laboral.	126
Tabla 76. Histórico de lotes fabricados.	126
Tabla 77. Tiempo disponible real para la fabricación de tapas.	127
Tabla 78. Ejemplo para calcular la capacidad de producción por estación.	127
Tabla 79. Capacidad de producción actual para la fabricación de tapas.	129
Tabla 80. Tiempo disponible real para la fabricación de bandas de cierre.	130
Tabla 81. Capacidad de producción actual para la fabricación de bandas de cierre.	130
Tabla 82. Tiempo disponible real para la fabricación de cubas.	131
Tabla 83. Capacidad de producción actual para la fabricación de cubas.	132
Tabla 84. Resumen del cálculo de capacidades actuales por cada proceso.	134
Tabla 85. Ecuaciones para el balanceo de líneas.	136
Tabla 86. Matriz de datos para el conformado de tapas.	138
Tabla 87. Matriz de datos actual para la fabricación de cubas.	141
Tabla 88. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo actual para cuba.	143
Tabla 89. Asignación de tareas propuesta para el conformado de tapas.	148
Tabla 90. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de tapas.	150
Tabla 91. Costo por horas extras.	151
Tabla 92. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de bandas.	153
Tabla 93. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de tapas (Asignación de operario para la estación 2).	154

Tabla 94. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de tapas.....	156
Tabla 95. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para tapas.	156
Tabla 96. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de bandas.	158
Tabla 97. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para bandas.	159
Tabla 98. Actividades innecesarias en el proceso de la fabricación de cubas.	160
Tabla 99. Cursograma analítico propuesto para cuba.	161
Tabla 100. Matriz de datos propuesto para la fabricación de cubas.	164
Tabla 101. Distribución de actividades propuesta para el conformado de cubas.	166
Tabla 102. Capacidad de producción propuesto para el conformado de cubas.....	167
Tabla 103. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo propuesta para cuba.	168
Tabla 104. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para conformado de cubas.	169
Tabla 105. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de cubas.	171
Tabla 106. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para cubas.	172
Tabla 107. Resumen del cálculo de capacidades propuestas por cada proceso.	173
Tabla 108. Evaluación 5'S para el área de metal mecánica.....	176
Tabla 109. Resultados de la evaluación de 5´S.	179
Tabla 110. Clasificación de elementos del área de metal mecánica.	180
Tabla 111. Modelo para el registro de tarjetas rojas.....	182
Tabla 112. Propuesta Seiton para entorno de trabajo.	183
Tabla 113. Consideraciones para la ubicación del material.	184
Tabla 114. Primera propuesta de la fase Seiton.....	185
Tabla 115. Segunda propuesta de la fase Seiton.	186
Tabla 116. Tercera propuesta de la fase Seiton.	186
Tabla 117. Cuarta propuesta de la fase Seiton.	187
Tabla 118. Quinta propuesta de la fase Seiton.	187
Tabla 119. Residuos generados de los procesos productivos.....	188
Tabla 120. Propuesta para contenedores de residuos.	189
Tabla 121. Propuesta de manual de limpieza para máquinas de trabajo.....	190
Tabla 122. Propuesta de manual de limpieza para estación de trabajo.....	191

Tabla 123. Registro propuesto para la limpieza de máquinas.....	194
Tabla 124. Registro propuesto para la limpieza de puesto de trabajo.	195
Tabla 125. Registro propuesto para el cumplimiento de actividades.	197
Tabla 126. Presupuesto para implementar 5'S.....	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnicas del estudio del trabajo.....	13
Figura 2. Representación del proceso productivo.....	15
Figura 3. Técnicas del estudio de trabajo.....	16
Figura 4. Ejemplo de un diagrama de flujo.....	19
Figura 5. Ejemplo de un cursograma sinóptico.....	20
Figura 6. Ejemplo de un cursograma sinóptico.....	21
Figura 7. Ejemplo de un diagrama de recorrido.....	22
Figura 8. Ejemplo de un diagrama de hilos.....	23
Figura 9. Cronómetro digital.....	24
Figura 10. Representación de un cuello de botella.....	31
Figura 11. Clasificación ABC.....	32
Figura 12. Significado de las 5's.....	38
Figura 13. Flujograma de la metodología PRISMA.....	45
Figura 14. Empresa ECUATRAN S.A.....	54
Figura 15. Ubicación satelital de la Empresa ECUATRAN S.A.....	56
Figura 16. Organigrama empresarial de ECUATRAN S.A.....	57
Figura 17. Layout general de la planta de producción.....	58
Figura 18. Diagrama ABC de Pareto completo.....	64
Figura 19. Diagrama ABC de los productos de ECUATRAN S.A.....	65
Figura 20. Transformador monofásico de 25 kVA.....	67
Figura 21. Componentes del transformador monofásico de 25 kVA.....	67
Figura 22. Partes principales fabricados en el área de metal mecánica.....	69
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del transformador de 25 kVA.	70
Figura 24. Capacidad actual de tapas, bandas y cubas.....	135
Figura 25. Diagrama de precedencia actual de actividades para el conformado de tapas.	137
Figura 26. Diagrama de precedencia actual para el conformado de cubas.....	141
Figura 27. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo actual para cuba.....	143
Figura 28. Asignación de estaciones propuesta para el conformado de tapas.....	148

Figura 29. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de tapas.	157
Figura 30. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de bandas.....	159
Figura 31. Diagrama de precedencia propuesto para el conformado de cubas.	163
Figura 32. Diagrama de precedencia propuesto con reasignación de actividades....	166
Figura 33. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo propuesto para cuba.	168
Figura 34. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en el conformado de cubas.....	170
Figura 35. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de cubas.....	173
Figura 36. Capacidad propuesta de tapas, bandas y cubas.....	174
Figura 37. Resultados gráficos de la evaluación 5'S.....	179
Figura 38. Modelo de tarjeta roja.	181
Figura 39. Propuesta de aplicación de las tarjetas rojas.....	182
Figura 40. Propuesta para comité de orden y limpieza.....	193

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como propósito realizar un estudio de tiempos y movimientos para posteriormente plantear propuestas de mejora para los procesos productivos del producto de mayor demanda del área de metal mecánica de la empresa Ecuatran S.A. ubicada en la ciudad de Ambato, la cual se dedica a la fabricación y reparación de transformadores eléctricos.

Para la investigación se llevó a cabo un enfoque metodológico cuali-cuantitativo; el enfoque cualitativo se utilizó a través de la observación directa, en donde se obtuvo información general de la empresa y de los procesos productivos, en cuanto al enfoque cuantitativo se utilizó para determinar el producto de mayor demanda mediante un análisis ABC, seguidamente se realizó el estudio de tiempos y movimientos, donde se determinó los tiempos estándar y la capacidad de producción por cada proceso y subproceso para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Con el cálculo de la capacidad de producción, se identificaron los cuellos de botella por cada proceso principal, es decir, de tapas, bandas de cierre y cubas, analizando la carga de trabajo de cada una de las estaciones y la eficiencia del balanceo de líneas actual de cada proceso, para posteriormente identificar las actividades innecesarias y eliminarlas, con el objetivo de equilibrar la carga de trabajo por estación, únicamente con las actividades esenciales y que aportan valor a los procesos productivos.

Como resultado del balanceo de líneas propuesto se obtuvo una mejora en la eficiencia de balance, en el caso del conformado de tapas se obtuvo una eficiencia del 79.06 %, en cuanto al conformado de cubas, se obtuvo un incremento de la eficiencia en un 14.75% y en productividad un 40.6% y 20.94%, respectivamente. Con los balanceos de líneas propuestos y con el cálculo del tiempo requerido para la pintura de tapas, bandas de cierre y cubas, se podría cubrir perfectamente la demanda de producción establecida. Finalmente, se plantea la propuesta de implementación de la filosofía 5'S, ya que, se han observado varias problemáticas con respecto al orden y limpieza, por lo tanto, se han desarrollado varias alternativas de mejora por cada fase, con el fin de optimizar el entorno de trabajo y el desempeño del flujo productivo de la empresa.

Palabras clave: Estudio, tiempos, movimientos, estándar, balance, líneas, 5'S.

ABSTRACT

The current research work aims to carry out a study of times and movements in order to suggest proposals to improve the production processes of the most demanded product in the metal-mechanic area of “Ecuatran S.A.” company, placed in Ambato City, which is dedicated to the manufacture and repair of electrical transformers.

This research work used a qualitative-quantitative methodological approach. The qualitative approach involved direct observation, which helped to get general information about the company and the production processes. The quantitative approach was used to identify the most demanded product through an ABC analysis. In addition, the study of times and movements helped to determine the standard times and the production capacity for each process and sub-process of manufacturing the 25 kVA substation single-phase transformer.

Due to the calculation of the production capacity, the bottlenecks were identified for each main process such as, lids, closing bands, and tanks through the analysis of the workload of each station and the current line balancing efficiency of each process. Subsequently, unnecessary activities were identified and eliminated to balance the workload per station only with essential activities that add value to the production processes.

Because of the proposed line balancing, it was possible to obtain an improvement in balance efficiency. Regarding the forming of lids, there was an improvement of 79.06% and in terms of the forming of tanks, there was a 14.75% increase in efficiency and in productivity of 40.6% y 20.94%, respectively. With the proposed balancing of the lines and the calculation of the time required for the painting of lids, closing bands, and tanks, the established production demand could be perfectly covered. Finally, the proposal for implementing the 5'S philosophy is proposed since several problems have been observed regarding order and cleanliness. Therefore, several improvement alternatives have been developed for each phase in order to optimize the work environment and the performance of the productive flow of the company.

Keywords: Study, times, movements, standard, balance, lines, 5'S

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE METAL MECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.

1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, la mayoría de empresas del sector industrial necesitan alcanzar un nivel alto de competitividad, debido a que actualmente la competencia cada día se vuelve mayor y los clientes exigen productos con mayor calidad, a menores costos, y que cumplan con los tiempos de entrega establecidos; es por ello, que las empresas se encuentran en la constante búsqueda de estrategias, estudios, análisis, métodos y metodologías enfocadas en mejorar la eficiencia de los procesos que componen a la organización, con el fin de incrementar su capacidad productiva [1].

En este contexto, existen empresas que trabajan más horas y no son productivas, esto sucede debido a que las empresas carecen de una cultura de mejora continua y de métodos que estandaricen y mejoren los procesos operativos. Por lo general, la falta de estandarización y deficiencia del proceso suele presentarse en el área de producción; por lo tanto, las empresas buscan localizar y eliminar las actividades que no aporten valor al producto, puesto que, representan costos operacionales que se traducen en desperdicios de tiempo, materiales, espacio y otros recursos empresariales que provocan una serie de consecuencias negativas para la organización [2].

Además, muchas de estas empresas industriales, presentan otros tipos de problemas habituales, por ejemplo, desconocen los tiempos de trabajo productivos e improductivos de los trabajadores, tiempos activos e inactivos de máquinas, la existencia de cuellos de botella y lo más importante la capacidad de producción de cada área [3]. Al mencionar el tiempo de trabajo es necesario conocerlo y controlarlo

porque cuando no hay un estándar, las tareas se pueden realizar en cualquier período de tiempo, es decir, al no tener establecido un tiempo de trabajo específico para cada actividad del proceso productivo, no es posible saber cuánto produce un trabajador dentro de un determinado tiempo en cada actividad, por lo tanto, se desconoce si está realizando su trabajo de forma correcta y óptima, lo que suele ocasionar retrasos en el tiempo de producción, inadecuada utilización de materiales y recursos, o mal procedimiento de fabricación que dan como resultado productos de baja calidad y que impiden a la empresa aumentar la productividad [4].

En el panorama internacional algunas de las empresas manufactureras y de servicio desconocen sus niveles de costos de producción, operaciones resultantes, materiales, y tiempo productivo de mano de obra; por lo cual, las empresas no saben si están ganando o perdiendo dinero. Sin embargo; muchas industrias internacionales apuntan a la búsqueda de nuevos métodos que permitan mejorar continuamente sus procesos y abrirse paso hacia nuevos mercados; es por ello, que a través del estudio de tiempos y movimientos, las industrias han logrado implementar nuevos métodos y formas de trabajo que ayuden a producir el mismo producto con los mismos recursos pero en menor tiempo, sin demoras, y eliminando las actividades que no aporten valor al producto final, lo que les ha ayudado significativamente en el incremento de la productividad y a posicionarse en importantes mercados internacionales [5] [6].

En América Latina como se ha visto en los últimos años, las empresas aún no han logrado un desarrollo exponencial, ya que, presentan dificultades para lograrlo y por lo tanto se han mantenido por debajo del nivel de desarrollo en comparación con otras industrias del mundo [7]. También se ha observado que la competencia internacional y transnacionalización de empresas crece a nivel mundial gracias a la globalización, por lo que se hace cada vez más necesaria la implementación de estrategias y estudios que permitan una mejora de la gestión de sus recursos de manera eficiente para generar mayor rentabilidad y lograr mantenerse en el mercado [8].

De hecho, algunas empresas pequeñas y medianas de América Latina que han aplicado estudios de trabajo son competitivas, pero las empresas que trabajan de forma empírica; es decir, se basan solo en la experiencia, presentan múltiples problemas en su gestión productiva; por ejemplo, no cuentan con tiempos estándares de trabajo,

tiempos de ciclo, capacidad de producción y por ende no saben cuánto producen y que tan bien lo producen por lo que presentan problemas en la calidad del producto y en las entregas a tiempo. Por ello, es importante el correcto manejo de los recursos humanos, materiales y financieros, puesto que, los beneficios se reflejan en la reducción de costos y una mejora de calidad en los productos. Desde de esta perspectiva es posible afirmar que las empresas que emplean estudios de trabajo se encuentran en una posición favorable para ser competitivas, ya que, su trabajo está encaminado a la efectividad empresarial [9].

Por lo tanto, aquellas empresas que mejoran su productividad presentan más probabilidades de mantenerse en comparación con las menos eficientes, debido a que estas últimas se ven forzadas a abandonar el mercado. Además, los fabricantes que presentan mayor productividad tienen más probabilidades de sobrevivir que sus competidores menos eficientes; es decir, la productividad es una cuestión de supervivencia [10].

A nivel nacional, las empresas industriales de Ecuador presentan un 14% de improductividad, debido a pérdidas de tiempo en sus procesos, desperdicios de material y falta de estandarización, lo cual provoca pérdidas económicas para las organizaciones, ya que, no cuentan con estrategias o un método adecuado para la optimización de recursos [11]. Para reducir, estos problemas aparecen diferentes alternativas, entre ellas, la más importante el estudio de tiempos y movimientos que ya se mencionó anteriormente, ayuda a mejorar la productividad de las empresas, de hecho, una empresa que realiza un estudio de este tipo puede incrementar su productividad en un 32% en comparación con aquellas que no cuentan con estos estudios [4].

ECUATRAN S.A. fundada en Ambato en 1979, es una empresa líder en la fabricación de transformadores de energía eléctrica, servicios integrados de reparación y mantenimiento de transformadores, aportando a la producción y desarrollo del país. La empresa ECUATRAN S.A. se encuentra integrada por varias áreas la cuales son: bobinado, ensamblaje y conexiones, núcleos, metal mecánica, entanque, terminados, potencia y pintura. En este caso el objeto de estudio corresponde al área de metal mecánica; en donde, se fabrican los tanques metálicos que son la parte externa que

recubre a la parte activa de los transformadores. En esta área, se ha evidenciado como principal problemática la deficiente productividad, debido a que no existe conocimiento exacto de los tiempos de producción y por ende la falta de una estandarización de tiempos en la fabricación del tanque y todas las partes que lo componen.

Además, como no se han realizado estudios previos de tiempos y movimientos de los trabajadores, se desconoce la capacidad real de producción de esta área, lo que provoca que exista sobrecarga de trabajo en la misma, y los productos que allí se fabrican se lo realicen de forma apresurada; donde, los trabajadores tienden a cometer muchos errores, lo que provoca que los tanques salgan con defectos, los cuales pasan de estar inadvertidos por la falta de supervisión. Generalmente estos defectos se dan en el proceso de soldadura y se evidencian al pasar a pintura, generando reprocesos y problemas de calidad que retrasan la liberación de la unidad.

El estudio de métodos y la recolección de tiempos estándar para la fabricación de los tanques, actualmente es de gran importancia para la empresa, ya que, al no conocer los tiempos adecuados, pueden existir tiempos muertos, movimientos innecesarios de los trabajadores o inactividad de las máquinas, donde se desaprovecha la capacidad existente de la planta, haciendo que se inviertan recursos tanto materiales, económicos y humanos de una forma incorrecta, provocando pérdidas económicas, restando la productividad de la empresa y sobre todo causando la insatisfacción de los clientes.

Con la recolección de los tiempos estándar, análisis de movimientos y cálculo de la capacidad se busca presentar una propuesta que permita incrementar la capacidad productiva de esta área para cumplir con los contratos a tiempo, brindando productos de calidad que contribuyan al crecimiento de la empresa.

1.2 Antecedentes investigativos

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se ha indagado en fuentes de información confiables, en donde se han revisado proyectos similares que hayan realizado estudios de tiempos y movimientos en empresas. También, se obtuvo información de artículos científicos y demás documentos bibliográficos relacionados con la temática. A continuación, se exponen los más importantes.

El estudio de tiempos y movimientos, es una técnica de la ingeniería de métodos, la cual busca establecer el tiempo estándar de un trabajo determinado, por medio de la medición de tiempos continuos, con técnicas y métodos válidos y eficaces para el estudio. Este estudio, tiene como principal objetivo, reducir costos, mejorar la calidad de un producto, reducir tiempos y movimientos innecesarios, con el fin de optimizar el proceso productivo de una empresa. Además, las técnicas de estudio de tiempos y movimientos han ido evolucionando velozmente, gracias a la evolución tecnológica, se han implementado nuevas herramientas que facilitan la labor del analista, como son: mejores cronómetros, softwares de simulación y modelado estadístico, que ayudan al analista a realizar el estudio con mayor precisión, agilitan la velocidad de aplicación y los resultados son más confiables, rápidos y comprensibles [12].

El estudio de tiempos y movimientos es importante dentro de la rama de la ingeniería industrial, ya que, permite adquirir un mejor conocimiento que contribuya a las diferentes áreas donde se lleve a cabo algún proceso que pueda ser mejorado tanto en el desempeño humano, uso de materiales, recursos, consumo de energías y calidad del producto terminado, atendiendo el desempeño de cada trabajador y su eficiencia que repercutan positivamente en un aumento de la producción [13]. Otra importante razón para este estudio, es que logra elevar la eficiencia de trabajo, mejora los métodos que se emplean en los procesos productivos y en la determinación de los tiempos estándar para cada área respectiva, principalmente, para las empresas que se encuentran en un entorno altamente competitivo y buscan reducir sus costos mediante la estandarización de sus actividades deben llevar a cabo este estudio de tiempos y movimientos [14].

Por lo general, con el estudio de tiempos y movimientos se busca estandarizar un proceso mediante la adopción de un método eficiente que cumpla con los objetivos de producción y el nivel de calidad requerido. Sin embargo, en la actualidad existen empresas que permiten que al operario desarrollar sus propios métodos de trabajo, lo que puede perjudicar a los objetivos mencionados y a la calidad del producto. Estas fallas se reflejan en la baja productividad y en las utilidades de la empresa, por ello, es importante contar estándares de métodos y tiempos de trabajo por cada una de las operaciones que se lleven a cabo con el fin de satisfacer la demanda, ofrecer la mejor calidad al cliente y evitar pérdidas económicas [15].

El estudio de tiempos está estrechamente relacionado con la productividad de una empresa, ya que, la misma depende del desempeño eficiente de los trabajadores, máquinas, tiempos de operación y el entorno de trabajo. Algunas de las variables que afectan la productividad, radican en la presencia de tiempos y movimientos improductivos de los operadores, desperdicio de material y deficiencia en el funcionamiento de la maquinaria. Por esta razón, la productividad es de vital importancia hoy en día para las empresas que buscan acceder a nuevos mercados con mejores productos. Por ello, se encuentran en la constante búsqueda de nuevas técnicas modernas que optimicen y erradiquen las variables mencionadas para mejorar su capacidad productiva y alcanzar mayores niveles de competitividad [16].

Asimismo, el artículo [17], menciona que un estudio de tiempos y movimientos disminuye los tiempos ociosos, por lo que, contribuye al trabajo eficaz del trabajador y de la empresa. Además, la productividad resulta del cociente entre la producción y los factores productivos, y están presentes tanto en empresas manufactureras como las de servicio, por ello, las organizaciones buscan nuevos métodos que aumenten la rentabilidad y productividad las cuales se pueden medir por medio de KPI's (Indicadores claves de rendimiento), que permiten evaluar las mejoras. Por ende, la estandarización y la eliminación de actividades que no generen valor al producto o servicio, mediante el análisis de tiempos y movimientos en el proceso productivo, reduce la cantidad de recursos utilizados por cada unidad de producción aumentando así, la productividad y rentabilidad [9].

Continuando con la temática de la productividad, en el artículo [18], se realizó un estudio de tiempos en una planta agroquímica, denota que, el tener una baja productividad tanto en el personal como en la producción puede acarrear una serie de problemas, particularmente, pérdidas económicas derivados de los re procesos, cuellos de botella, tiempos muertos de máquinas y personal que al final generan pérdidas en ventas y que contribuyen con la ineficiente productividad de la empresa. Sin embargo, en este estudio, plantean una serie de herramientas de ingeniería para disminuir y corregir los problemas mencionados anteriormente, con la aplicación de FODA, diagramas de Ishikawa y los 5' por qué, lograron encontrar las causas de los problemas presentados y por medio de la herramienta del balance de líneas redujeron los tiempos de ciclos incrementando considerablemente la productividad de los trabajadores,

disminuyendo transportes y recursos. Al final del estudio, con la aplicación de todas las estrategias descritas, mejoraron la productividad en un 62,42% en comparación con la productividad inicial.

Dentro de la rama de la ingeniería industrial, existen una variedad de técnicas, modelos y herramientas de mejora, en el siguiente artículo [19], proponen un modelo Lean Kaizen para reducir desperdicios en procesos productivos, en el que se analizan varios factores, tales como: la ergonomía, movimientos innecesarios, tiempos y distancias recorridas. Al aplicar este modelo en una empresa de prefabricados de concreto, lograron reducir un 4% de los desperdicios en tiempos y distancias, mejorando la utilización de los insumos y la utilidad de la empresa.

Enfatizando los métodos para mejorar la productividad, el balance de líneas de es una de las más importantes a la hora mejorar la productividad en una empresa, en el estudio del siguiente artículo [20], se desarrolló un modelo de balance de líneas que junto con otras herramientas como la teoría de restricciones (TOC) y las 5'S, lograron identificar y eliminar las mudas, sobreproducciones, esperas, transportes, procesos y movimientos innecesarios, con ello, balancearon las líneas de producción, distribuyendo equitativamente la mano de obra, materiales y maquinaria en cada una de las líneas de producción, finalmente, mencionan que, con la aplicación de estas herramientas lograron mejorar la capacidad de producción y la productividad de cada una de las líneas de producción y alcanzar un 0.20 dólares de ganancias por cada línea.

En cuanto a los resultados positivos que se pueden obtener al ejecutar un estudio de tiempos y movimientos, el artículo [21], describe algunos de los resultados favorables que obtuvieron, por ejemplo, lograron reducir en un 6,03% los tiempos de estándar de sus procesos, esto gracias a que eliminaron las demoras, tareas innecesarias, tiempos de exceso y realizaron manuales de procedimientos, además, el estudio lo llevaron a cabo en el almacén de productos que generaban altos tiempos en la búsqueda de los artículos, por lo que, clasificaron los artículos en función de su importancia y rotación, siendo los productos A los más importantes y rutinarios, logrando así una reducción en tiempo y distancia del 70%, lo que les permitió mejorar los tiempos de producción y la reducción de costos.

Por otro lado, el estudio de tiempos también se ha desarrollado en las industrias relacionadas con metal mecánica. En la investigación [22], realizada en el área de reparación en una empresa metal mecánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada, menciona que con la aplicación de estudios y movimientos en dicha área se logró mejorar la productividad del personal operativo que brinda servicios de mantenimiento. Además, se logró mejorar el proceso, ya que, anteriormente el personal operativo se tomaba 3.875 minutos en realizar un mantenimiento, sin embargo, con las mejoras aplicadas en los puestos de trabajo, tales como: orden en las herramientas, planos de trabajo y colocación de estanterías, lograron reducir 661 minutos, lo que significa que la productividad del proceso incrementó en un 77% haciendo que el mantenimiento de maquinaria pesada sea mucho más rápido y eficaz.

También, en el artículo, desarrollado en un área de soldadura en la empresa CIAUTO, se encontraron con una deficiente productividad en las siete estaciones de trabajo, que se relacionaban con el despilfarro de material y trabajos innecesarios que no agregaban valor al producto. Al ejecutar el estudio, como propuestas de solución aplicaron varias herramientas de mejora continua, alguna de ellas fueron: 5'S, Lean Manufacturing, SMED (Single Minute Exchange of Die), el TPM (Mantenimiento Productivo Total), Kaizen y el balanceo de líneas, con la cual lograron equilibrar la carga de trabajo en cada estación para aprovechar la mano de obra y maquinaria para así reducir los tiempos estándar de cada operación en función al tack time y cumplir con la demanda de automóviles de sus clientes [23].

Otro caso de estudio aplicado fue la de una empresa metalmecánica de Lima, en la que presentaban problemas con las entregas a tiempo, ya que, presentaban una serie de retrasos en la producción, sin embargo, con el estudio de tiempos y movimientos hallaron las causas de los retrasos en las entregas, una de ellas fue los cuellos de botella que generaban la estación de pintura y horneado, por lo tanto, para eliminar esos problemas propusieron junto con la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) la implementación de una nueva máquina automatizada de pintura y horneado, con ello, lograrían aumentar la productividad a un 88%, este análisis fue realizado y respaldado con un software de simulación (Arena Software), en el que concluyeron que con esta implementación se reducirían los tiempos muertos

a 29% y el cuello de botella en 47% en comparación con la situación inicial que fue del 95% [24].

El último caso de éxito de desarrollar un estudio de tiempos en este tipo de industria, es la que se llevó a cabo en la investigación realizada en una empresa metalmecánica que fabrica tambores metálicos, en dicha empresa implementaron la metodología 5'S, puesto que, en los lugares de trabajo se encontraban materiales obsoletos que consumían tiempo y espacio, perjudicando al proceso y generaban cuellos de botellas, con esta implementación mejoraron la productividad en un 12% y optimizaron el espacio físico de trabajo con 97 m², lo cual resulta en una mejora considerable [25].

De igual manera, en las industrias textiles, el aplicar un estudio de este tipo, brinda grandes ventajas, puesto que, en este tipo de industrias se manejan una serie de líneas de producción en las que fabrican diferentes tipos de prendas tanto para hombre, mujeres, niños, etc. Este es el caso de las siguientes empresas textilerías, en las cuales buscaron estandarizar sus tiempos de ciclos, reducir costos y mejorar su productividad, debido a esto, implementaron varias herramientas de mejora, por ejemplo, un estudio de tiempos y métodos de trabajo (MTM) y el método MOST (Maynard Operation Sequence Technique), lo que les permitió establecer un sistema de tiempos estandarizados y métodos adecuados en la que un operario debe realizar una tarea determinada. Algunos de los resultados obtenidos fueron, la reducción del personal de trabajo, rediseño de planta, incremento de capacidad productiva y principalmente estandarizar los procesos de costura [26] [27].

Del mismo modo, en este estudio [11], realizado en una empresa de "Jean's", concluye que, mediante el estudio de tiempos y movimientos se identificó el cuello de botella del proceso productivo, el cual fue el área de secado 02 que limitaba la producción de la empresa y que solamente alcanzaban una producción de 610 prendas por jornada diaria. Asimismo, encontró varios problemas relacionados con la estandarización las cuales provenían de la generación de desperdicios, esperas, movimientos innecesarios y sobre procesamientos. Finalmente, menciona soluciones para la estandarización de los procesos productivos, donde, propone instructivos de trabajo para que los operarios realicen sus actividades de forma correcta considerando los tiempos estándares obtenidos, con ello, la organización presentará mejoras en su proceso productivo.

Además, en esta investigación [28], menciona en las conclusiones que, la corporación no contaba con estándares de producción, por lo que no podían explotar al máximo los recursos disponibles para mejorar el desempeño de sus actividades, además, encontró una deficiente organización de las actividades de transporte lo que generaba tiempos inefectivos extensos que se traducían en pérdidas de producción importantes. Como principales soluciones, implementó un nuevo método de trabajo con el fin de optimizar la producción, donde, eliminó varios transportes que no generaban valor al producto, mejorando en un 23% la capacidad de producción del cuello de botella, finalmente, por medio del software FlexSim, simuló una propuesta de aumentar operadores y máquinas en ciertas actividades, la cuales mejoraban la capacidad de producción notoriamente y reducían los tiempos inactivos al máximo.

Del mismo modo, el estudio de tiempos se ha llevado a cabo en las industrias de calzado, en el artículo, realizado en la empresa “Facalsa”, identificaron una serie de tiempos muertos que afectaban considerablemente a la productividad. El estudio se enfocó en la toma del tiempo cronometrado de la mano de obra por cada operación realizada, los tiempos estándar lo establecieron considerando el factor de desempeño, nivel de dificultad y el entorno de trabajo, al estandarizar los procesos obtuvieron una mejora del 30,6% en la productividad del proceso [29].

Así como se ha visto la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en empresas, también, se han aplicado en la línea de los restaurantes, este es el caso de estudio realizado en Fratello Vegan Restaurant, en donde, presentaban una serie de problemas relacionados con la satisfacción del cliente, ya que, los pedidos no se entregaban en un tiempo óptimo. Al aplicar este estudio, encontraron algunas de las causas, principalmente, la desorganización del área de trabajo (cocina, utensilios, alimentos, etc.), la falta de utensilios, esperas por lavado de utensilios y por cocción. Con el estudio de tiempos, definieron el tiempo necesario para realizar cada uno de los platillos, por lo que, generaron una mejor distribución del área de trabajo, nuevos métodos de trabajo, por ejemplo, preparar ciertos alimentos previamente y controlar el stock de alimentos, con ello, mejoraron los tiempos de atención y entrega de pedidos a los clientes [30].

De igual manera, en las empresas agroindustriales se llevan a cabo estudios para mejorar la productividad de sus procesos, en el artículo [31], mencionan que al realizar el estudio de tiempos y movimientos encontraron cuellos de botella y tiempos inactivos en la mano de obra y maquinaria. Mediante un rediseño de la planta modificaron los recorridos del personal, manejo del material, utilización del espacio y mejoraron las condiciones de trabajo. Estas mejoras se reflejaron en la eliminación de los cuellos de botella, evitaron retrasos, mejoraron la capacidad de producción y elevaron los niveles de productividad de las operaciones manuales.

Finalmente, en el siguiente estudio [4], menciona que la empresa no contaba con un estudio de tiempos y movimientos previo, donde, después del respectivo estudio determinó que existía un cuello de botella en el proceso “Unión Partes”, la cual representaba el 20,91% del tiempo total de producción del florero. En este caso, una de las propuestas fue la de redistribuir la planta con el fin de atacar los problemas relacionados con el inadecuado desplazamiento del material, y movimientos innecesarios de los operarios, otra de las soluciones fue, estandarizar los procesos, con ello, se redujo los tiempos improductivos y en general, se logró aumentar un 1,41% de la capacidad diaria.

1.3 Fundamentación teórica

Estudio de tiempos y movimientos

- **Ingeniería de métodos**

Es la técnica de la ingeniería industrial, que analiza detalladamente cada operación de cierta parte del trabajo con el fin de eliminar toda operación innecesaria y de encontrar el método más eficaz para realizar toda operación imprescindible de una empresa. Actualmente, la ingeniería de métodos se enfoca en mejorar los procesos, procedimientos, actividades, áreas de trabajo y métodos de trabajo, reduciendo el esfuerzo humano de trabajo, uso de materiales, tiempo, con el objetivo de hacer más fácil, seguro y rápido un determinado trabajo [32].

Además, la ingeniería de métodos, evalúa de manera analítica, continua y minuciosamente todas las actividades que forman parte de un proceso productivo, ya sean directas o indirectas, es decir, que generen o no valor agregado al producto o

servicio. Dentro de esta evaluación, se determinan aspectos importantes, en particular, los puntos críticos de un proceso, por ejemplo, cuellos de botella, desperdicios de tiempo, material, recursos, movimientos innecesarios y métodos inadecuados que causan la ineficiencia del mismo. Sin embargo, la ingeniería de métodos al encontrar estos puntos críticos, posteriormente busca soluciones o mejores formas de realizar los trabajos que optimicen el tiempo, recursos, materiales y trabajo en general, que permita a la empresa aumentar su productividad, competitividad y rentabilidad [32].

- **Objetivos de la ingeniería de métodos**

- ✓ Mejorar los procesos de las empresas.
- ✓ Reducir tiempos muertos, esfuerzos humanos.
- ✓ Disminuir el desperdicio de materiales, tiempo, mano de obra, maquinaria.
- ✓ Mejorar la calidad del producto o servicio.
- ✓ Mejorar la disposiciones y lugares de trabajo.
- ✓ Disminuir el tiempo de realización de actividades.
- ✓ Incrementar la competitividad y rentabilidad de las organizaciones [33].

- **Estudio del trabajo**

Consiste en un análisis de los métodos que se utilizan para realizar ciertas actividades con la finalidad de buscar la máxima utilización de los recursos y de establecer normas de rendimiento en base a las actividades que se realicen. Por ello, el estudio de trabajo examina y analiza la manera en que se realizan las actividades para buscar simplificar, modificar y mejorar el método actual con el fin de evitar trabajos innecesarios, desperdicio de recursos y tiempo, fijando un tiempo normal para la realización de cada una de las actividades [34].

- **Beneficios del estudio del trabajo**

- ✓ Permite corregir deficiencias.
- ✓ Ayuda al mejoramiento de la productividad.
- ✓ Este análisis sirve de base para apoyar el mejoramiento de la seguridad y ambiente de trabajo.
- ✓ Establece normas de rendimiento, a partir de la planificación y control de la producción.
- ✓ Contribuye a que las actividades se realicen con eficacia.
- ✓ Aplicable a cualquier tipo de actividad y en cualquier área de trabajo [35].

- **Técnicas del estudio del trabajo**

Esta está ligada y se complementa con el estudio de métodos y la medición del trabajo, la primera busca la reducción de las actividades y la segunda busca los tiempos improductivos de un proceso para establecer tiempos adecuados para llevar de mejor manera las actividades de dicho proceso.

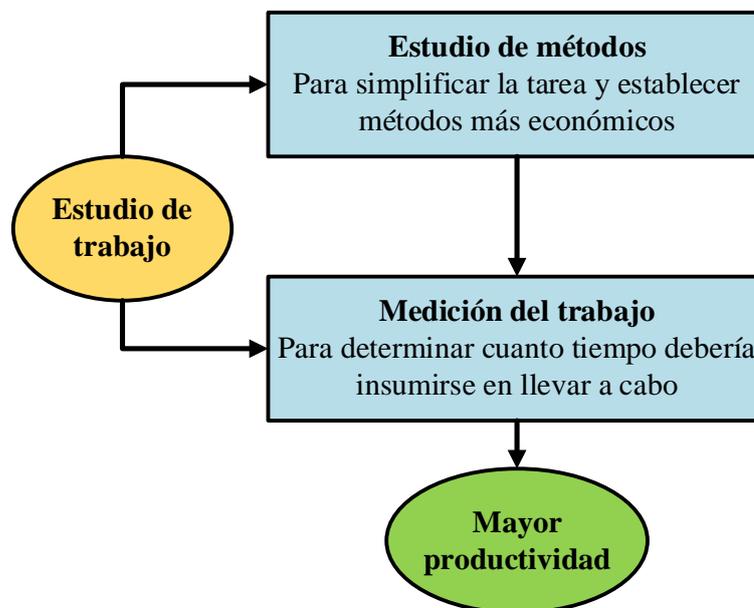


Figura 1. Técnicas del estudio del trabajo [22].

▪ **Etapas para el estudio del trabajo**

Para llevar a cabo un adecuado estudio del trabajo, se deben seguir una serie de etapas o procedimientos las cuales se describen a continuación.

1. **Seleccionar:** definir el trabajo que se va a estudiar, se recomienda elegir el trabajo de mayor importancia que generará gran impacto en los resultados del estudio.
2. **Registrar:** tomar valores y registrarlos correctamente de acuerdo a los eventos observados, para el registro se pueden apoyar en formatos elaborados de acuerdo a cada estudio.
3. **Examinar:** verificar que el registro de las actividades se realice bien, además, profundizar en detalle cada acción dentro del trabajo.
4. **Establecer:** el método más económico, tomando en cuenta los factores que intervienen, recursos disponibles y utilizando varias técnicas de gestión.
5. **Evaluar:** los resultados obtenidos con el nuevo método, tanto en cantidad de trabajo necesario como en el establecimiento de tiempos.
6. **Definir:** y diseñar cuidadosamente el nuevo método y el tiempo correspondiente, este nuevo método debe ser presentado a todas las personas involucradas en dicho proceso.
7. **Implantar:** el nuevo método de trabajo y formar a las personas interesadas con el nuevo tiempo establecido.
8. **Controlar:** la aplicación del nuevo método, tiempos establecidos y los nuevos resultados obtenidos a partir de la implantación para irlos comparando continuamente con los objetivos propuestos con el fin de verificar su funcionamiento [32] [36].

• **Procesos productivos**

Proceso: Es un conjunto de actividades que se relacionan interactúan mutuamente que transforman entradas en resultados [37].

- **Elementos de un proceso**

Los procesos, generalmente, se componen de cuatro elementos.

- a. Input o entradas: se trata de materia prima que proviene de un proveedor externo o interno, el cual se convertirá en la salida de otro proceso.
- b. Secuencia de actividades: conjunto de actividades que se llevan a cabo según un orden, pues, son medios con los cuales se trabajan las entradas.
- c. Output o salidas: se trata del producto ya terminado que ha sido transformado a partir de una entrada, es decir, de una materia prima, este producto final es destinado para los usuarios finales o pueden ser entradas de otros procesos.
- d. Sistema de control: controlan el funcionamiento del proceso mediante medidas e indicadores aplicados a los productos y a los usuarios para conocer el nivel de satisfacción [37].

- **Proceso de producción**

Conjunto de actividades que transforman entradas en salidas. La transformación añade valor a las entradas, por tal motivo, las entradas de un proceso productivo son cruciales para satisfacer las necesidades de los clientes en su paso por el proceso de producción, todos los procesos se componen de tareas, operaciones, flujos, materiales y mano de obra que permiten convertir la materia prima en productos terminados [38].

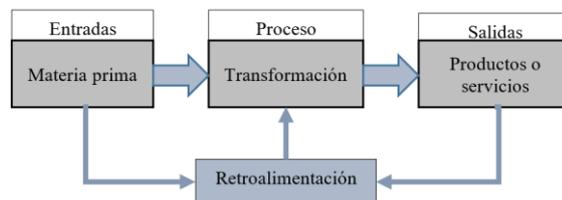


Figura 2. Representación del proceso productivo.

▪ Clasificación del proceso productivo

De acuerdo a la continuidad del proceso de producción, se clasifican de la siguiente forma:

1. Continua: el proceso no se interrumpe, solo se da en caso de reparación o mantenimiento de maquinaria y equipo. Por lo tanto, presentan un alto nivel de producción debido a que fabrican un solo tipo de producto.
2. En serie: el proceso se realiza en masa con tiempos irregulares, por ejemplo, en los procesos de fabricación de productos para automóviles, electrodomésticos, etc.
3. Intermitentes: el proceso se realiza para cantidades limitadas en intervalos de tiempos definidos, es decir, se aplica para la producción bajo pedidos [39].

▪ Técnicas y diagramas del estudio de métodos de trabajo

En el método de trabajo se debe registrar toda la información recabada de las actividades que intervienen en el trabajo que se va a estudiar, este registro debe ser exacto, ya que, a partir de él, se diseñará y establecerá un nuevo método perfeccionado. Para el registro de la información, existen gráficos y diagramas que facilitan y gestionan la información detallada de este trabajo, los cuales se presentan a continuación [40].

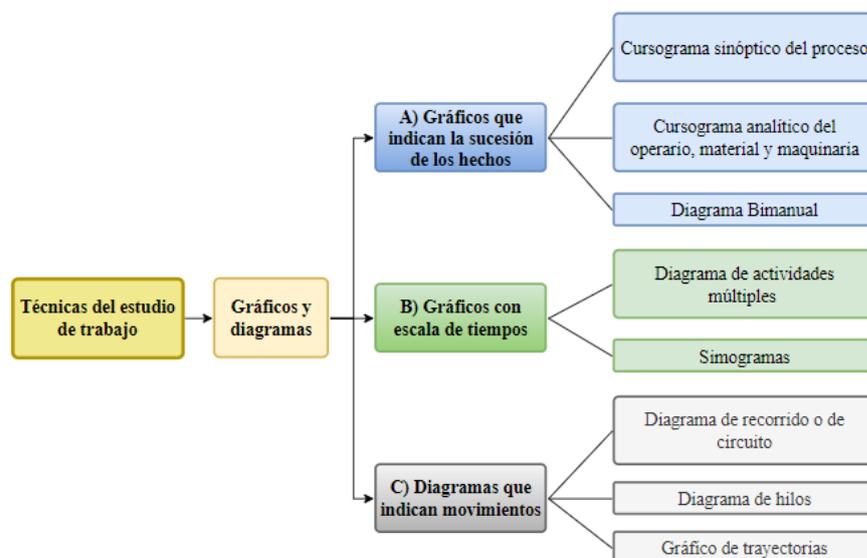
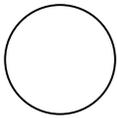
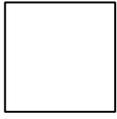
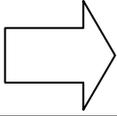
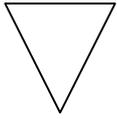
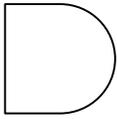
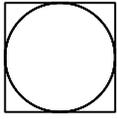


Figura 3. Técnicas del estudio de trabajo [26].

▪ **Lenguaje y símbolos para el estudio de métodos**

Estos símbolos facilitan el estudio del proceso de fabricación, por medio de estos símbolos se pueden describir de mejor manera y efectivamente la secuencia de actividades de un proceso productivo. Dichos símbolos son propuestos por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). Para el adecuado uso de estos símbolos mostrados en la Tabla 1, es importante definirlos claramente cada uno de ellos [41].

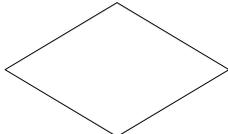
Tabla 1. Simbología ASME para el estudio de métodos [41].

Símbolo	Actividad	Descripción	Resultado predominante
	Operación	Se utiliza cuando se realiza un trabajo, por ejemplo, montar un objeto, fabricar un objeto, preparar un objeto para la siguiente actividad.	Produce o realiza
	Inspección	Se utiliza cuando un objeto está siendo examinado, por ejemplo, verificar que se cumpla con especificaciones o estándares de calidad.	Verifica
	Transporte	Se utiliza cuando un objeto es trasladado de un lugar hacia otro, con excepción de que el traslado forme parte de una operación.	Mueve
	Almacenaje	Se utiliza cuando un objeto está resguardado o guardado en un almacén, bodega, etc.	Guarda
	Demora	Se utiliza cuando existen condiciones que obstaculizan la realización de la siguiente actividad planificada.	Retraso
	Actividad combinada	Se utilizan cuando existen dos actividades que se realizan conjuntamente.	-

✚ Diagrama de flujo de procesos

Representan gráficamente los procesos operativos que intervienen en toda la transformación de una materia prima en un producto terminado. Estos diagramas ayudan en la comprensión del proceso, puesto que, utilizan figuras geométricas que diferencian cada actividad, y líneas que representan la trayectoria de las actividades. Su principal objetivo, es la de presentar claramente el proceso para que cualquier persona la pueda comprender. En este caso, estos diagramas utilizan la siguiente simbología (Tabla 2) establecida por la norma ASME [42].

Tabla 2. Simbología ASME para los diagramas de flujo [42].

Símbolo	Nombre	Descripción
	Inicio o fin	Indica el inicio o fin de un proceso
	Inspección	Indica la verificación de calidad, estado, especificaciones de un objeto o producto.
	Operación	Indica una actividad o trabajo.
	Decisión	Sirve para tomar alternativas de decisión que intervienen en un proceso.
	Dirección del flujo de proceso	Indican la dirección en la que se mueven los procesos, materiales, información y operarios.
	Documento	Representa un documento que se ha genera, ingresa o sale del proceso.

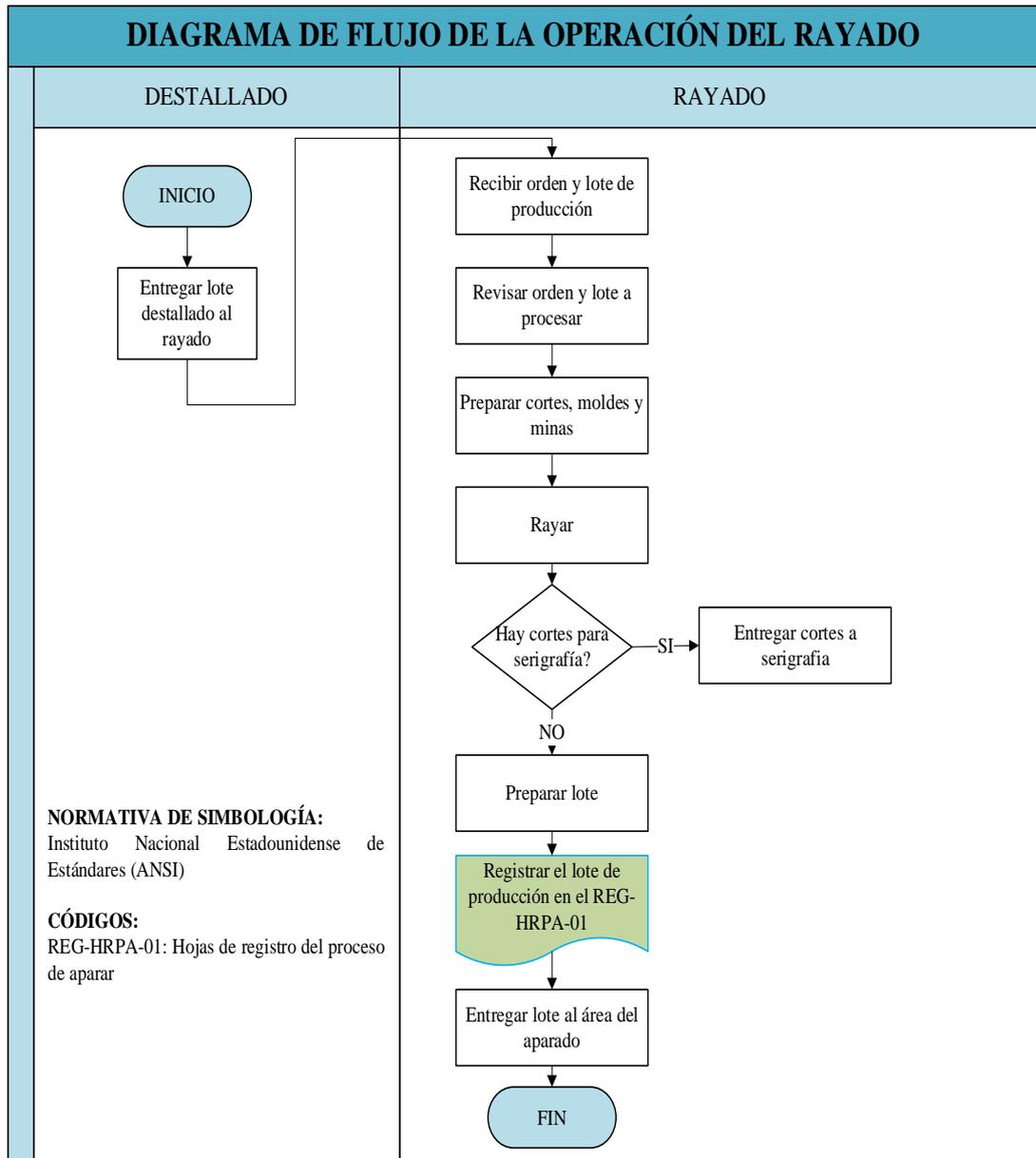


Figura 4. Ejemplo de un diagrama de flujo [29].

✚ Cursograma sinóptico de proceso

Herramienta gráfica que describe la secuencia de un proceso, principalmente, de montaje o ensamble, desde la materia prima hasta la conformación del producto final. Este diagrama utiliza tres símbolos ASME de la Tabla 1, las cuales son: operación, inspección y actividad combinada [43].

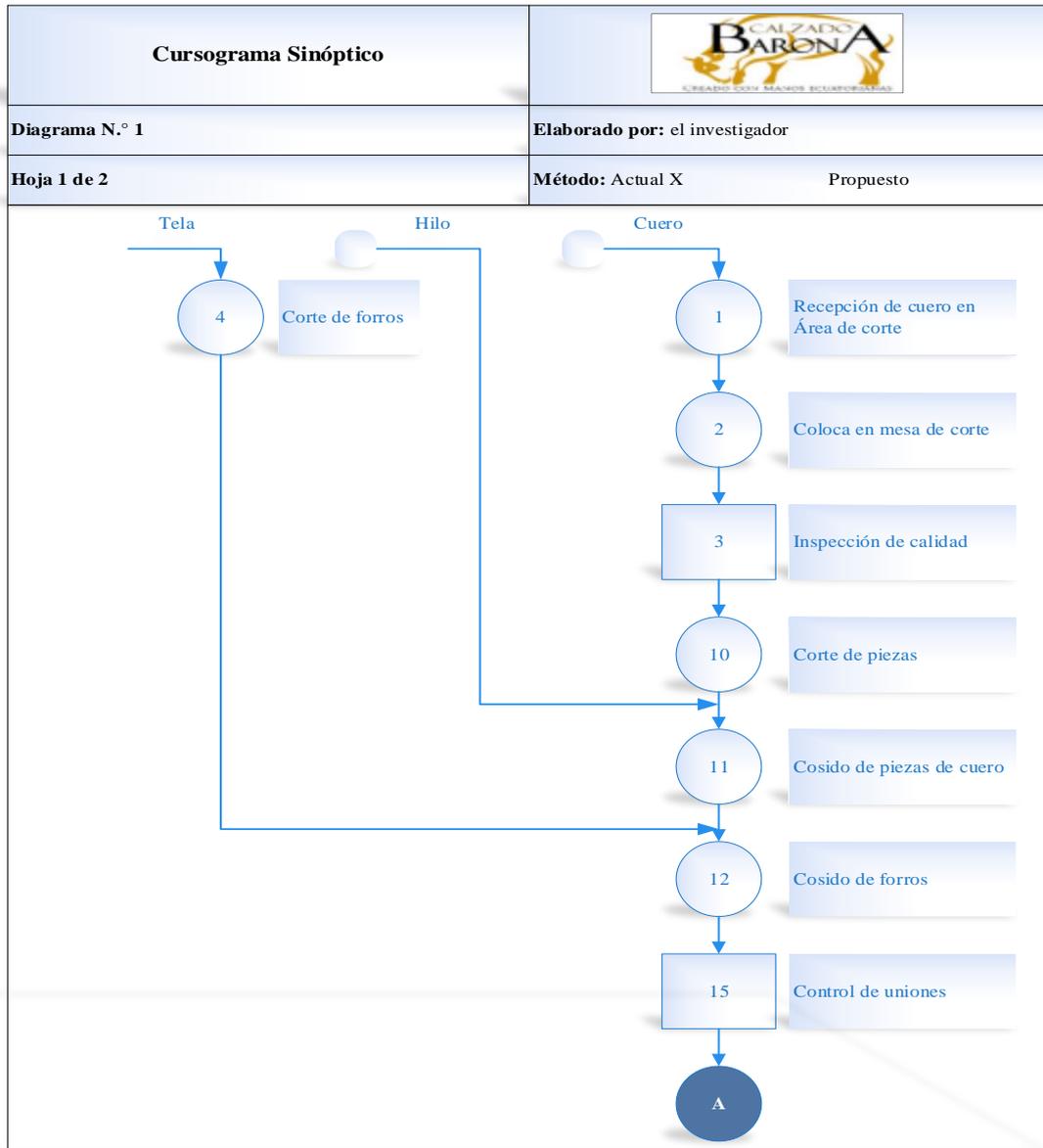


Figura 5. Ejemplo de un cursograma sinóptico [17].

Cursograma analítico de proceso

Representa gráficamente un proceso, este cursograma permite registrar totalmente la trayectoria del procedimiento, ya que, detalla paso a paso las actividades que ocurren en cada área de trabajo con sus respectivos tiempos y distancias recorridas. Al tener esta información detallada permite analizar deficiencias en los procesos en donde se puede actuar para mejorar al mismo. Dentro de este cursograma se utilizan los símbolos ASME de la Tabla 1, anteriormente mencionada [44].

Además, existen tres tipos de cursogramas:

- Cursograma del operario
- Cursograma de material
- Cursograma de equipos

Cursograma N: 1 Proceso: Embalaje		Resumen								
Productos: Cajas embaladas con producto terminado.		Actividad					Actual			
Actividad: Contar, Embalar, Terminar		Operación					4			
Método: Actual		Transporte					1			
Lugar: Área de despachos empresa Fairis C.A (línea blanca)		Espera					0			
		Inspección					1			
		Almacenamiento					2			
Operario (s): 2		Observador: Gabriela Núñez								
Descripción	Tiempo (seg.)	Distancia (m)	cantidad	Símbolo					Observa.	
				●	→	⬇	■	▼		
Almacenamiento de cajas en el área de producción (hornos)			1							Cerca de los hornos.
Toma de muestras de productos para el control de calidad.	80		1							
Conteo de productos.	107		2							
Forrado de productos.	77		1	●						
Sellado de productos.	60		2	●						
Registro de códigos.	40		3	●						
Traslado de cajas embaladas a la bodega.	160	5	1		→					Transportador manual.
De cajas embaladas en bodega.			2							
Total	524	5		4	1	0	1	2		

Figura 6. Ejemplo de un cursograma sinóptico [17].

✚ Diagrama de recorrido

Herramienta gráfica que se apoya en un plano del área de trabajo bajo estudio, en el cual se indican todas las trayectorias del objeto y de las actividades que se realizan, para la representación de las actividades, de igual forma, se utilizan los símbolos ASME de la Tabla 1, las cuales se colocan sobre el plano y se las une en función de las trayectorias del objeto durante el proceso. Además, es muy importante en el estudio sobre todo cuando se requieren distribuciones de planta [41].

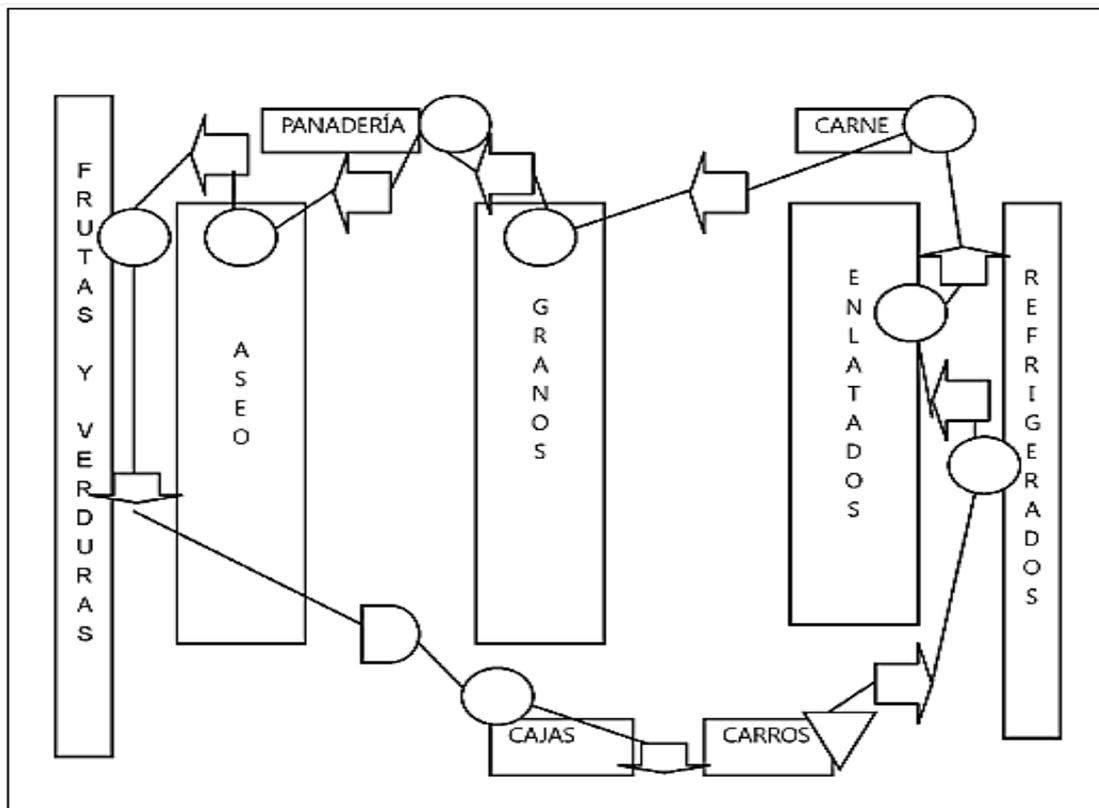


Figura 7. Ejemplo de un diagrama de recorrido [27].

✚ Diagrama de hilos

Plano o modelo a escala en donde se representa la secuencia de operaciones y con un hilo se mide el trayecto de los trabajadores, materiales o equipos durante el desarrollo de un proceso [45]. Se recomienda utilizar hilos de diferentes colores dependiendo del recorrido ya sea de operarios o de material.

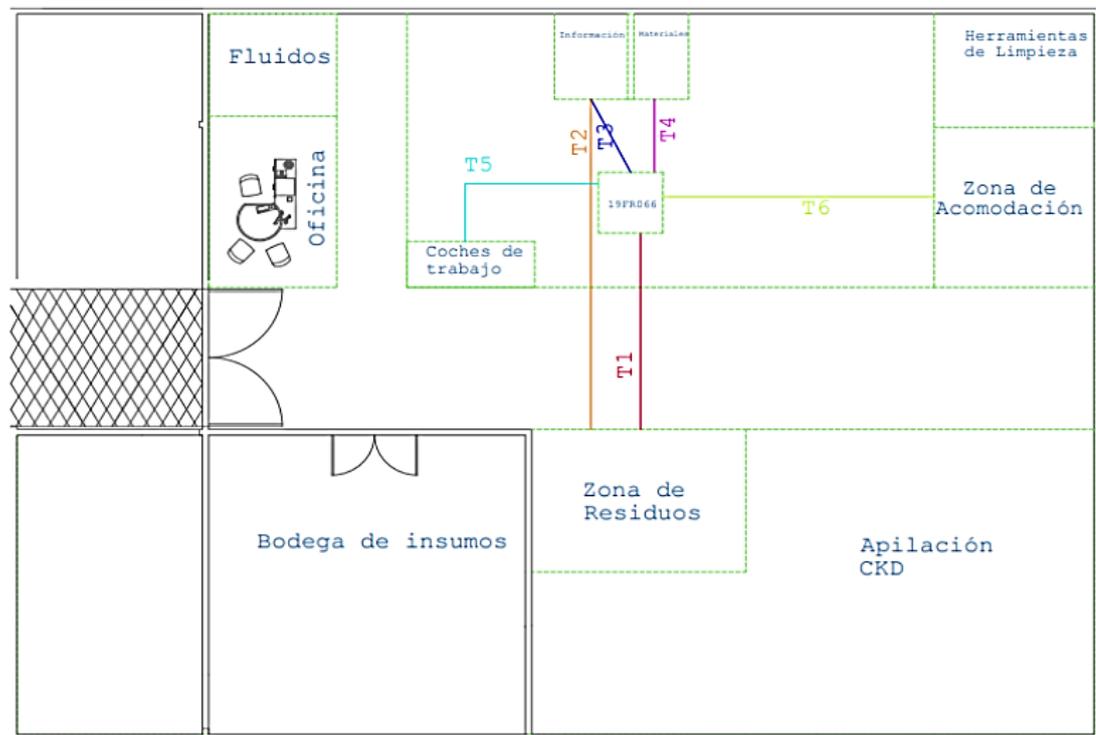


Figura 8. Ejemplo de un diagrama de hilos [31].

- **Estudio de tiempos (Medición de tiempos)**

Es un método investigativo que incluye la aplicación de distintas técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado para llevar a cabo un trabajo determinado con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida [17]. Además, para el estudio de tiempos es necesario definir el objeto de estudio, un número limitado de observaciones y recursos necesarios para llevar a cabo el estudio. La medición de trabajo, fundamentalmente tiene los siguientes objetivos:

- Determinar el tiempo estándar de cada actividad.
- Maximizar la eficiencia de trabajo.
- **Equipo necesario para efectuar un estudio de tiempos**
 - a. Cronómetro fiable, calibrado, certificado.
 - b. Formato para la toma de datos (hoja de observaciones).
 - c. Tablero de tiempos.

d. Equipo auxiliar (flexómetro).

○ **Estudio de tiempos con cronómetro**

Dentro de este tipo de estudios, el estudio con cronometro es el más utilizado para los cálculos de los tiempos de trabajo, es muy flexible, ya que, al tomar el tiempo permite considerar ciertos aspectos tales como: pausas, descansos, ritmos y valoración propia del trabajo. Como tipos de cronómetros tenemos los digitales y analógicos, cualquier de los dos se pueden utilizar siempre y cuando se encuentren calibrados correctamente [46].



Figura 9. Cronómetro digital.

▪ **Métodos básicos para medir el tiempo (cronometraje)**

Al utilizar como equipo de trabajo para el estudio del tiempo, es decir, el cronómetro, existen dos métodos para la toma de datos.

a. Lectura continua

Este método es recomendable cuando necesita cronometrar actividades cortas. Consiste en poner en marcha al cronómetro y leerlo cada vez que acabe una actividad, pero sin desactivar el cronómetro mientras dure el estudio [17].

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la lectura continua [17].

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se obtiene un registro completo dentro de un periodo de observación determinado. ➤ No se deja tiempo sin anotar. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El procesamiento de los datos y el cálculo numérico conlleva más tiempo.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se obtienen valores exactos en actividades cortas. ➤ Existe menos distracción por parte del observador, analista, investigador, etc. 	

b. Vuelta a cero o lectura repetitiva

Este método es recomendable cuando se necesita cronometrar actividades largas. Consiste en accionar el cronómetro desde cero y desactivarlo cada vez que se acabe una actividad, luego se regresa nuevamente a cero para tomar el tiempo y así sucesivamente hasta terminar el estudio [17].

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la lectura vuelta a cero [17].

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El cálculo por actividad requiere de menor tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El procesamiento de los datos y el cálculo numérico conlleva más tiempo.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las actividades que se encuentran críticas se registran fácilmente. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No se obtiene un registro completo al no considerar retrasos.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se obtienen valores exactos en actividades largas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesita de mayor atención por parte del observador, analista, investigador, etc.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Existe menos distracción por parte del observador, analista, investigador, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Causa distracción en el observador, analista, investigador, etc.

▪ **Procedimiento para el estudio de tiempos**

- a. Definir y seleccionar el trabajo a estudiar
- b. Recopilar y registrar toda la información en sobre el trabajo, por ejemplo, número de operadores y las condiciones en que laboran.
- c. Tomar el tiempo mediante el cronómetro cada vez que el operador realiza una actividad,

- d. Evaluar la velocidad efectiva de trabajo del operador en base al ritmo normal observado. Con ello, se realiza la calificación de desempeño.
- e. Ajustar el tiempo observado con la calificación de desempeño para calcular el tiempo normal de cada actividad.
- f. Clasificar los tiempos normales calculados.
- g. Agregar los respectivos suplementos u holguras que compensan la fatiga, necesidades personales, etc. Con ello, se calculan los tiempos estándar de cada actividad.
- h. Calcular el tiempo permitido para todo el trabajo en base a los tiempos estándar.
- i. Describir detalladamente el método de trabajo para el que se establece el tiempo estándar.
- j. Probar y revisar los tiempos estándares cada vez que sea necesario [47].

▪ **Numero de observaciones para el tiempo normal**

Para determinar el tiempo normal es necesario establecer un número mínimo de observaciones recomendables para que los valores calculados sean confiables. Para obtener el número de observaciones existen diferentes procedimientos, por ejemplo, por medio de fórmulas estadísticas, ábaco de Lifson, etc. Sin embargo, también existe un método que tiene el número de observaciones preestablecidos en función del tiempo de ciclo, este método fue establecido por General Electric y es utilizado ampliamente, estos valores se describen a continuación [48].

Tabla 5. Número de observaciones recomendables según General Electric [48]

Tiempo de ciclo (minutos)	Número de observaciones recomendables
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 a 5,00	15
5,00 a 10,00	10
10,00 a 20,00	8
20,00 a 40,00	5
40 o más	3

▪ **Tiempo observado (TO)**

Es el tiempo que no toma en cuenta la valoración del ritmo de trabajo ni los suplementos. Este es el tiempo tomado por el cronómetro o también conocido como tiempo promedio de ciclo de trabajo, la cual consiste en tomar varias veces el tiempo de acuerdo al número de observaciones calculada y posteriormente se lo promedia [35].

A continuación, se presenta la Ecuación 10, para el tiempo observado:

$$TO = \frac{\sum \text{Tiempo observado}}{\# \text{ Ciclos observado}} \quad (1)$$

▪ **Escala de valoración del ritmo de trabajo**

Se utiliza un factor de desempeño de acuerdo a las actividades que realiza un trabajador, estos valores consisten en una comparación entre el ritmo real y el ritmo tipo. Por ejemplo, a un trabajador calificado que se realiza sus actividades a un ritmo optimo, es activo y capaz se le asigna un valor de 100%, sin embargo, puede existir otros tipos de trabajadores que pueden superar el valor recomendable de 100% y por lo general, existen trabajadores que no realizan sus actividades adecuadamente por lo cual se les asignarán valores menores al 100%. Existen diferentes escalas para valorar el ritmo de trabajo, una de las más fáciles de utilizar es la escala británica que asigna los siguientes valores:

Tabla 6. Escala británica para valorización del ritmo de trabajo [28].

Escala de 0 a 100% Norma Británica	Descripción del factor de desempeño	Velocidad de marcha comparable (Km/h)
0	Actividad nula	0,0
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, el operador parece dormido y sin interés en el trabajo.	3,2
75	Obrero constante sin prisa, como obrero no pagado al destajo, pero bien dirigido y vigilado, parece lento, pero no pierde tiempo por de adrede mientras lo observen.	4,8
100 (ritmo óptimo)	Activo, capaz, como obrero calificado medio, pagado a destajo, logra con tranquilidad el nivel de precisión y calidad fijada. (Pagado por obra)	6,4
125	Operario muy rápido, que actúa con gran seguridad y agilidad, destreza y coordinación de movimientos, superando ampliamente al trabajador calificado medio.	8,0
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de dudar o descansar por largos periodos, actuación de virtuosos solo alcanzado por unos pocos trabajadores.	9,6

▪ **Suplementos**

Son tolerancias u holguras que compensan la fatiga que implica realizar una actividad por parte de un trabajador. Es un tiempo básico que se otorga al trabajador para que se reponga de los efectos fisiológicos y psicológicos de su trabajo [22]. Cada suplemento tiene un valor específico para hombres y mujeres dependiendo de las condiciones en las que realiza su trabajo [41]. Además, estos suplementos se dividen en dos grupos:

1. Suplementos fijos o constantes: Son los suplementos necesarios que se asignan por necesidades personales, beber agua, descanso por fatiga básica para compensar su energía consumida en sus labores.
2. Suplementos variables: Son suplementos que asignan en base a las condiciones de trabajo a la que está supeditado el trabajador, por ejemplo, mucho ruido, mala iluminación, etc. [49].

Tabla 7. Valoración de los suplementos [49].

			SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
SUPLEMENTOS CONSTANTES	H	M	SUPLEMENTOS VARIABLES	H	M
Necesidades personales	5	7	e) Condiciones atmosféricas		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (mili calorías/cm2/segundo)		
SUPLEMENTOS VARIABLES	H	M			
a) Trabajo de pie			16	0	
Trabajo se realiza sentado (a)	0	0	14	0	
Trabajo se realiza de pie	2	4	12	0	
b) Postura normal			10	3	
Ligeramente incómoda	0	1	8	10	
Incómoda (inclinación del cuerpo)	2	3	6	21	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)	7	7	5	31	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			4	45	
			3	64	
			2	100	
Peso levantado por kilogramo			f) Tensión visual		
2,5	0	1	Trabajos de cierta precisión	0	0
5	1	2	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
7,5	2	3	Trabajos de gran precisión	5	5
10	3	4	g) Ruido		
12,5	4	6	Sonido continuo	0	0
15	5	8	Sonidos intermitentes y fuertes	2	2
17,5	7	10	Sonidos intermitentes y muy fuertes	5	5
20	9	13	Sonidos estridentes	7	7
22,5	11	16	h) Tensión mental		
25	13	20	Proceso algo complejo	1	1
30	17		Proceso complejo o de atención dividida	4	4
33,5	22		Proceso muy complejo	8	8
d) Iluminación			i) Monotonía mental		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo monótono	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo bastante monótono	1	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy monótono	4	4
			j) Monotonía física		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	2
			Trabajo muy aburrido	5	5

- **Tiempo normal (TN)**

Es el tiempo normal que se tarda en ejecutar un operario en un determinado trabajo sin tomar en consideración ninguna demora ni suplementos [50]. Este tiempo normal se puede calcular a partir de la Ecuación 2 y 3:

$$TN = \textit{Tiempo observado por unidad} * \textit{Factor de desempeño} \quad (2)$$

$$TN = \frac{\textit{Tiempo trabajado}}{\textit{Cantidad de unidades producidas}} * \textit{Factor de desempeño} \quad (3)$$

- **Tiempo estándar (TE)**

Es el tiempo en que se realiza una actividad por parte de un operario capacitado, desarrollando una actividad normal, incluyendo los suplementos por descansos, necesidades personales, demoras, fatigas del trabajador, etc. [50]. Este tiempo se lo puede obtener a partir de Ecuación 4 y 5:

$$TE = \textit{Tiempo normal} * (1 + \textit{Suplementos}) \quad (4)$$

$$TE = \textit{Tiempo normal} + (\textit{Suplementos} * \textit{Tiempo normal}) \quad (5)$$

Mejoramiento de los procesos productivos

- **Capacidad de producción (Cp)**

Es el volumen de producción o número de unidades que se pueden fabricar, ensamblar, almacenar o recibir en un proceso dentro de un periodo de tiempo determinado, por ejemplo, en una jornada de trabajo, semanal, mensual, etc. Si la capacidad excede a la demanda los costos de fabricación serán elevados, en cambio, si la demanda excede la capacidad no se consigue fabricar a tiempo lo requerido, ocasionado retrasos, pérdidas de ventas y de competitividad [51].

La capacidad de producción se calcula a través de Ecuación 6:

$$Cp = \frac{1}{\text{Tiempo estándar}} * \text{Tiempo total de producción} \quad (6)$$

- **Cuello de botella**

Operación o proceso que limita la capacidad máxima de producción. Los cuellos de botella son causados por la falta de máquinas, operarios, trabajo ineficiente, pérdidas de tiempo en preparación de máquinas, tiempo de reparaciones o mantenimientos, espera de materias primas y demás recursos que generen demoras en el proceso [52].

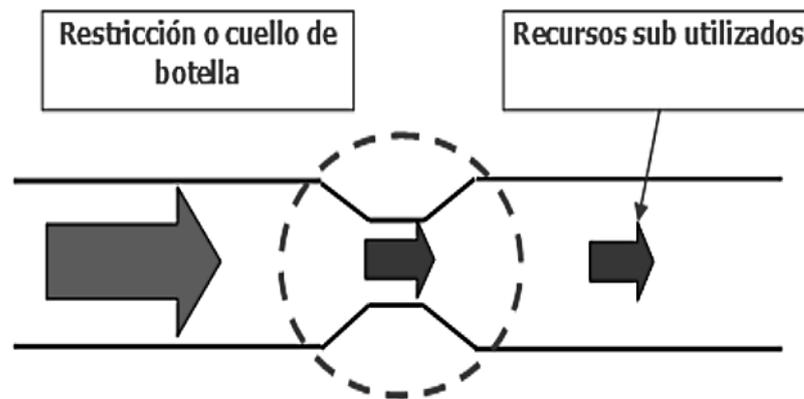


Figura 10. Representación de un cuello de botella [38].

- **Análisis ABC**

Este análisis divide el inventario disponible de las empresas en tres categorías según el volumen de dinero por ventas anuales. El volumen de dinero es muy importante, puesto que, un artículo de costo bajo pero de alto volumen puede ser más importante que un artículo de costo alto pero de bajo volumen; es decir, se debe dar prioridad al artículo de mayor importancia, en otras palabras, el producto que genere mayor ganancia para la empresa [53].

Por tal motivo, este análisis hace uso del principio de Pareto, que establece que sólo hay unos pocos artículos cruciales o importantes y muchos artículos triviales o de menor importancia; es decir, las políticas de inventarios deben priorizar o centrar sus recursos en las pocas partes pero importantes del inventario y no en las muchas partes triviales [50]. La clasificación ABC divide los artículos en los siguientes tres grupos:

- A. **Volumen de dinero alto:** Representan el 15% de todos los artículos del inventario, pero constituyen un 70% a 80% del uso total de efectivo (son los más importantes o cruciales) [54].
- B. **Volumen de dinero medio:** Representan el 30% de todos los artículos del inventario y constituyen un 15% a 25% del total de efectivo [54].
- C. **Volumen de dinero bajo:** Representan un 55% de todos los artículos del inventario y solo constituyen el 5% del total de efectivo (son los menos importantes) [54].

De manera grafica se representarías de esta forma:

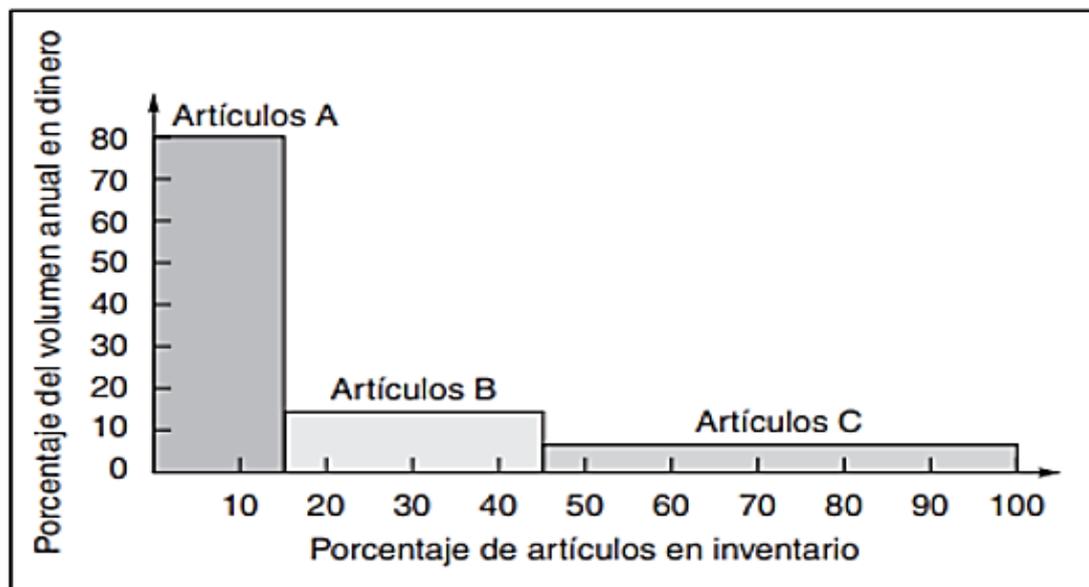


Figura 11. Clasificación ABC [41].

El método de clasificación ABC permite conocer el producto estrella, es decir, el mejor vendido, además, permite mejorar pronósticos, controles físicos, confiabilidad del proveedor y, finalmente, reducción de inventario innecesario [50].

- **Productividad**

La productividad es la relación entre cierta cantidad de producción y cierta cantidad de insumos. La productividad no se limita simplemente a medir la cantidad de producción, sino que es una medida de cómo se han combinado y aprovechado los recursos para lograr cumplir con los niveles de producción [55].

La productividad integra varios factores importantes y depende de ellos para que, el índice de productividad se vea afectada positiva o negativamente. Estos factores son los siguientes:

- La calidad
- Disponibilidad de insumos
- Capacidad de producción de la maquinaria principal
- Actitud y nivel de capacidad de la mano de obra
- Motivación y efectividad de los administradores

▪ **Beneficios de incrementar la productividad**

- ✓ Producir más en el futuro optimizando recursos
- ✓ Brinda mejor servicio a los clientes
- ✓ Mayor flujo de efectivo
- ✓ Mejor rendimiento sobre los activos
- ✓ Incrementa las utilidades
- ✓ Eleva la competitividad de una empresa en el mercado

▪ **Medida de la productividad**

La productividad se mide en unidad por tiempo. Se representa de la siguiente manera:

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathit{Salidas (Unidades producidas)}}{\mathit{Entradas (Inputs empleados)}}$$

Este es un indicador de la eficiencia del sistema de producción, es decir, que tan bien se utilizan factores como: trabajo, material, energía, capital, etc [55].

- **Productividad por tiempo**

La productividad por tiempo de trabajo total, proporciona una visión general del tiempo disponible de trabajo en relación a la capacidad de producción actual, es decir, cuantas unidades se producen dentro de un determinado tiempo. Para ello, se utiliza la Ecuación 7:

$$\text{Productividad por tiempo} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Tiempo total de producción}} \quad (7)$$

- **Factores que inciden en la productividad**

Existen dos factores importantes los internos y los externos, dentro de los internos existen dos subclasificaciones: duros y blandos. La clasificación como duros y blandos se refiere al nivel de facilidad que resulta cambiarlos, pero podría alterarse esta sub clasificación, ya que, en ocasiones resulta más fácil comprar una máquina nueva que cambiar la mentalidad de una persona [55].

La clasificación se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Factores internos que inciden en la productividad [55].

Factores internos	
Factores duros	Factores blandos
Productos	Personas
Planta y equipo	Organizaciones y sistemas
Tecnología	Métodos de trabajo
Materiales y energía	Estilos de dirección

- **Mejoramiento de la productividad por cada factor interno**

- **Factores duros**

- Productos: Fabricar productos más demandados por los clientes y no centrarse en los menos importantes.
- Planta y equipo: Programas de mantenimiento a las maquinarias, equipos, funcionamiento óptimo de la planta, eliminación de cuellos de botella que limiten

la capacidad de la planta, reducción del tiempo parado y uso eficaz de las máquinas.

- **Tecnología:** Integrar nuevas innovaciones tecnológicas que ayuden a aumentar el volumen de bienes o mejorar un servicio, perfeccionar la calidad, automatizar procesos en almacenamiento, sistemas de comunicación, control de calidad e integrar tecnologías de la información eficientes.
- **Materiales y energía:** Seleccionar el material adecuado, es decir, de calidad que ayuden a disminuir los defectos en el producto final. Controlar y disminuir los desechos y mermas, contar con materiales sustitutos, y buscar nuevos materiales mediante la investigación y desarrollo [55].

➤ **Factores externos**

Se refiere al tema social, político, profesional y económico, aquí para lograr mejorar la productividad se recurre a cambios normativos, reglamentarios, etc.

● **Técnicas para el mejoramiento de la productividad**

Son técnicas, métodos y herramientas que generar mayor valor agregado en función a los insumos que se han utilizado, en otras palabras ayudan a mejorar la productividad [55]. Para esta mejora principalmente se utilizan las técnicas de la ingeniería industrial las cuales son:

- ✓ Estudio del trabajo
- ✓ Estudio de métodos
- ✓ Medición del trabajo
- ✓ Simplificación del trabajo
- ✓ Sistemas JIT
- ✓ Balanceo de líneas
- ✓ Análisis Pareto
- ✓ Análisis ABC
- ✓ Gestión de Calidad Total

- **Balaneo de líneas de producción**

Consiste en una agrupación de actividades u operaciones que se ajustan al tiempo de ciclo especificado para que cada línea de producción tenga continuidad, es decir, cada estación o centro de trabajo tiene tiempos de proceso iguales o equilibrados, por lo que, las líneas de producción pueden trabajar de forma continua y no presentar cuellos de botella [56].

Además, el balanceo de líneas tiene algunos propósitos, los mismo son:

1. Equilibrar la carga de trabajo en cada estación.
2. Identificar el cuello de botella de la línea de producción.
3. Establecer la velocidad de la línea de producción.
4. Calcular el número de estaciones ideales de trabajo.
5. Identificar la carga porcentual de trabajo por cada operador.
6. Elevar la producción.

- **Asignación de tareas por estación de trabajo**

Existen 4 formas para distribuir las tareas a las estaciones de trabajo:

- a. **Peso posicional:** Seleccionar la tarea con la mayor suma de las tareas siguientes tenga mayor ponderación o peso.
- b. **Mayor número de tareas sucesoras:** Se asigna la tarea con mayor número de tareas subsecuentes.
- c. **Tarea con mayor tiempo:** Se selecciona la tarea con mayor tiempo de duración.
- d. **Tarea con menor tiempo:** Se selecciona la tarea con menor tiempo de duración.

- **Determinación del número de trabajadores necesarios por operación**

Para equilibrar una línea de producción, es necesario conocer el número de operadores ideales para cada operación, para ello, se aplica la Ecuación 8 y 9:

$$NO = \frac{TE * IP}{E} \quad (8)$$

$$IP = \frac{\text{Unidades planeadas a fabricar}}{\text{Tiempo disponible para un operador}} \quad (9)$$

Donde:

NO = número de operadores para línea de producción

TE = tiempo estándar de la operación

IP = índice de producción

E = eficiencia planeada

La eficiencia planeada depende del analista, ya que, debe considerar una eficiencia adecuada de producción, por lo general, se considera de un 90% [56].

- **Procedimiento para el balance de líneas de ensamble**

- Realizar un diagrama de precedencia, en ella se debe especificar el flujo de las operaciones y la relación de dependencia de cada una de ellas.
- Determinar el tiempo de ciclo requerido, es decir, conocer de cuanto tiempo se dispone por unidad para alcanzar con la producción requerida; para ello, se utiliza la Ecuación 10:

$$TC = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Producción requerida (u)}} \quad (10)$$

- Calcular el número de estaciones ideales de trabajo para cumplir con el tiempo de ciclo, mediante la Ecuación 11:

$$N = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Tiempo de ciclo (TC)}} \quad (11)$$

- d. Asignar las estaciones de trabajo en base al tiempo de ciclo.
- e. Calcular la eficiencia del número de estaciones, mediante la Ecuación 12:

$$E = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{N * TC} * 100\% \quad (12)$$

- **Metodología 5's**

Las 5's forman parte del Lean Manufacturing, son un conjunto de principios y prácticas desarrolladas por Eili Toyoda en 1960 para mejorar la organización, orden y limpieza del lugar de trabajo de cualquier entorno industrial. Por tal motivo, en la actualidad estas prácticas se han extendido hacia varios sectores y organizaciones por sus diversos beneficios en el entorno laboral, así como la seguridad y productividad del personal de trabajo [57].

El objetivo principal de esta metodología, es la de crear un entorno laboral eficiente, seguro, limpio y ordenado que permita mejorar las operaciones diarias de una industria, esto se logra a través de la implementación de la misma, la cual consta de cinco etapas (Figura 12):

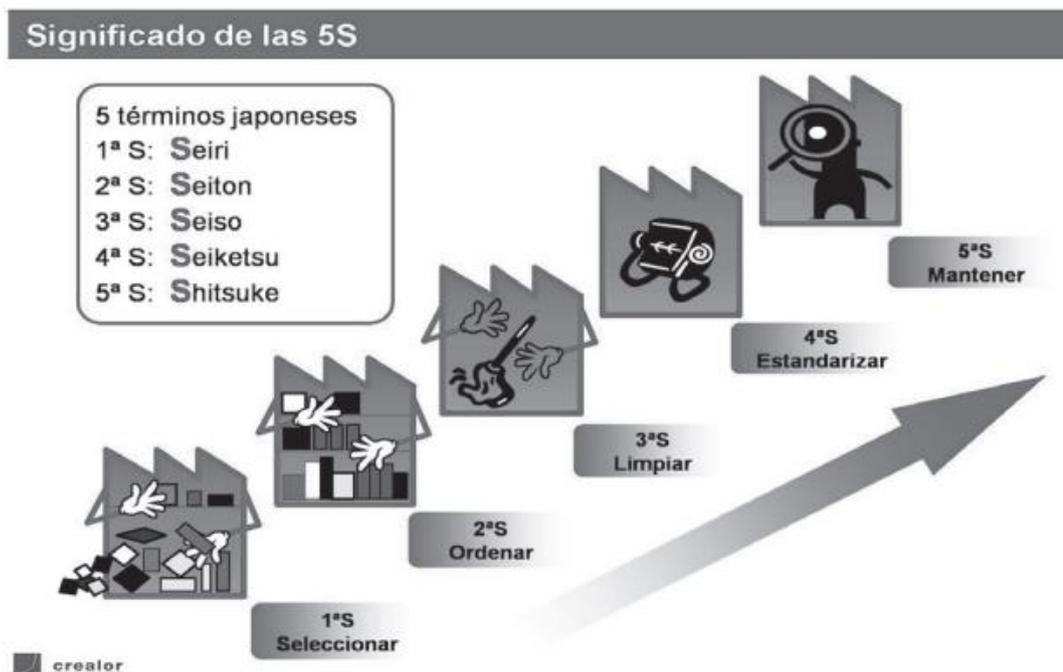


Figura 12. Significado de las 5's [58].

1. Seiri (Organización y selección)

Consiste en identificar los elementos necesarios y separarlos de los elementos innecesarios para mejorar la organización y espacio del área de trabajo [59].

2. Seiton (Orden)

Determina los espacios y ubicaciones adecuadas para cada elemento de trabajo necesario, es decir, cada elemento debe tener un lugar designado, etiquetado y señalado para su fácil identificación y utilización [59].

3. Seiso (Limpieza)

Consiste en mantener el área de trabajo limpio y ordenado, esto se logra a través de una rutina de limpieza regular, la cual deber ser realizada por los trabajadores para evitar la acumulación de suciedad, riesgos laborales y un ambiente de trabajo desagradable [59].

4. Seiketsu (Estandarización)

Implica el establecimiento de estándares, políticas y procedimientos que permitan mantener las tres primeras etapas a lo largo del tiempo y de manera constante [59].

5. Shitsuke (Disciplina)

Consiste en mantener y buscar mejorar continuamente las practicas implementadas en el área de trabajo, con el propósito de crear un hábito en todos los trabajadores para seguir lo establecido anteriormente [59].

Ventajas de implementar las 5's

Al implementar esta metodología en una organización, se pueden obtener una serie de ventajas y beneficios, las cuales son:

- Entornos de trabajo eficientes.
- Menor riesgo de accidentes laborales.
- Disminución de movimientos innecesarios.
- Mayor espacio de trabajo.
- Proyectar una mejor imagen a los clientes.
- Mejora el compromiso y responsabilidad de los trabajadores.
- Mayor eficiencia y productividad en las operaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar un estudio de tiempos y de movimientos en el área de metal mecánica para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa ECUATRAN S.A.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de los procesos que integran la línea de producción del producto de mayor demanda del área de metal mecánica de la empresa ECUATRAN S.A.
- Realizar un estudio de tiempos y de movimientos de los procesos actuales del área de metal mecánica.
- Establecer una propuesta de mejora, a partir de los resultados del estudio de tiempos y de movimientos efectuado en el área de metal mecánica.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de investigación se han utilizados los siguientes materiales, equipos, softwares e instrumentos, los mismos se detallan, a continuación:

Tabla 9. Materiales utilizados en el proyecto de investigación.

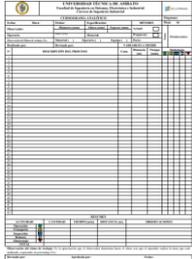
Material	Descripción	Ilustración
Computador	Máquina electrónica digital utilizado para la recolección, análisis de datos y redacción del proyecto de investigación.	
Cronómetro digital	Instrumento utilizado para medir el tiempo de duración de las actividades realizadas por los trabajadores en el proceso productivo.	
Cinta métrica o flexómetro	Instrumento utilizado para tomar medidas del área de producción y distancias recorridas por los trabajadores.	
Hojas de registro de datos	Material utilizado para registrar los datos recolectados de forma clara, adecuada y en orden.	
Celular	Dispositivo tecnológico utilizado para tomar fotografías de los procesos.	

Tabla 9. Materiales utilizados en el proyecto de investigación. (Continuación)

Material	Descripción	Ilustración
Microsoft Excel	Software utilizado para el análisis de datos cuantitativos recolectados de los procesos.	
Visio 2021	Software utilizado para realizar diferentes gráficos y diagramas para el estudio del trabajo.	
AutoCAD 2020	Software de diseño utilizado para el modelado del layout del área de estudio.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Investigación bibliográfica-documental

La investigación tiene una modalidad de tipo bibliográfica documental, ya que, se apoya y se fundamenta en información confiable de fuentes primarias, particularmente, entrevistas y de secundarias, tales como: libros, revistas científicas, trabajos de pre y postgrados y demás recursos bibliográficos relacionados con la temática, con el objetivo de sustentar la información descrita en el proyecto de investigación.

Para la búsqueda de esta información fue necesario aplicar la metodología PRISMA, especialmente, para el desarrollo de los antecedentes investigativos y del marco teórico del presente proyecto. La metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), es de gran utilidad para las revisiones sistemáticas de estudios que permiten al investigador evaluar la idoneidad y fiabilidad de los documentos recopilados [60].

Dicha metodología está compuesta por 4 etapas para la revisión sistemática [61], las mismas se detallan a continuación:

1. Preguntas de investigación

Primeramente, se partió con el planteamiento de tres preguntas de investigación, dichas preguntas están directamente relacionadas con la temática del estudio de tiempos y movimientos; es importante mencionar que se han tenido en cuenta tres puntos de vista para este análisis:

- **PV1:** Estudio de tiempos y movimientos.
- **PV2:** Herramientas del estudio de tiempos y movimientos.
- **PV3:** Mejora de procesos y productividad.

En la **Tabla 10**, se presentan las preguntas que se han formulado.

Tabla 10. Preguntas de investigación

Número	Pregunta de investigación (RQ)	Motivación
RQ1	¿Cuál es el procedimiento para el desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos?	Identificar el procedimiento correcto para realizar un estudio de tiempos y movimientos.
RQ2	¿Qué herramientas se aplican en el estudio de tiempos y movimientos?	Conocer las principales técnicas y herramientas aplicadas en el estudio de tiempos y movimientos.
RQ3	¿Cuáles son los beneficios de aplicar un estudio de tiempos y movimientos en la industria metal mecánica?	Aplicar un estudio de tiempos y movimientos en el área de metal mecánica para mejorar la productividad de sus procesos.

2. Búsqueda de documentos

Para la búsqueda de los documentos se utilizaron diferentes términos claves que se relacionan con cada uno de los puntos de vista mencionados.

Para VP1: (("Procedimiento" O "Utilizado" O "Desarrollo" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos") y ("Proceso" O "Utilizado" O "Desarrollo" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos")).

Para VP2: (("Herramientas" O "Aplicadas" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos") y ("Técnicas" O "Aplicadas" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos")).

Para VP3: (("Beneficios" O "Aplicar" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos"))

y ("Beneficios" O "Aplicar" O "Estudio" O "Tiempos" O "Movimientos"O "Industria"O "Metal mecánica")).

Esta búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos: Scielo, Web of Science, Dialnet, Redalyc, Scopus y se utilizaron otras bases de datos como: Eumed, Ecorfan y buscadores como el Google Académico.

Además, es importante mencionar que la búsqueda se realizó con los términos claves tanto en español y en inglés, con el objetivo de profundizar la búsqueda y recopilar la mayor cantidad de documentos de las bases de datos. Para la selección de los documentos, se revisó detalladamente los títulos, resúmenes y fecha de publicación de los artículos, puesto que, solo se admiten desde el año 2018 en adelante.

3. Selección de documentos

En esta primera fase se definieron seis criterios para incluir o excluir cada uno de los documentos encontrados, como se muestra en la Tabla 11. En la segunda fase, dichos documentos fueron ordenados de acuerdo al título, fecha, resumen y palabras claves para facilitar la revisión de cada artículo. En la tercera fase, se realizó una revisión de los resúmenes y conclusiones de cada artículo para verificar que se relacionen con la temática de búsqueda y posteriormente permitan responder las preguntas planteadas.

Tabla 11. Criterios de inclusión y exclusión de documentos.

Número	Inclusión	Exclusión
C1	Artículos afines a la temática	Artículos duplicados
C2	Artículos en inglés y español	Conferencias, libros, blogs, informes, página web.
C3	Artículos relacionados con el desarrollo del estudio de tiempos y movimientos	Artículos no relacionados al tema.
C4	Artículos relacionados con las técnicas y herramientas aplicadas en el estudio de tiempos y movimientos	Artículos no relacionados al tema
C5	Artículos relacionados a los beneficios obtenidos al aplicar un estudio de tiempos y movimientos	Artículos no relacionados al tema
C6	Artículos de los últimos 5 años	Artículos con más de 5 años de antigüedad

El resumen de documentos obtenidos por cada fase se representó mediante un flujograma, el mismo se presentan en la Figura 13.

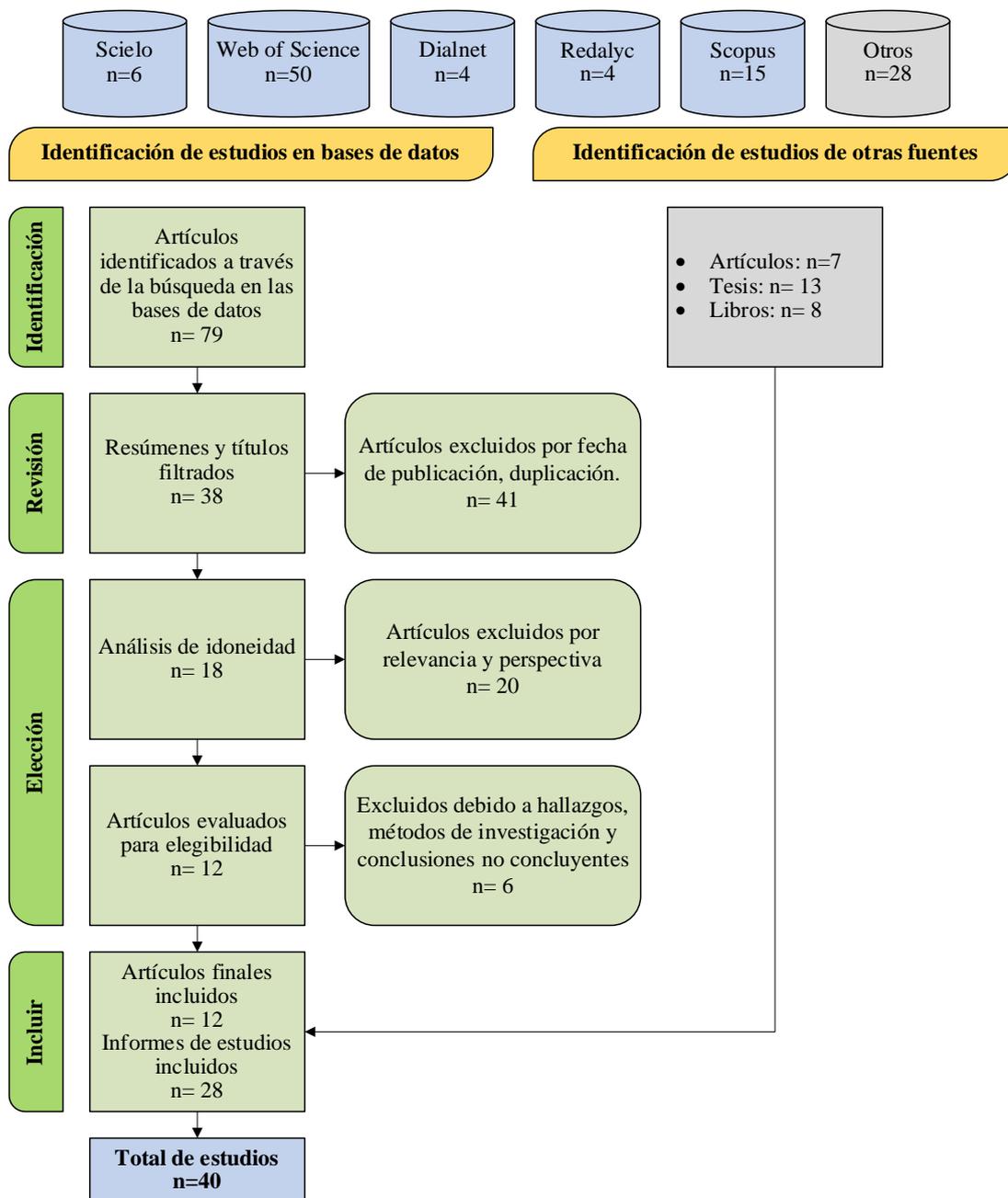


Figura 13. Flujograma de la metodología PRISMA.

4. Extracción de datos

Finalmente, se obtuvo un total de 19 artículos científicos de las bases de datos mencionados y de otras fuentes y buscadores, además, para sustentar el marco teórico se ha optado por recopilar tesis y libros, 7 y 13 respectivamente, que se relacionen con la temática, obteniendo al final un total de 40 documentos validados, los mismos que se encuentran resumidos en la tabla del Anexo 1, en donde, están divididos por código (A para artículo, T para tesis y L para libros), título, base de datos (BDD), año de publicación, punto de vista (VP), autor (es) y el objetivo de cada uno.

Investigación de campo

Se aplica este tipo de investigación, ya que, fue necesario visitar las instalaciones de la empresa ECUATRAN S.A. para llevar a cabo el desarrollo del proyecto en el área de metal mecánica, con el fin de describir las actividades que intervienen en la misma, recopilar los datos del estudio de tiempos y movimientos con los operarios y adquirir toda la información necesaria para la propuesta de mejora.

Investigación aplicada

Se empleó este tipo de investigación [62] [63], ya que, se usó conocimientos prácticos y teóricos, específicamente, las técnicas relacionadas con el estudio de tiempos y movimientos que son parte de la ingeniería de métodos; y de investigaciones relacionadas con dicha temática. Esta investigación aplicada se llevó a cabo con el propósito de adquirir y aplicar los conocimientos directamente a los problemas identificados en la empresa ECUATRAN S.A., con el fin de abordarlas con propuestas que contengan soluciones concretas que contribuyan al mejoramiento de los procesos productivos del área de metal mecánica.

Seguidamente, se detalla las etapas de la metodología que se utilizó para llevar a cabo el estudio de tiempos y movimientos:

a) Preparación

Dentro de esta primera etapa, se seleccionó el producto de mayor demanda a partir del histórico de ventas desde el año 2019 hasta el 2022, el cual fue facilitado por la empresa. Así mismo, se ha seleccionado a los trabajadores que intervienen en cada una

de las operaciones para realizar el estudio y se les ha socializado tanto a los supervisores del área como a los trabajadores el objetivo del presente estudio.

b) Ejecución

Obtener y registrar toda la información obtenida de los procesos, información general, y tiempos cronometrados en formatos adecuados que se han obtenido mediante una observación directa en el campo de estudio y de la entrevista no estructurada realizada a los supervisores del área. La toma de tiempos se realizó con el método vuelta a cero y con los tiempos se realizó un análisis de la situación inicial, para posteriormente determinar el número de observaciones por cada una de las actividades haciendo uso de la tabla de General Electric y así realizar el cálculo promedio del tiempo observado.

c) Valoración

Se determinó el ritmo de trabajo de cada uno de los trabajadores observados con base en la escala británica para valorización del ritmo de trabajo; a partir de allí, se realizó el cálculo de los tiempos normales en un formato creado en una hoja de cálculo.

d) Suplementos

Se tomó en cuenta todos los suplementos necesarios para la ejecución del estudio, dichos suplementos fueron tomados como referencia de la tabla establecida por la OIT para cada una de las actividades de los procesos y subprocesos.

e) Tiempo estándar

Con el tiempo normal y los suplementos determinados por cada actividad, se calculó los tiempos estándar en el mismo formato de la hoja de cálculo para posteriormente calcular la capacidad de los procesos y subprocesos.

2.2.2 Población y muestra

Población

Para el estudio se consideró el total de la población que forman parte del área de metal mecánica, la cual, actualmente cuenta con 23 de trabajadores distribuidas en distintas actividades dentro del área de estudio. A continuación, se presentan la cantidad de trabajadores por cada actividad.

Tabla 12. Población del área de metal mecánica.

Actividad	Número de trabajadores
Fabricación de platinas de tierra, bases, soportes de izado y porta placas.	4
Fabricación de tapas y soportes para poste.	1
Fabricación de bandas de cierre	2
Fabricación de cuba	6
Granallado en cabina	2
Granallado manual	4
Pintura	2
Acabados	2
Total	23

Muestra

Se ha aplicado un tamaño de muestra representativo, debido a que la población es menor a cien personas, no es necesario aplicar la técnica de muestreo probabilística, es decir, se trabajó con toda la población que intervienen en el área de estudio [64].

2.2.3 Recolección de información

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó las siguientes técnicas para la recolección de la información, las mismas se detallan a continuación:

- **Observación directa**

Para la recopilación de información fue necesario mantenerse en contacto directo con el área de estudio y con las personas involucradas en el mismo; con el fin de levantar

información las actividades del proceso, tomar los valores cuantitativos de tiempos y distancias para luego registrarlos en hojas con formatos adecuados para el procesamiento de los datos y tomar toda la información relevante que apoye la ejecución del proyecto.

- **Entrevista no estructurada**

Al ser necesario conocer el estado actual del área de la empresa, fue importante llevar a cabo esta técnica, la misma consiste en realizar preguntas abiertas dentro de una conversación o dialogo directo con la persona entrevistada; es decir, en una charla informal donde el entrevistador y el entrevistado se relacionen de forma simple y libre sin una planificación establecida ni preguntas preparadas; por lo tanto, las preguntas resultarán en el proceso del dialogó según la interacción entre el entrevistador y el entrevistado y según la información que se requiera conocer [65].

Esta entrevista no estructurada, se aplicó a los dos supervisores encargados del área, con el objetivo de determinar la problemática existente para llevar a cabo el estudio y posteriormente proponer una alternativa de solución para dicha área.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Se hizo uso de diferentes herramientas tecnológicas que ayudaron al procesamiento y análisis de los datos, además, permitieron plasmar de forma adecuada y clara toda la información recabada, entre ellas tenemos:

- Microsoft Word: se usó este software para redactar, organizar y estructurar toda la información importante durante el desarrollo del proyecto y para elaboración del informe final.
- Microsoft Excel: esta herramienta se usó para el procesamiento de datos cuantitativos a través de gráficos, matrices y tabulaciones, especialmente para el análisis ABC y cálculos de los tiempos estándar, capacidades de producción.
- Microsoft Visio: se utilizó para el desarrollo adecuado de cursogramas analíticos, flujogramas y los cursogramas sinópticos.
- AutoCAD: Se usó para el diseño del layout del área bajo estudio y planos 2D.

La información y datos obtenidos se procesó de la siguiente manera:

- Se realizó la entrevista no estructurada, se hizo un análisis de los resultados de la misma y de las actividades actuales del área de estudio de la empresa.
- Se determinó el producto de mayor demanda de la empresa en base al histórico de ventas de los últimos tres años.
- Se describió el proceso actual del producto de mayor demanda en el área de estudio.
- Se representó el proceso mediante flujogramas, cursogramas sinópticos, analíticos, etc.
- Se tomó los tiempos y distancias correspondientes y se registraron en formatos adecuados para su posterior análisis.
- Se ordenó, tabuló y se calculó los datos registrados de los tiempos y distancias.
- Se interpretó y analizó los datos obtenidos para plantear alternativas de mejora para el área de estudio.
- Se comparó los resultados obtenidos del proceso actual con los de la propuesta de mejora.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Diagnóstico del estado actual de los procesos que integran la línea de producción del producto de mayor demanda del área de metal mecánica de la empresa ECUATRAN S.A.

Entrevista no estructurada

Para conocer la situación inicial de la empresa, se llevó a cabo una entrevista no estructurada con los dos supervisores del área de metal mecánica (**Anexo 2**). A continuación, se resume la siguiente información, por cada pregunta planteada:

1. ¿Conocen cuál es el producto de mayor demanda?

Los supervisores mencionaron que, no conocen un producto en específico, pero, por lo general, los que mayormente se fabrican son los transformadores pequeños de la línea monofásica.

2. ¿Se han realizado estudios de tiempos y movimientos en el área?

Dentro del área, sí se han realizado este tipo de estudios, pero no completamente y hace mucho tiempo, por lo que, los tiempos tomados se encuentran desactualizados.

3. ¿Los tiempos que manejan se han obtenido con el estudio de tiempos o son empíricos?

Algunos tiempos son empíricos y otros han sido resultado del estudio de tiempos realizado hace años atrás.

4. ¿Cree necesario realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos que le permita mejorar la producción?

Si, principalmente, para conocer la capacidad de producción de la planta, ya que, actualmente no se conoce la capacidad real.

5. ¿Creen que la carga de trabajo es la adecuada?

No, debido a que no se cuenta con los tiempos estándar de los procesos para esta área.

6. ¿Piensa que es necesario aumentar al personal para mejorar la capacidad de producción?

Si, debido a que no hay el suficiente personal para cubrir con las actividades que intervienen en el área, además, hay casos en los que los trabajadores faltan y no existe más personal que cubra los puestos de trabajo, de hecho, esta es el área que tiene trabajadores con mayor cantidad de días de vacaciones acumuladas. De hecho, lo ideal sería equilibrar los procesos con los suficientes trabajadores.

7. ¿Cree usted que la distribución respecto a los puestos de trabajo y el orden en la empresa es la adecuada?

Por el tema del espacio no, lo ideal sería tener una sola línea de trabajo para obtener suficiente espacio para almacenar los transformadores en proceso, principalmente, cuando se fabrican transformadores de potencia, ya que, son muy grandes, ocupan mucho espacio e incluso son peligrosos porque se ubican cerca de los puestos de trabajo.

8. ¿Cree que la empresa cuenta con los quipos necesarios para la realizar las actividades de producción?

Si, con los suficientes, sin embargo, algunas máquinas y equipos presentan fallas debido a que, tienen una considerable cantidad de años de uso y ya no rinden al cien por ciento, por lo que deberían considerar en dar un mejor mantenimiento o reparación a estos equipos o adquirir unos nuevos. Además, existen máquinas obsoletas, este es el caso de la CNC FLOW que lleva casi un año sin actividad, deberían repararla o darle de baja, ya que, es una máquina que ocupa espacio.

9. ¿Cuáles son los factores que intervienen para que haya retrasos en las entregas de los pedidos de producción?

Algunos de los mayores factores son: la falta de material y en ocasiones, el reprocesamiento de transformadores.

10. ¿Los reprocesos son un factor que está constantemente presente en la línea de producción? Si/No y que se debe.

Si existen reprocesos, pueden ser generados por una deficiente soldadura, material en mal estado, falla en pintura o a su vez, falla de ingeniería.

11. ¿Actualmente, cuentan con la implementación de alguna herramienta de mejora continua en el área, es eficiente, deficiente, que le haría falta?

Actualmente se encuentra en proceso de implementación la metodología 5S, sin embargo, en algunas cosas que se han implementado se presenta una deficiencia, puesto que, es difícil disciplinar a los trabajadores.

12. ¿Cuál sería su propuesta de mejora para optimizar el proceso productivo?

Lo ideal sería equilibrar las líneas de producción y mejorar la maquinaria, ya que, con las compras que se han hecho actualmente de las CNC han ayudado a mejorar el proceso.

Reseña histórica de la empresa

Ecuatran nació en Ambato-Ecuador en 1979, de la mano de un grupo de empresarios que incursionó en un mercado aún no explotado en el país, durante los primeros años de boom energético y petrolero en el Ecuador. La idea fue crear una empresa que brinde soluciones energéticas al mercado nacional.

La confianza y la calidad que otorgamos a nuestros clientes a través de nuestros productos y servicios, nos ha permitido una permanencia en el mercado por más de 40 años.

Desde el 2004 Ecuatran tiene presencia en diferentes mercados internacionales. La exportación de nuestro producto fue a distribuidores especializados de material eléctrico y del sector petrolero.

Perú (distribuidor Operandina) fue el primer mercado al que llegó Ecuatran. Después exportamos a Panamá (Ring Ring), y Transformadores Petroleros a Venezuela (Baker Hughes). Otros países en los que Ecuatran tiene presencia son México, Nicaragua y Costa Rica.

La constante preocupación de Ecuatran por mejorar día a día para ofrecer a sus clientes un servicio y producto de calidad, en el 2014 se implementó el proceso Lean Manufacturing (Producción Esbelta).

El proceso de Producción Esbelta es un modelo de gestión enfocado a la generación de flujo continuo. Buscamos entregar alta calidad al menor precio y con menor tiempo de entrega. Este proceso asegura la calidad, minimiza los desperdicios y siempre está en mejora continua. Esto garantiza al cliente menor tiempo de entrega de unidades y costos competitivos.

Los transformadores de Ecuatran son de calidad mundial, confiables, eficientes, competitivos que han generado relaciones a largo plazo.



Figura 14. Empresa ECUATRAN S.A.

Misión

Proporcionamos equipos y servicios que facilitan el uso de la energía eléctrica, promoviendo el desarrollo del talento humano e impulsando el progreso y la calidad de vida de la sociedad.

Visión

Ser una empresa sustentada en el desarrollo tecnológico para la fabricación de transformadores eléctricos, sostenible y en constante crecimiento.

Principios y valores

- Mantener el prestigio y reconocimiento de nuestra marca.
- Velar por el cumplimiento de los ideales de sus accionistas: honestidad, justicia, ética, solidaridad, lealtad y honorabilidad.
- Valorar a todos los colaboradores de la empresa y fomentar su desarrollo y crecimiento, creando las condiciones necesarias para conseguir su fidelidad, lealtad, entrega y compromiso.
- Manejar prudentemente los negocios de la compañía, utilizando herramientas de gestión adecuadas y precautelando el patrimonio de la organización.
- Cumplir las obligaciones legales, fiscales, sociales y financieras con el estado, los proveedores, los clientes, los colaboradores, la comunidad y sus accionistas.

Política de calidad

Satisfacemos las necesidades de nuestros clientes entregando transformadores y soluciones eléctricas competitivas y de alta calidad.

Objetivos

- Fabricar productos de calidad.
- Cumplir los plazos de entrega.
- Mejorar la satisfacción del cliente.
- Comercializar productos y servicios competitivos.

Ubicación

La empresa ECUATRAN S.A. se encuentra ubicada en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría (Km 71/2 vía a Guaranda) parroquia Santa Rosa.



Figura 15. Ubicación satelital de la Empresa ECUATRAN S.A.

Datos de la empresa

En la Tabla 13, se describe la información general de la empresa.

Tabla 13. Datos informativos de la empresa.

Información general de ECUATRAN S.A.	
Logo	
Razón Social	ECUATRAN S.A.
Actividad	Fabricación de transformadores eléctricos.
Gerente general	Economista José Montalvo
Categorización	Gran empresa privada
Provincia	Tungurahua
Ciudad	Ambato
Parroquia	Santa Rosa
Contacto	593 3 370 0100
Correos de información	
Ambato	ventas@ecuatran.com
Quito	ecuatran_uio@ecuatran.com
Guayaquil	ecuatran_gyq@ecuatran.com

Organigrama empresarial

La empresa presenta la siguiente estructura interna para realizar sus operaciones, en la Figura 16, se observa el organigrama con las cadenas de jerarquías.

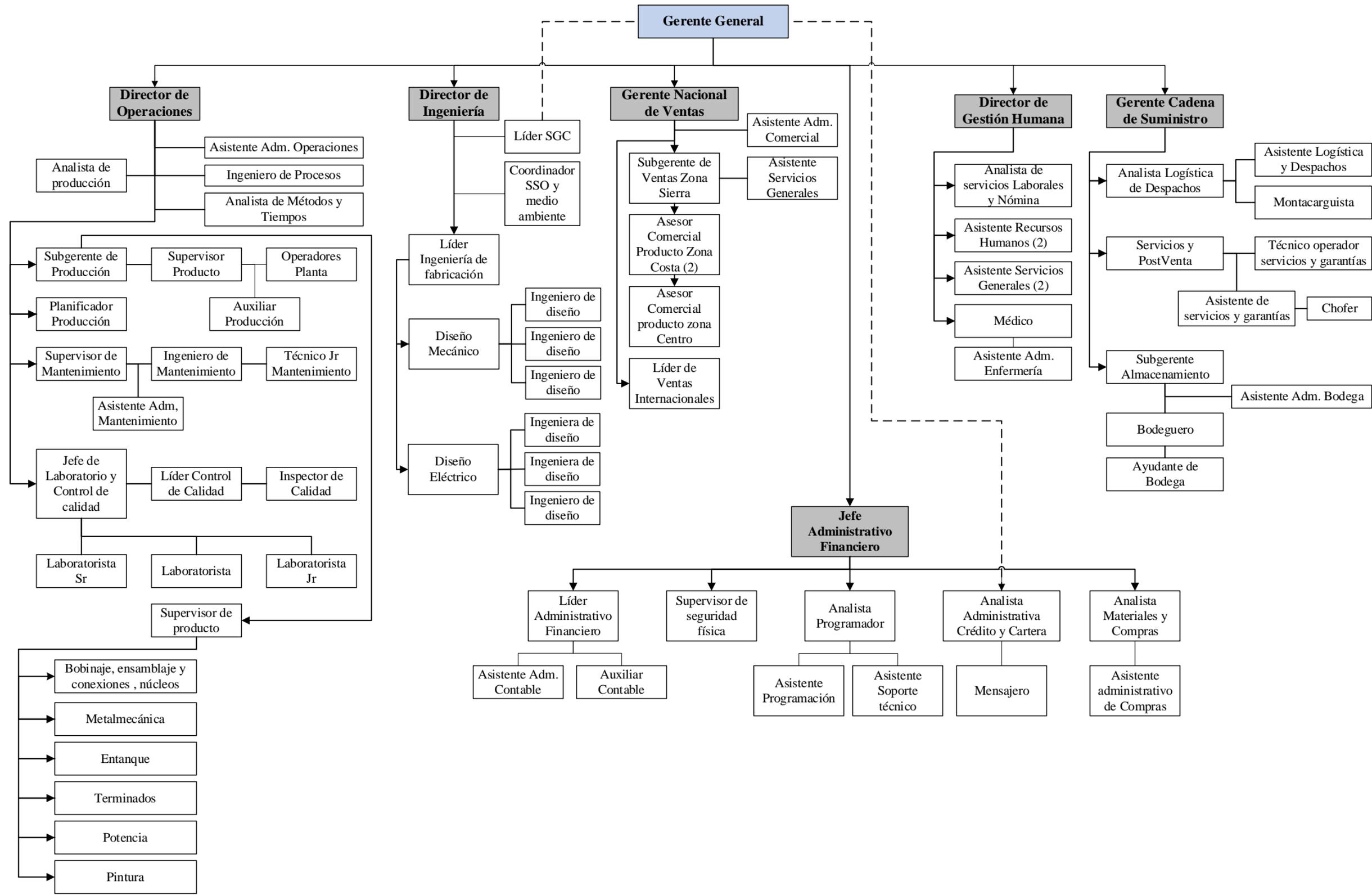


Figura 16. Organigrama empresarial de ECUATRAN S.A.

Productos ofertados

La empresa ECUATRAN S.A. cuenta con varios productos a su disposición, los cuales son fabricados de acuerdo a las especificaciones del cliente, existen diferentes tipos de transformadores que varían en su tamaño, potencia y tipo, algunos de los principales productos se presentan, a continuación:

Tabla 14. Productos ofertados por ECUATRAN S.A.

Transformadores de Distribución	
Producto	Ilustración
Transformador Monofásico Tipo Poste, hasta 500 kVA	
Transformador Trifásico Tipo Subestación, hasta 5000 kVA	
Transformador Seco No Encapsulado, hasta 500 kVA	

Tabla 14. Productos ofertados por ECUATRAN S.A. (Continuación)

Transformadores de Distribución	Transformadores de Distribución
Producto	Producto
Cámara de Distribución	
Transformador Especial Multiderivaciones	
Transformador Especial Multidevanados	
Transformador Especial Multifrecuencial	
Transformador Sumergibles, hasta 1000 kVA	

Tabla 14. Productos ofertados por ECUATRAN S.A. (Continuación)

Transformadores de Distribución	Transformadores de Distribución
Producto	Producto
Transformador Trifásico Tipo Pedestal (Padmounted), hasta 3500 kVA	
Transformador Monofásico Tipo Pedestal (Padmounted), hasta 167 kVA	
Transformadores de Potencia	
Transformador de Reparación	

Producto de mayor demanda

Histórico de ventas

La empresa ECUATRAN S.A. ha facilitado el histórico de ventas de sus productos desde el año 2019 hasta el 2022, en el cual se han identificado un total de 252 productos de distintos tipos vendidos en el aquel periodo de tiempo. La mayoría de estos productos son transformadores monofásicos, trifásicos, cámaras de distribución y kits para tanques, los cuales varían en su diseño dependiendo de la potencia de cada de uno de ellos y de las especificaciones de sus clientes, ya que, por lo general, se fabrican los productos bajo pedido.

Análisis ABC

Debido a que la empresa fabrica una gran variedad de productos, resulta necesario llevar a cabo un análisis ABC de Pareto para determinar el producto más vendido o de mayor demanda en los últimos tres años. Con este análisis se clasificarán a los productos de acuerdo a cada categoría: A, B y C. Siendo la categoría A, la más importante, ya que, los productos que se encuentran dentro de ella, son los que generan mayores ingresos, es decir, representan el 80% de los ingresos monetarios para la empresa, seguidos de los productos de categoría B que, representan el 15% y de los productos de categoría C que, representan el 5% de los ingresos monetarios.

Para llevar a cabo este análisis, se parte del histórico de ventas, en este caso el histórico cuenta con la descripción, cantidad y el precio promedio de los productos vendidos.

- Primero, se procede a calcular el valor monetario de ventas o denominado también como la facturación total por cada producto desde el periodo de ventas del año 2019 al 2022. Para ello, se utiliza la Ecuación 13, que se presenta a continuación:

$$\mathbf{Facturación} = \mathbf{Cantidad\ vendida\ (u)} * \mathbf{Precio\ promedio\ (\$)} \quad (13)$$

Los valores de facturación, se deben ordenar de mayor a menor.

- Después, se calcula el porcentaje de facturación por cada uno de los productos vendidos, este valor se obtiene dividiendo el valor de facturación de cada producto por la suma total de las facturaciones de los productos. En este caso, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$\% \mathbf{Facturación} = \frac{\mathbf{Facturación\ por\ producto\ (\$)}}{\mathbf{Facturación\ total\ (\$)}} * 100\% \quad (14)$$

La suma de los porcentajes de facturación debe ser igual a 100%.

- Posteriormente, se calcula el porcentaje acumulado de facturación, la cual se obtiene mediante la Ecuación 15:

$$\% \text{ Facturación Acum} = \% \text{ Facturación} + \% \text{ Facturación Acum}_{i-1} \quad (15)$$

- Finalmente, con el valor del porcentaje de facturación acumulada, se procede a categorizar cada producto de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 15. Porcentajes de categorización.

% Facturación Acumulado		
Categoría	Rango	
A	0%	80%
B	81%	95%
C	96%	100%

Para categorizar cada producto se puede hacer uso de la siguiente fórmula de Excel:

$$\text{Categoría} = SI(\% \text{ Fact. Acu} \leq 80\%; A; SI(\% \text{ Fact. Acu} \leq 95\%; B; C)) \quad (16)$$

Para el desarrollo de este análisis ABC se ha utilizado una hoja de cálculo de Excel, en donde, se han ingresado las ecuaciones anteriormente descritas, con el objetivo de facilitar los cálculos y categorización de cada producto.

Como se mencionó anteriormente, se analizaron 252 productos, sin embargo, dada la gran cantidad de productos involucrados y por razones de confidencialidad de la empresa, en cuanto a cantidad vendida y precio de productos solo se presenta el producto que lidera la categoría A, siendo el de mayor demanda.

Los resultados obtenidos del análisis ABC, es decir, el producto de mayor de mayor demanda se muestra en la Tabla 16, mientras que, en el diagrama ABC de Pareto de la Figura 18, están representados gráficamente el valor de facturación de todos los productos vendidos.

Tabla 16. Resumen del análisis ABC de los productos vendidos en ECUATRAN S.A.

N°	Descripción. Item	Cantidad vendida	% Fact	% Fact. Acu	Categoría
1	Transformador Monofásico Sub 25 kVA	11700	10.318%	10.318%	A

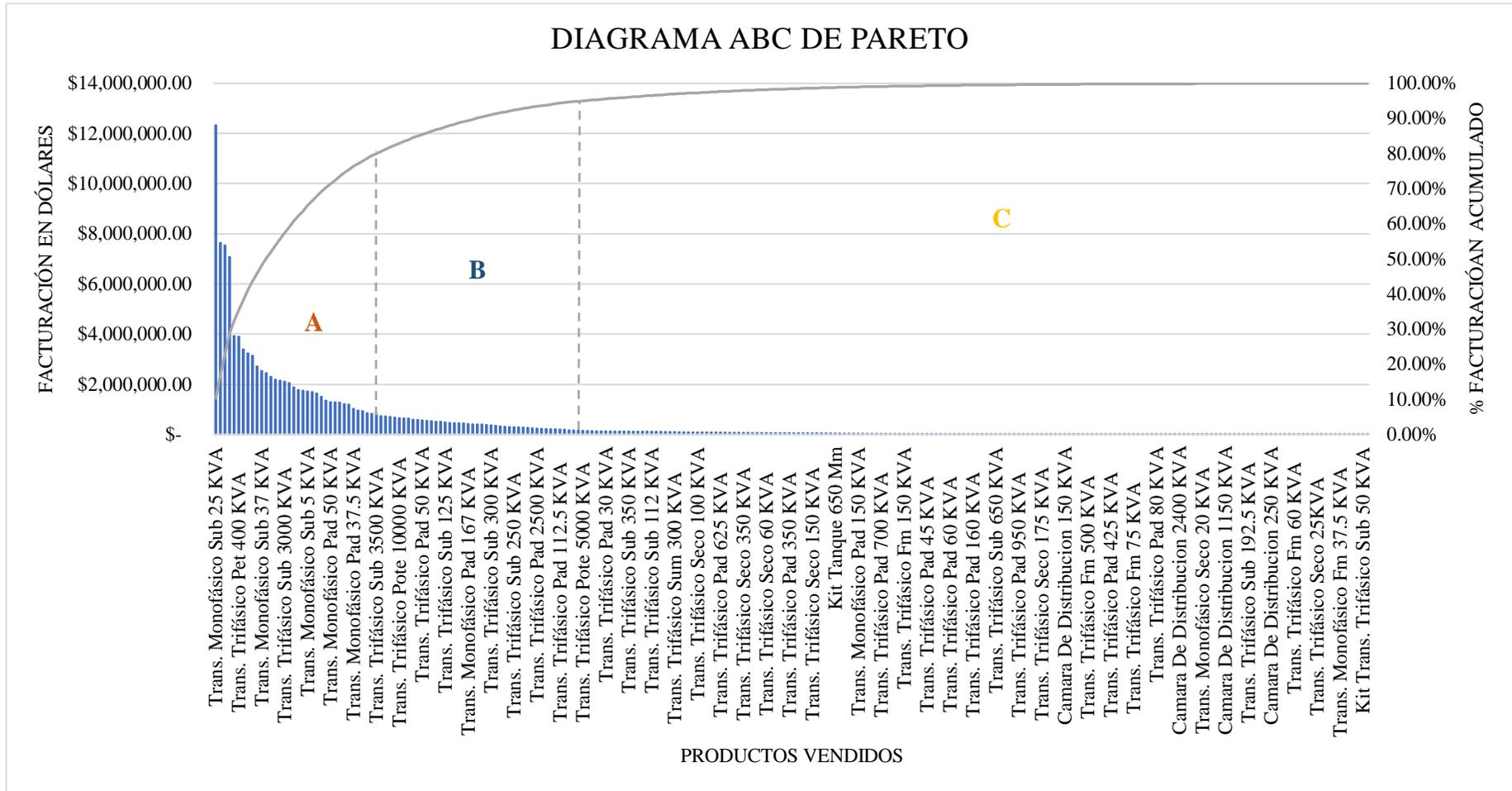


Figura 18. Diagrama ABC de Pareto completo.

Una vez obtenidos los resultados y categorizado cada uno de los productos vendidos, se procedió a realizar un resumen de los resultados para facilitar la interpretación de los mismos. En la Tabla 17, se muestra el resumen del número de productos vendidos por cada categoría, su porcentaje de participación y contribución monetaria.

Tabla 17. Resumen del análisis ABC.

%	Categoría	N°	% Participación	% Participación. Monetaria
0-80	A	36	14.29%	80%
81-95	B	44	17.46%	15%
96-100	C	172	68.25%	5%
	Total	252	100%	100%

En la Figura 19, se representa gráficamente los resultados resumidos de la tabla anterior, en la cual, se presenta el porcentaje de participación monetaria de acuerdo a la facturación total por cada una de las categorías.

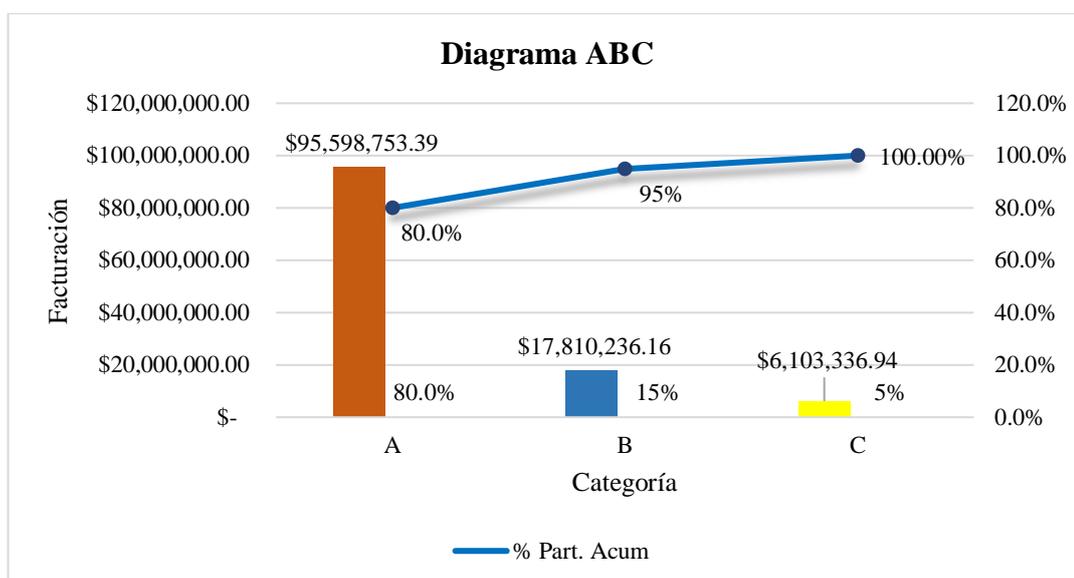


Figura 19. Diagrama ABC de los productos de ECUATRAN S.A.

Interpretación del análisis ABC

De acuerdo a la Tabla 17 y con base en la Figura 19, se interpreta lo siguiente:

- Dentro de la categoría A, se encuentran 36 productos los cuales constituyen el 14.29 % del total de los tipos de productos vendidos en el periodo 2019-2022, sin embargo, constituyen el 80 % de participación monetaria, es decir, son los productos de mayor demanda, por lo que, representan mayores ingresos para la empresa, por tal motivo, son los más importantes y cruciales.
- En cuanto a la categoría B, se encuentran 44 productos los cuales constituyen el 17.46 % del total de los tipos de productos vendidos en el periodo 2019-2022, constituyen el 15 % de participación monetaria, es decir, son productos con una aceptable demanda y representan menores ingresos para la empresa que la categoría A.
- Finalmente, en la categoría C, se encuentran 172 productos los cuales constituyen el 68.25 % del total de los tipos de productos vendidos en el periodo 2019-2022, sin embargo, constituyen el 5 % de participación monetaria, es decir, son productos con una baja demanda, por tal motivo, representan menores ingresos para la empresa que la categoría A y B.

Selección del producto de mayor demanda

De acuerdo al análisis ABC realizado con el histórico de ventas desde el año 2019 al 2022, se determinó que existen 36 productos en la categoría A, sin embargo, para el desarrollo del proyecto de investigación, resulta factible realizar el estudio con el producto que lidera la categoría A, este estudio servirá de base para en un futuro próximo realizar el estudio de los demás productos. De acuerdo a lo mencionado, el producto de mayor demanda de la empresa ECUATRAN S.A. es el “Transformador monofásico SUB 25 kVA”, ya que, en el periodo de tiempo analizado, este producto ha facturado un porcentaje de ventas del 10.318%, por tal motivo, este producto encabeza la categoría A, es decir, forma parte de los productos de mayor demanda y por ende tiene una importante representación en los ingresos económicos para la empresa. En la Figura 20, se muestra el producto que será objeto de estudio para llevar a cabo la investigación propuesta.



Figura 20. Transformador monofásico de 25 kVA.

Componentes del producto de mayor demanda

El transformador monofásico de 25 kVA, cuenta con varios componentes que los conforman en su totalidad, a continuación, se detallan los mismos.



Figura 21. Componentes del transformador monofásico de 25 kVA.

1. Apartarrayos
2. Boquilla o borne de alta tensión
3. Boquillas o bornes de baja tensión
4. Puente de cobre de baja tensión a tierra

5. Conexión para baja tensión a tierra
6. Soportes para poste
7. Interruptor termomagnético
8. Válvula de alivio
9. Conexión para llenado de aceite y prueba de hermeticidad
10. Luz indicadora de sobrecarga
11. Cambiador de sobrepresiones
12. Placa de datos
13. Conector puesto a tierra
14. Soportes de izado

Partes del transformador que se fabrican dentro del área de metal mecánica

El transformador consta de tres partes principales: tapa, banda de cierre y cuba, sin embargo, para la fabricación de las tapas y cuba se requiere de otros de accesorios o piezas que integran la conformación final de los mismos. A continuación, se presenta una matriz con los procesos y subprocesos por cada una de las partes principales del transformador monofásico de 25 kVA.

Tabla 18. Procesos y subprocesos del transformador de 25 kVA.

Parte	Proceso	Subprocesos
Tapa	Fabricación de tapa	Fabricación de platinas de tierra
Bandas	Fabricación de bandas	Ninguna
Cuba	Fabricación de cuba	Fabricación de base
		Fabricación de soportes de poste
		Fabricación de soportes de izado
		Fabricación de porta placas

Es importante mencionar que todos procesos y subprocesos se llevan a cabo en el área de metal mecánica, en la Figura 22, se describen las piezas o accesorios de cada parte principal.



Figura 22. Partes principales fabricados en el área de metal mecánica.

En la “Cuba”, se realizan perforaciones y se sueldan la: base, porta placa, soportes de izado, soportes para poste, tuercas y junto con la tapa se colocarán más adelante los componentes de la Figura 21, la banda de cierre une la tapa con la cuba conformando el transformador completo.

Flujograma de procesos

Cada una de los procesos y subprocesos de las partes principales correspondientes al transformador monofásico de 25 kVA contienen una serie de operaciones que contemplan su fabricación. En el diagrama de flujo de la Figura 23, se muestran cada parte desde la operación inicial hasta la final.

ÁREA DE METAL MECÁNICA

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO SUBESTACIÓN DE 25 KVA

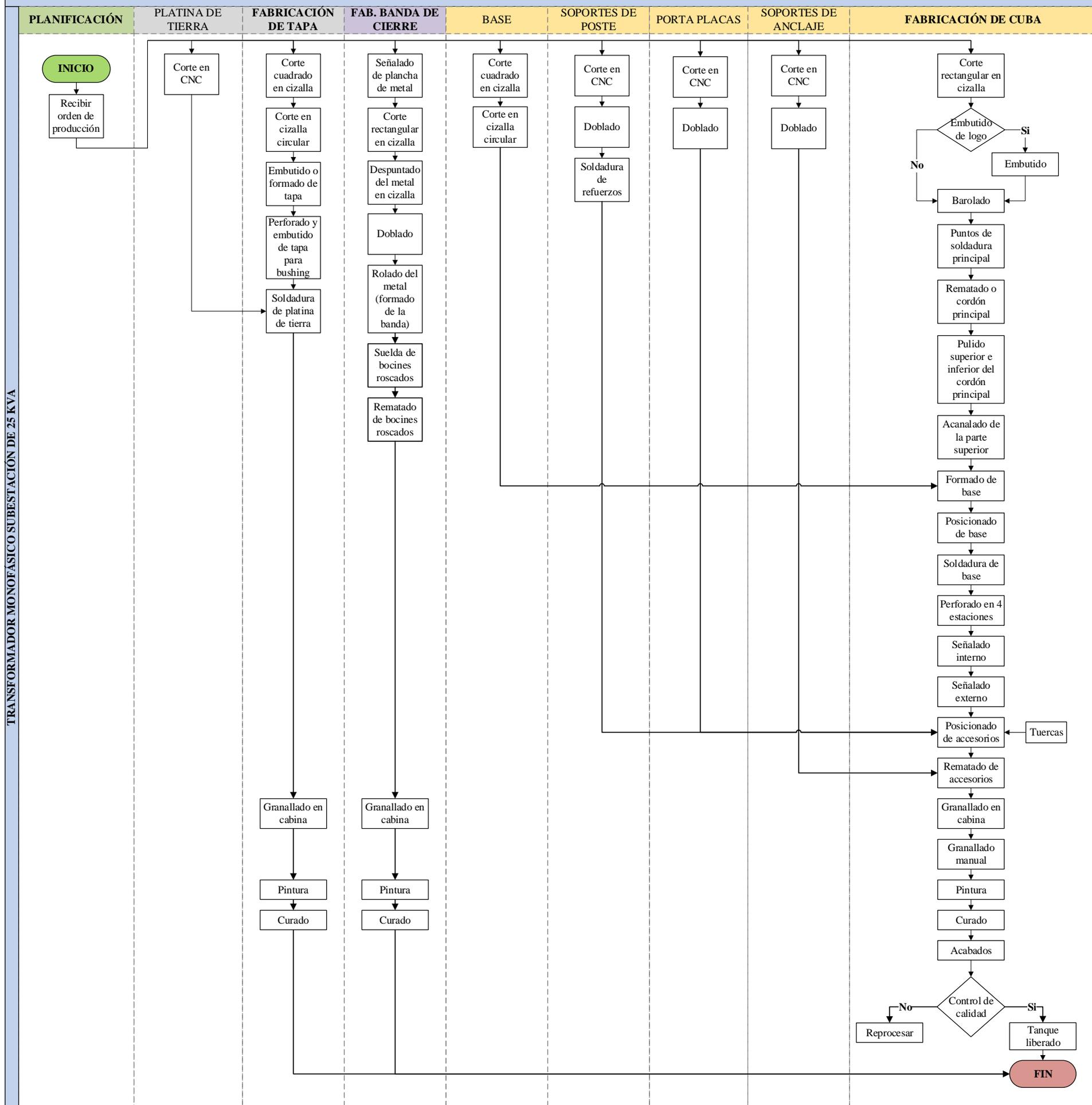


Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del transformador de 25 kVA.

Descripción del proceso por cada parte principal del transformador

Para la mejor comprensión del proceso, a continuación, se describe cada una de las operaciones por cada parte del transformador, donde, se especifica las actividades, descripción, recursos utilizados y una ilustración por cada una.

▪ Platina de tierra

Tabla 19. Descripción de las operaciones para platinas de tierra.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte en CNC</u>	Comúnmente, se coloca una plancha de metal en la máquina CNC, donde, se prepara la máquina para que realice el corte de las piezas requeridas.	Cortadora lasser CNC (M-S73.1)	

▪ Fabricación de tapas

Tabla 20. Descripción de las operaciones para tapas.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte cuadrado para tapa de tanque</u>	Las planchas de metal son cortadas en forma cuadrangular de acuerdo a las medidas necesarias para la tapa del tanque.	Cortadora lasser CNC (M-S73.1)	
<u>Corte circular para tapa</u>	Con las planchas cortadas en forma cuadrangular pasan a la máquina de cizalla circular, en donde, se realiza el corte en forma circular, este corte se realiza en base a la medida del diámetro requerido para la tapa del transformador.	Máquina cortadora circular (M-S13)	
<u>Formado o embutido de tapas</u>	Con las planchas cortadas circularmente, se utiliza la matriz para tapas en la máquina de prensado hidráulica para darle forma a las tapas del transformador.	Prensa hidráulica de embutidos (M-S12)	

Tabla 20. Descripción de las operaciones para tapas. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Perforado de tapas</u>	Formado una vez las tapas, se utiliza la matriz que perfora y realiza un embutido alrededor del orificio perforado en las tapas.	Prensa hidráulica de embutidos (M-S12)	
<u>Soldadura de platina de tierra</u>	Formada completamente la tapa, se procede a soldar las platinas de tierra en un extremo de la tapa.	Soldadora de punto (M-S30)	
<u>Granallado en cabina</u>	Una vez que se tiene conformado las tapas, se transporta hasta la cabina de granallado, en donde se aplica granalla en polvo con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza de la superficie del metal.	Cabina de granallado (M-S7)	
<u>Pintura</u>	Luego, las tapas ingresan a la cabina de pintura en el que se aplica pintura blanca en polvo por dentro y fuera de las mismas.	Cabina de pintura electrostática (M-S8.1)	
<u>Curado en horno</u>	Las tapas pintadas son colocadas en ganchos para posteriormente ser introducidos en el horno de curado. Dentro del horno, la pintura se cura a una temperatura de 180 °C por un lapso de 20 minutos.	Curado en horno (M-S8.2)	

▪ **Fabricación de banda de cierre**

Tabla 21. Descripción de las operaciones para bandas de cierre.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte para bandas</u>	En este proceso se toma y se señala las planchas de metal según el tamaño de la banda para un determinado tipo de transformador, en este caso para 25 kVA, y posteriormente se realiza el corte.	Cizalla mecánica (M-S75)	
<u>Despuntado de bandas</u>	En las planchas cortadas se realiza un corte de 45° en cada una de las esquinas.	Cizalla hidráulica (M-S2)	
<u>Doblado de bandas</u>	Las planchas cortadas y despuntadas para las bandas, se trasladan a la máquina plegadora, en donde, se realiza un doblado recto a lo largo de las planchas.	Plegadora hidráulica (M-S70.2)	
<u>Conformado de bandas</u>	Ingresa las planchas dobladas y se realiza el acanalado y rolado de las bandas, es decir, adoptan una forma circular. El canal de estas bandas es necesario, puesto que, encajarán con el canal realizado en la parte superior de la cuba del transformador.	Máquina conformadora de bandas de cierre (M-S18)	
<u>Posicionado de bocines</u>	Se posicionan con puntos de suelda un bocín en cada extremo de las bandas que servirán para ajustar las bandas con las tapas del transformador.	Soldadora MIG TELWIN (M-S01.35)	

Tabla 21. Descripción de las operaciones para bandas de cierre. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Rematado de bocines</u>	Se remata o se realiza un pequeño cordón de soldadura para unir firmemente los bocines con las bandas.	Soldadora MIG TELWIN (M-S01.35)	
<u>Granallado en cabina</u>	Una vez que se tiene conformado las bandas de cierre, se transporta hasta la cabina de granallado, en donde se aplica granalla en polvo con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza de la superficie del metal.	Cabina de granallado (M-S7)	
<u>Pintura</u>	Las bandas ingresan a la cabina de pintura en el que se aplica pintura blanca en polvo.	Cabina de pintura electrostática (M-S8.1)	
<u>Horneado o curado</u>	Las bandas se colocan en ganchos para posteriormente ser introducidos en el horno de curado. Dentro del horno, la pintura se cura a una temperatura de 180 °C por un lapso de 20 minutos.	Curado en horno (M-S8.2)	

▪ **Base**

Tabla 22. Descripción de las operaciones para bases.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte cuadrado para base de tanque</u>	Las planchas de metal son cortadas en la máquina cizalla, por lo general, este corte se realiza en forma cuadrangular de acuerdo a las medidas necesarias para la base del tanque.	Máquina cizalla hidráulica (M-S2)	

Tabla 22. Descripción de las operaciones para bases. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte circular para base</u>	Con las planchas cortadas en cuadrados se realiza el corte en forma circular, este corte se realiza en base a la medida del diámetro requerido para la base del transformador.	Máquina cortadora circular (M-S13)	
<u>Formado de base</u>	En esta actividad se realiza el doblado de los filos de las planchas cortadas en la cizalla circular.	Máquina formadora de bases (M-S14)	

▪ **Soportes para poste**

Tabla 23. Descripción de las operaciones para soportes para poste.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte de soportes para poste en CNC</u>	Las planchas de metal son de un espesor mayor y son cortadas con ayuda de la máquina CNC de plasma, la cantidad de los mismos dependerá del tamaño de las planchas que se ocupen en la máquina.	Máquina cortadora de plasma CNC (M-S98)	
<u>Formado de soportes para poste</u>	Para darle forma a los soportes para poste, se utiliza la prensa hidráulica, en la cual se colocan las matrices correspondientes para doblar las placas de metal.	Prensa hidráulica de embutidos (M-S12)	
<u>Suelda de refuerzos en los soportes para poste</u>	Los refuerzos son pequeñas placas de metal que se sueldan en cada lado del soporte superior.	Soldadora MIG TELWIN (M-S01.36)	

- **Porta placa**

Tabla 24. Descripción de las operaciones para porta placas.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte de porta placas</u>	Las planchas de metal son cortadas con ayuda de la máquina CNC a láser, la cantidad de los mismos dependerá del tamaño de las planchas que se ocupen en la máquina.	Cortadora lasser CNC (M-S73.1)	
<u>Doblado de porta placas</u>	Las piezas cortadas, se trasladan a la máquina plegadora, en donde, se realiza un doblado recto de 90° en cada uno de las esquinas o extremos.	Plegadora hidráulica (M-S70.2)	

- **Soportes de izado**

Tabla 25. Descripción de las operaciones para soportes de izado.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte de soportes de izado</u>	Las planchas de metal son ingresadas en la máquina CNC láser, en donde, serán cortadas solo los orificios de los soportes de izado.	Cortadora lasser CNC (M-S73.1)	
<u>Separación de soportes de izado</u>	Una vez cortados los orificios, se procede a separar cada una de las piezas en la cizalla hidráulica.	Máquina cizalla hidráulica (M-S2)	
<u>Esmerilado de soportes de izado</u>	Se esmerilan los orificios de las piezas que han quedado con escoria del corte por plasma, con el fin de evitar posibles daños a la matriz que les dará la forma.	Esmeril	

Tabla 25. Descripción de las operaciones para soportes de izado. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Doblado de soportes de anclaje</u>	Los soportes cortados son doblados con la máquina plegadora, en la cual se ingresa un matriz determinada que dará la forma curvada a los soportes.	Plegadora hidráulica (M-S70.2)	

▪ **Fabricación de cuba**

Tabla 26. Descripción de las operaciones para cubas.

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Corte rectangular para cuba</u>	Las planchas de metal son cortadas en forma rectangular con ayuda de la máquina cizalla de acuerdo a las medidas en largo y ancho requerido para la cuba del transformador de 25 kVA.	Máquina cizalla hidráulica (M-S2)	
<u>Embutido</u>	Las planchas cortadas son trasladadas hacia la máquina plegadora, en dicha máquina se coloca la matriz que dará una determinada forma al metal, por lo general, se hace el embutido del metal con el logo de la empresa o con el logo o nombre del cliente.	Máquina plegadora hidráulica (M-S16)	
<u>Barolado</u>	Una vez obtenido el embutido del logo de la empresa en la cuba del transformador, estas son transportadas a la máquina de barolado o rolado, donde, la plancha de metal adopta la forma circular característica de este tipo de transformadores.	Máquina baroladora (M-S3)	
<u>Puntos soldadura para el cordón principal</u>	Al tener barolado la cuba del transformador, se procede a realizar pequeños puntos de soldadura que unen los extremos de la plancha metálica.	Soldadora MIG LINCOLN (M-S1.17)	

Tabla 26. Descripción de las operaciones para cubas. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Soldadura del cordón principal</u>	Después, se realiza el rematado o cordón principal para reforzar la unión de los extremos, con el objetivo de mantener la forma circular de la cuba del transformador.	Soldadora MIG LINCOLN (M-S1.17)	
<u>Pulido de cordón principal</u>	Se realiza el proceso de pulido de la parte superior e inferior de la soldadura del cordón principal para mejorar el acabado de aquellas partes, ya que, en la parte superior irá ubicada la tapa y en la parte inferior se ubicará la base de la cuba del transformador.	Amoladora (M-S022)	
<u>Acanalado</u>	Con la máquina acanaladora se realiza el canal en la parte del superior de la cuba, este canal se realiza para ubicar la tapa y la banda de cierre del transformador.	Máquina acanaladora (M-S4)	
<u>Posicionado de base</u>	Obtenido la base del transformador, la misma se ubica en la parte inferior de la cuba con ayuda de las pinzas de presión.	Pinzas de presión	
<u>Rematado o suelda de base</u>	Se realiza un cordón de soldadura alrededor del tanque que une la cuba con la base del transformador.	Soldadora MIG LINCOLN (M-S1.17)	
<u>Perforado en 4 estaciones</u>	Se procede a realizar las perforaciones donde irán los accesorios al momento de ensamblar el producto, los orificios se realizan de diferentes diámetros y en distintos lugares de la cuba del transformador.	Máquina perforadora 4 estaciones (M-S5)	

Tabla 26. Descripción de las operaciones para cubas. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Señalado interno</u>	Para esta actividad se utiliza una herramienta que tiene las medidas exactas para señalar la posición en la que irán las tuercas internas para la parte activa del transformador.	Herramienta de medida interna y flexómetro	
<u>Señalado externo</u>	En esta actividad se realiza mediciones con un flexómetro y se marca con un marcador pequeñas señales, en donde, irán ubicados los accesorios necesarios, tales como: soportes para poste, tuercas, porta placas, para posteriormente realizar el ensamble de componentes.	Flexómetro y marcador permanente	
<u>Posicionado de accesorios</u>	En esta actividad se posicionan los accesorios, en donde se ha señalado previamente, los accesorios de colocan con un punto de suelda a la cuba del transformador.	Soldadora MIG TELWIN (M-S01.36)	
<u>Rematado de accesorios</u>	Se coloca los soportes de izado, tuercas internas y en la base, además, se realiza cordones de soldadura en los accesorios posicionados para reforzar la unión de los mismos con la cuba del transformador.	Soldadora MIG TELWIN (M-S1.26)	
<u>Granallado en cabina</u>	Una vez que se tiene conformado el tanque se transporta hasta la cabina de granallado, en donde se aplica granalla en polvo a la parte interna y externa del tanque, con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza de la superficie del metal.	Cabina de granallado (M-S7)	

Tabla 26. Descripción de las operaciones para cubas. (Continuación)

Actividad	Descripción	Recurso	Ilustración
<u>Granallado manual</u>	Esta actividad consiste en sacar todas las salpicaduras de soldadura del metal de los procesos anteriores; esta actividad se realiza de manera manual, en la cual el trabajador utiliza un martillo y un cincel para quitar las salpicaduras.	Martillo y cincel	
<u>Pintura</u>	Los tanques granallados y libres de salpicaduras de suelda ingresan a la cabina de pintura en el que se aplica pintura blanca en polvo por dentro y fuera del tanque del transformador.	Cabina de pintura electrostática (M-S8.1)	
<u>Horneado o curado</u>	Los tanques pintados son puestos en pallets de madera para posteriormente ser introducidos en el horno de curado. Dentro del horno, la pintura se cura a una temperatura de 180 °C por un lapso de 20 minutos.	Curado en horno (M-S8.2)	
<u>Acabados</u>	En esta operación solo entran los tanques o cubas pintados y curados, en donde se controla la calidad de pintura, ya que, se verifica que no existan defectos en la pintura, verifican el espesor de la pintura y se coloca una etiqueta que libera al tanque hacia el próximo proceso.	Equipo medidor de espesor de pintura	

Recursos utilizados en los procesos de fabricación

a. Materia prima

- Planchas de metal
- Pintura en polvo color blanco
- Rollos de hilo para soldar
- Lijas

b. Mano de obra

- Por lo general, se requiere de 23 trabajadores aproximadamente, tomando en cuenta que se trabajan en dos turnos de 8 horas por día, los cuales están distribuidos en diversos puestos que desempeñan sus funciones por cada actividad descrita anteriormente.

c. Insumos

- Energía eléctrica
- Agamix
- Tanques de oxígeno

d. Maquina y equipos

Las máquinas y equipos que intervienen en los procesos productivos de la línea monofásica para el producto de mayor demanda, se describen a continuación:

Tabla 27. Listado de máquinas y equipos del área de metal mecánica.

LISTA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS			
Realizado por:	Christian Daniel Velastegui Llanos	Área:	Metal mecánica
Revisado por:	Ing. Christian Ismael Ortiz	Fecha:	25/04/2023
N°	Máquina/Equipo	Modelo	Código
1	Cizalla mecánica	CINCINNATI	M-S75
2	Cizalla hidráulica	NIAGARA	M-S2
3	Cortadora circular	BLUE VALLEY	M-S13
4	Soldadora de punto	TECNA	M-S30
5	Baroladora	CHAMION MACHINERY CORPORAT	M-S3
6	Acanaladora	BLUE VALLEY FLANGER	M-S4
7	Formadora de bases	BLUE VALLEY FLANGER	M-S14
8	Soldadoras MIG	- LINCOLN - TELWIN	M-S01.35 M-S01.36 M-S01.17 M-S1.26

Tabla 27. Listado de máquinas y equipos del área de metal mecánica. (Continuación)

LISTA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS			
Realizado por:	Christian Daniel Velastegui Llanos	Área:	Metal mecánica
Revisado por:	Ing. Christian Ismael Ortiz	Fecha:	25/04/2023
N°	Máquina/Equipo	Modelo	Código
9	Amoladora	- BOSCH - DEWALT - INGCO -MAKITA	M-S022
10	Perforadora hidráulica 4 estaciones	KENTUCHY MACH COMPANY	M-S5
11	Conformadora de bandas de cierre	N/A	M-S18
12	Prensa hidráulica de embutidos	MAX PACIFIC	M-S12
13	Plegadora hidráulica	ADH WC67K	M-S70.2
14	Plegadora hidráulica	NIAGARA	M-S16
15	Cortadora laser CNC	FORZA RAPTOR	M-S73.1
16	Cortadora de plasma CNC	CEBORA	(M-S98)
17	Cabina de granallado	N/A	M-S7
18	Cabina de pintura electrostática	NORDSON	M-S8.1
19	Horno	SIFAP POLI ELECTRICO	M-S8.2
20	Medidor de espesor de pintura	N/A	N/A

Cursogramas sinópticos de los procesos productivos del transformador monofásico de 25 kVA

En los cursogramas sinópticos de la Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30, se muestran todas las operaciones e inspecciones que se realizan secuencialmente durante los procesos de fabricación de: tapas, bandas de cierre y cubas.

Tabla 28. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de tapas.

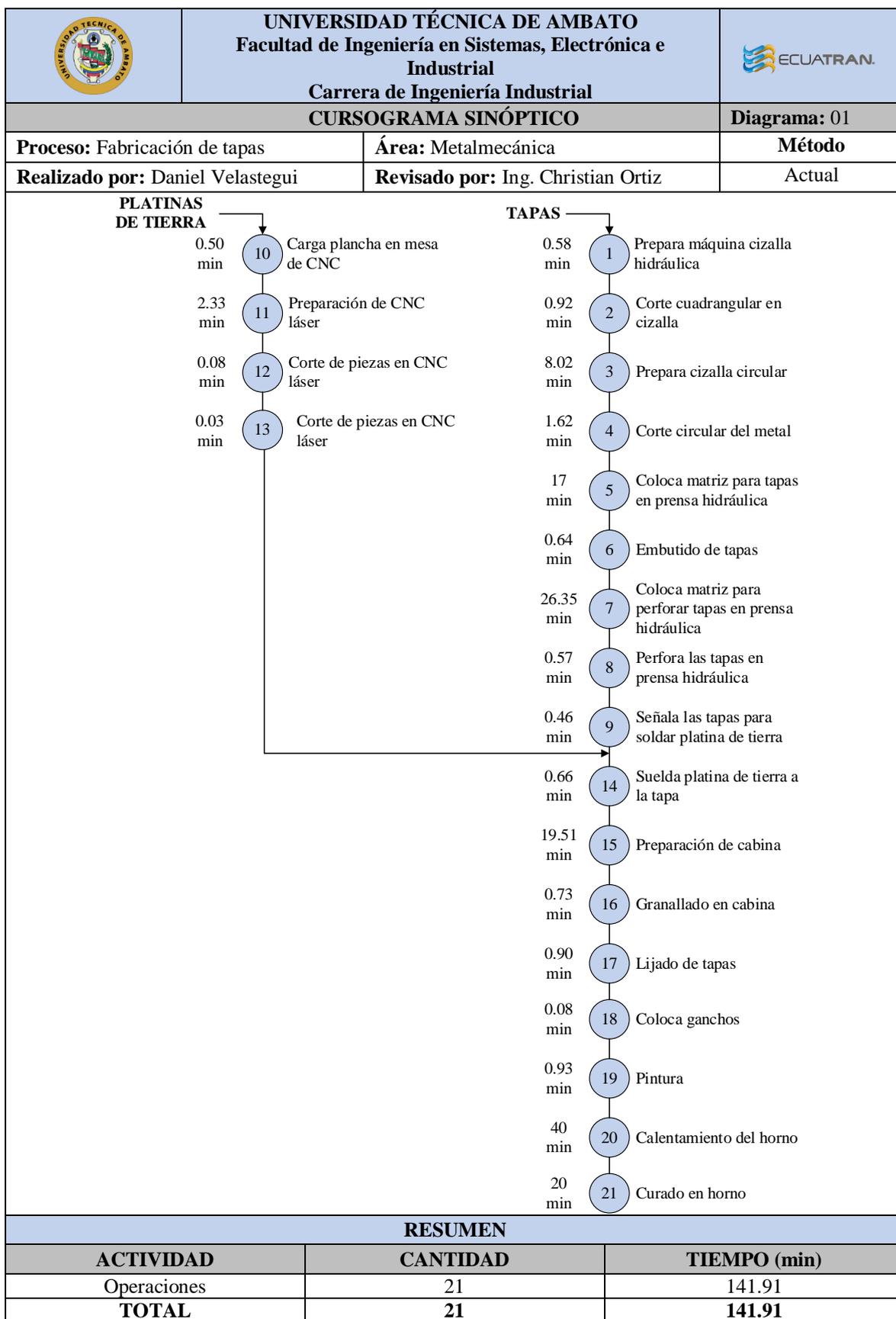


Tabla 29. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de bandas de cierre.

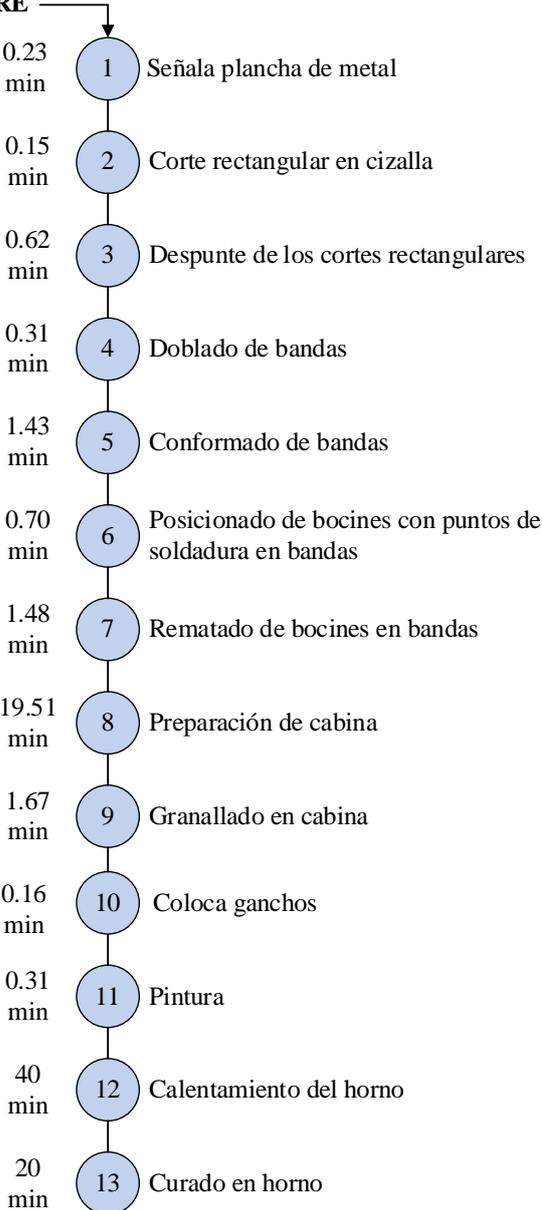
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial	
CURSOGRAMA SINÓPTICO		Diagrama: 02
Proceso: Fabricación de bandas de cierre	Área: Metalmecánica	Método
Realizado por: Daniel Velastegui	Revisado por: Ing. Christian Ortiz	Actual
<p>BANDAS DE CIERRE</p>  <pre> graph TD Start(()) --> 1((1)) 1 --- T1[0.23 min] 1 --- D1[Señala plancha de metal] 1 --- 2((2)) 2 --- T2[0.15 min] 2 --- D2[Corte rectangular en cizalla] 2 --- 3((3)) 3 --- T3[0.62 min] 3 --- D3[Despunte de los cortes rectangulares] 3 --- 4((4)) 4 --- T4[0.31 min] 4 --- D4[Doblado de bandas] 4 --- 5((5)) 5 --- T5[1.43 min] 5 --- D5[Conformado de bandas] 5 --- 6((6)) 6 --- T6[0.70 min] 6 --- D6[Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas] 6 --- 7((7)) 7 --- T7[1.48 min] 7 --- D7[Rematado de bocines en bandas] 7 --- 8((8)) 8 --- T8[19.51 min] 8 --- D8[Preparación de cabina] 8 --- 9((9)) 9 --- T9[1.67 min] 9 --- D9[Granallado en cabina] 9 --- 10((10)) 10 --- T10[0.16 min] 10 --- D10[Coloca ganchos] 10 --- 11((11)) 11 --- T11[0.31 min] 11 --- D11[Pintura] 11 --- 12((12)) 12 --- T12[40 min] 12 --- D12[Calentamiento del horno] 12 --- 13((13)) 13 --- T13[20 min] 13 --- D13[Curado en horno] </pre>		
RESUMEN		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
Operaciones	13	86.57
TOTAL	13	86.57

Tabla 30. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de cubas.

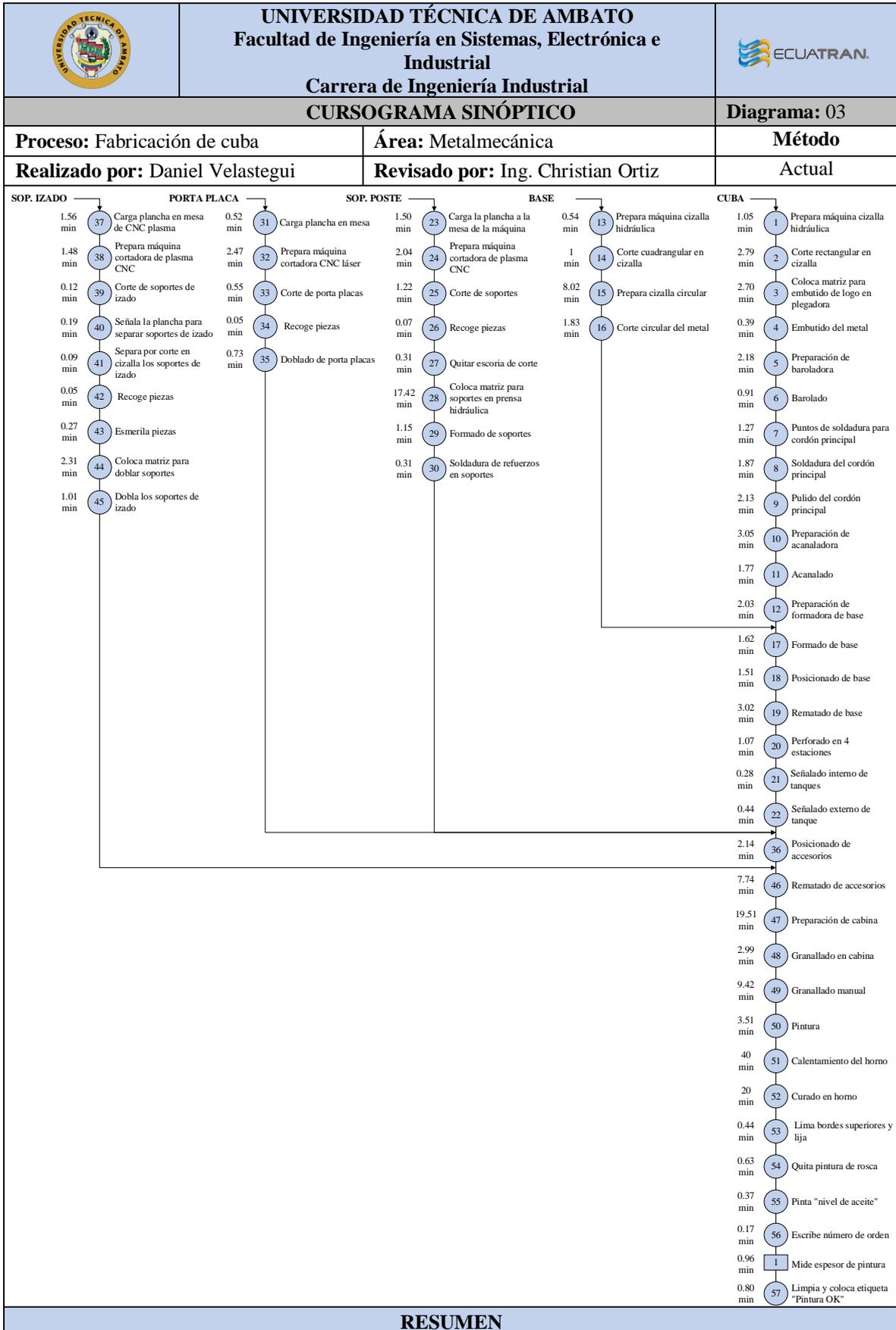


Tabla 30. Cursograma sinóptico actual para la fabricación de cubas. (Continuación)

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
Operaciones	57	184.61
Inspección	1	0.96
TOTAL	58	185.57

Cursogramas analíticos de los procesos y subprocessos actuales para el transformador monofásico de 25 kVA

El cursograma analítico es una herramienta que permite visualizar gráficamente todas las actividades que intervienen o que se realizan dentro de un proceso, dentro de estos cursogramas se detalla el tiempo y distancia recorrida por actividad, permitiendo analizar las actividades que agregan valor de las que no agregan valor al producto, así como las distancias recorridas, con el fin de reducir los tiempos y distancias innecesarias.

Por lo general, este tipo de diagramas utiliza cinco figuras que representan una actividad determinada, estos son: operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento, además, permiten realizar un resumen del número de actividades por cada una de las mencionadas anteriormente.

Es importante mencionar que, los tiempos que se encuentran en los cursogramas analíticos fueron obtenidos a partir de 3 muestras preliminares, los cuales fueron promediados para obtener tiempos mucho más precisos.

En la Tabla 31, se muestra el cursograma analítico para las platinas de tierra.

Tabla 31. Cursograma analítico para platinas de tierra.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 01				
Fecha de elaboración: 11/03/2023	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Actual: (X) Propuesto: ()	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-						
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Platina de tierra						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui		Revisado por: Ing. Christian Ortiz							
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
1	Trasporta plancha de metal hasta CNC láser		31	0.67					
2	Carga plancha en mesa de CNC			0.50					
3	Preparación de CNC láser			2.33					
4	Corte de piezas en CNC láser			0.08					
5	Recolección de piezas			0.03					
6	Trasporta hasta soldadora de punto		5.10	0.25					
7	Almacenamiento			-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación		4	2.94						
Transporte		2	0.92	36.1					
Inspección		0	0						
Demora		0	0						
Almacenaje		1	0						
TOTAL		7	3.86	36.1					

Para la fabricación de platinas de tierra, se cuenta con 4 operaciones, 2 transportes y 1 almacenaje, el tiempo total para este proceso es de 3.86 minutos y un recorrido de 36.1 metros.

En la Tabla 32, se muestra el cursograma analítico para tapas.

Tabla 32. Cursograma analítico para tapas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 01				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área Metalmecánica				
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Tapa						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)	●	➔	■	◐	▼
CONFORMADO									
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	1		0.58	●				
2	Corte cuadrangular en cizalla	1		0.92	●				
3	Transporta hasta cizalla circular	1	6.30	0.62	➔				
4	Prepara cizalla circular	1		8.02	●				
5	Corte circular del metal	1		1.62	●				
6	Coloca matriz para tapas en prensa hidráulica	1		17	●				
7	Embutido de tapas	1		0.64	●				
8	Almacenamiento	-	-	-					◐
9	Coloca matriz para perforar tapas en prensa hidráulica	1		26.35	●				
10	Perfora las tapas en prensa hidráulica	1		0.57	●				
11	Señala las tapas para soldar platina de tierra	1		0.46	●				
12	Suelda platina de tierra a la tapa	1		0.66	●				
13	Transporta hasta cabina de granallado	1	40.7	0.84	➔				
14	Almacenamiento	-	-	-					◐
PINTURA									
15	Preparación de cabina	1		19.51	●				
16	Granallado en cabina	1		0.51	●				
17	Saca de cabina de granallado		4.8	0.09	➔				
18	Lijado de tapas	1		0.90	●				
19	Coloca ganchos en tapas			0.08	●				
20	Pintura	1		0.93	●				
21	Lleva tapas hasta el horno	1	2.5	0.18	➔				
22	Calentamiento del horno	1		40	●				
23	Curado en horno	1		20	●				
24	Transporta hasta piezas pintadas	1	10.1	0.38	➔				
25	Almacenamiento	-	-	-					◐
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación	●	17	138.75		El horno debe alcanzar una temperatura de 180 °C.				
Transporte	➔	5	2.11	64.4					
Inspección	■	0	0						
Demora	◐	0	0						
Almacenaje	▼	3	0						
TOTAL		25	140.86	64.4					

Para la fabricación de tapas, se cuenta con 17 operaciones, 5 transportes y 3 almacenajes, el tiempo total para este proceso es de 140.86 minutos y un recorrido de 64.4 metros.

En la Tabla 33, se muestra el cursograma analítico para las bandas de cierre.

Tabla 33. Cursograma analítico para bandas de cierre.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 02				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Banda de cierre						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
Nº	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)	●	→	■	◐	▼
CONFORMADO									
1	Señala plancha de metal	1		0.23	●				
2	Corte rectangular en cizalla	1		0.15	●				
3	Despunte de los cortes rectangulares	1		0.62	●				
4	Transporta hasta plegadora hidráulica	1	17	0.40	●	→			
5	Doblado de bandas	1		0.31	●				
6	Transporta hasta conformadora de bandas	1	6.70	0.35	●	→			
7	Conformado de bandas	1		1.43	●				
8	Almacenamiento	-	-	-					●
9	Transporta hasta celda de soldadura	1	24.30	0.43	●	→			
10	Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas	1		0.70	●				
11	Rematado de bocines en bandas	1		1.48	●				
12	Transporta hasta cabina de granallado	1	13.86	0.45	●	→			
13	Almacenamiento	-	-	-					●
PINTURA									
14	Preparación de cabina	1		19.51	●				
15	Granallado en cabina	1		0.68	●				
16	Transporta hasta cabina de pintura	1	5.8	0.30	●	→			
17	Coloca ganchos en bandas	1		0.16	●				
18	Pintura	1		0.51	●				
19	Lleva hasta el horno	1	2.5	0.30	●	→			
20	Calentamiento del horno	1		40	●				
21	Curado en horno	1		20	●				
22	Transporta hasta piezas pintadas	1	10.1	0.32	●	→			
23	Almacenamiento	-	-	-					●
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación	●	13	85.78		El horno debe alcanzar una temperatura de 180 °C.				
Transporte	→	7	2.55	80.26					
Inspección	■	0	0						
Demora	◐	0	0						
Almacenaje	▼	3	0						
TOTAL		23	88.33	80.26					

Para la fabricación de las bandas de cierre, se cuenta con 13 operaciones, 7 transportes y 3 almacenajes, el tiempo total para este proceso es de 88.33 minutos y un recorrido de 80.26 metros.

En la Tabla 34, se muestra el cursograma analítico para bases.

Tabla 34. Cursograma analítico para base.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 06				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Base						
100%	Material ()		Operario (X)				Equipo ()		
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	1		0.54					
2	Corte cuadrangular en cizalla	1		1					
3	Transporta hasta cizalla circular	3	6.30	0.52					
4	Prepara cizalla circular	1		8.02					
5	Corte circular del metal	1		1.83					
6	Transporta hasta formadora de bases	3	18.10	0.42					
7	Almacenamiento	1		-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES					
Operación 	4	11.39							
Transporte 	2	0.94	24.40						
Inspección 	0	0							
Demora 	0	0							
Almacenaje 	1	0							
TOTAL	7	12.33	24.40						

Para la base del transformador, se cuenta con 4 operaciones, 2 transportes y 1 almacenaje, el tiempo total para este proceso es de 12.33 minutos y un recorrido de 24.40 metros.

En la Tabla 35, se muestra el cursograma analítico para los soportes para poste.

Tabla 35. Cursograma analítico para soportes para poste.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 03				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Soportes para poste						
100%	Material ()		Operario (X)						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
1	Transporta plancha metálica	1	29.70	1.25					
2	Carga la plancha a la mesa de la máquina	1		1.50					
3	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	1		2.04					
4	Corte de soportes	1		1.22					
5	Recoge piezas cortadas	1		0.07					
6	Almacenamiento	-	-	-					
7	Quitar escoria de corte	1		0.31					
8	Almacenamiento	-	-	-					
9	Coloca matriz para soportes en prensa hidráulica	1		17.42					
10	Formado de soportes	4		1.15					
11	Almacenamiento	-	-	-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación		7	23.71						
Transporte		1	1.25	29.7					
Inspección		0	0						
Demora		0	0						
Almacenaje		3	0						
TOTAL		11	24.96	29.7					

Para los soportes para poste del transformador, se cuenta con 7 operaciones, 1 transporte y 3 almacenajes, el tiempo total para este proceso es de 24.96 minutos y un recorrido de 29.7 metros.

En la Tabla 36, se muestra el cursograma analítico para las portas placas.

Tabla 36. Cursograma analítico para porta placas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 05				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Porta placas						
100%	Material ()		Operario (X)	Equipo ()					
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
Nº	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
1	Transporta plancha metálica hasta CNC láser	1	11	1.57					
2	Carga plancha en mesa	1		0.52					
3	Prepara máquina cortadora CNC láser	1		2.47					
4	Corte de porta placas	1		0.55					
5	Recoge piezas	1		0.05					
6	Transporta hasta plegadora hidráulica	1	9.60	0.33					
7	Almacenamiento	-	-	-					
8	Doblado de porta placas	1		0.73					
9	Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	10	16.80	0.38					
10	Almacenamiento	-	-	-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación		5	4.32						
Transporte		3	2.28	37.4					
Inspección		0	0						
Demora		0	0						
Almacenaje		2	0						
TOTAL		10	6.60	37.4					

Para la fabricación de porta placas, se cuenta con 5 operaciones, 3 transportes y 2 almacenajes, el tiempo total para este proceso es de 6.60 minutos y un recorrido de 37.4 metros.

En la Tabla 37, se muestra el cursograma analítico para los soportes de izado.

Tabla 37. Cursograma analítico para soportes de izado.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 04				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Soportes de izado						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
Nº	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
1	Transporta plancha metálica	1	11.4	1.40					
2	Carga plancha en mesa de CNC plasma	1		1.56					
3	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	1		1.48					
4	Corte de soportes de izado	1		0.18					
5	Transporta hasta mesa de cizalla	15	14.2	0.62					
6	Señala la plancha para separar soportes de izado	1		0.19					
7	Separa por corte en cizalla los soportes de izado	1		0.09					
8	Recoge piezas	1		0.03					
9	Transporta hasta esmeril	15	28.3	0.18					
10	Esmerila piezas	1		0.27					
11	Coloca matriz para doblar soportes	1		2.31					
12	Dobla los soportes de izado	15		1.01					
13	Transporta hasta la celda 7	1	11.40	0.51					
14	Almacenamiento	-	-	-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES				
Operación		9	7.12						
Transporte		4	2.71	65.3					
Inspección		0	0						
Demora		0	0						
Almacenaje		1	0						
TOTAL		14	9.83	65.3					

Para la fabricación de soportes de izado, se cuenta con 9 operaciones, 4 transportes y 1 almacenaje, el tiempo total para este proceso es de 9.83 minutos y un recorrido de 65.3 metros.

En la Tabla 38, se muestra el cursograma analítico para la cuba.

Tabla 38. Cursograma analítico para cuba.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 07				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmecánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Cuba						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
CONFORMADO									
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	1		1.05					
2	Corte rectangular en cizalla	1		2.79					
3	Trasporta hasta plegadora NIAGARA	1	25.70	1.23					
4	Coloca matriz para embutido de logo en plegadora	1		2.7					
5	Embutido del metal	1		0.39					
6	Transporta a baroladora	1	7.70	0.28					
7	Almacenamiento	-	-	-					
8	Preparación de baroladora	1		2.18					
9	Barolado	1		0.91					
10	Puntos de soldadura para cordón principal	1		1.27					
11	Soldadura del cordón principal	1		1.87					
12	Pulido del cordón principal	1		2.13					
13	Preparación de acanaladora	1		3.05					
14	Acanalado	1		1.77					
15	Preparación de formadora de base	1		2.03					
16	Formado de base	1		1.62					
17	Posicionado de base	1		1.51					
18	Rematado de base	1		3.02					
19	Almacenamiento	-	-	-					
20	Preparación de 4 estaciones	1		8.00					
21	Perforado en 4 estaciones	1		1.07					
22	Busca los soportes para poste	1	27	0.58					
23	Arregla doblez de soportes para poste	1		0.09					
24	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	1		0.31					
25	Señalado interno de tanques	1		0.28					
26	Señalado externo de tanque	1		0.44					
27	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	1		2.14					
28	Coloca tuercas dentro del tanque	1		0.79					
29	Coloca rodela en base	1		0.45					
30	Coloca soportes de izado	1		0.68					
31	Rematado de accesorios	1		5.1					
32	Pulido de soportes de poste	1		1.40					
33	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	1	18	0.28					
34	Almacenamiento	-	-	-					
PINTURA									
35	Preparación de cabina	1		19.51					
36	Granallado en cabina	1		2.99					
37	Saca de cabina de granallado	1	4.8	0.35					
38	Granallado manual	1		9.42					

Tabla 38. Cursograma analítico para cuba. (Continuación)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 07				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
11/03/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: (X)	Área	Metalmeccánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: ()					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Cuba						
100%	Material ()		Operario (X)				Equipo ()		
Realizado por: Daniel Velastegui		Revisado por: Ing. Christian Ortiz							
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)	●	➔	■	◐	▼
39	Lleva hasta la cabina de pintura	1	2	0.20	●				
40	Pintura	1		3.51	●				
41	Repintado	1		0.64					●
42	Lleva hasta el horno	1	2	0.20	●				
43	Calentamiento del horno	1		40	●				
44	Curado en horno	1		20	●				
45	Transporta hasta acabados	1	6.3	0.28		➔			
46	Pinta con pincel fallas	1		0.34					●
47	Lima bordes superiores y lija	1		0.44	●				
48	Quita pintura de rosca	1		0.63	●				
49	Pinta "nivel de aceite"	1		0.37	●				
50	Pulido interno de orificios perforados	1		0.29					●
51	Escribe número de la orden en porta placa	1		0.17	●				
52	Mide espesor de pintura	1		0.96					●
53	Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	1		0.80	●				
54	Transporta hasta piezas pintadas	1	8.30	0.75		➔			
55	Almacenamiento	-	-	-					●
RESUMEN									
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES					
Operación ●	37	146.79		El horno debe alcanzar una temperatura de 180 °C.					
Transporte ➔	9	4.18	102.3						
Inspección ■	1	0.96							
Demora ◐	4	1.36							
Almacenaje ▼	4	0							
TOTAL	55	153.29	102.3						

Para la cuba del transformador, se cuenta con 37 operaciones, 9 transportes, 1 inspección, 4 demoras y 4 almacenajes, el tiempo total para este proceso es de 153.29 minutos y un recorrido de 102.3 metros.

3.1.2 Estudio de tiempos y de movimientos de los procesos actuales del área de metal mecánica.

Para el desarrollo del estudio de tiempos en el área de metal mecánica de la empresa ECUATRAN S.A., se han tomado los tiempos con el método de cronometraje vuelta a cero, la cual consiste en accionar el cronómetro desde cero y desactivarlo cada vez que termine una actividad, luego se regresa nuevamente a cero para tomar el tiempo y así sucesivamente hasta terminar el estudio, que tiene como propósito definir los tiempos estándar de los procesos productivos. En cuanto a las mediciones de las distancias recorridas se ha utilizado un instrumento certificado que garantiza medidas precisas y confiables. Las unidades de medidas con las que se trabajó han sido minutos para los tiempos y metros para las distancias.

Instrumentos de medición

Para el estudio de tiempos se utilizó el cronómetro Elicrom PS 532 y para la medición de las distancias se hizo uso de la cinta métrica Truper TP20ME, estos instrumentos han sido diseñados, calibrados y certificados para tomar las mediciones confiables y precisas. Los certificados de calibración se encuentran en el Anexo 4 y el Anexo 5, respectivamente.

Procedimiento para el estudio de tiempos

Para ello, se siguió los siguientes pasos que son fundamentales para calcular el tiempo estándar.

1. Calcular el número de observaciones necesarias para cada proceso y subproceso.
2. Determinar el ritmo de trabajo de cada trabajador.
3. Codificar las actividades por cada proceso y conformar matrices para calcular el tiempo observado y tiempo normal por cada actividad.
4. Definir los suplementos necesarios para cada proceso y subproceso.
5. Calcular los tiempos estándar.

Desarrollo del estudio de tiempos y movimientos

Número de observaciones

Para determinar el número de observaciones para el estudio, se ha hecho uso de la tabla de General Electric (Tabla 5), donde, se define la cantidad de observaciones recomendables según el tiempo total de cada proceso.

En la Tabla 39, se muestra el número de observaciones necesarias para llevar el estudio.

Tabla 39. Número de observaciones necesarias según General Electric.

Parte	Proceso y subprocesos (P y SP)		Tiempo total en minutos	Número de observaciones
Tapa	SP	Fabricación de platinas de tierra	3.86	15
	P	Fabricación de tapa	140.86	3
Bandas de cierre	P	Fabricación de bandas	88.33	3
Cuba	SP	Fabricación de base	12.33	8
	SP	Fabricación de soportes de poste	24.96	5
	SP	Fabricación de porta placas	6.60	10
	SP	Fabricación de soportes de izado	9.77	8
	P	Fabricación de cuba	153.29	3

Ritmo de trabajo

Para el presente estudio, se seleccionó a los trabajadores que tengan mejor habilidad, experiencia y que comúnmente se desempeñan en su puesto habitual de trabajo; por tal motivo, se ha asignado un valor del 100% como factor de desempeño para cada uno de ellos según la escala británica de la Tabla 6, puesto que, cada trabajador realiza sus actividades a un ritmo óptimo y normal, además, cuentan con varios años de experiencia realizando sus labores diarias.

Codificación y cálculo del tiempo observado y tiempo normal

Debido a que cada proceso y subproceso cuenta con una serie de actividades, se asignó una letra o código que identifique a cada una de ellas, para las operaciones una letra (A, B, C, etc.), para los transportes se enumeraron por medio una letra y número (T1) y para las demoras (D1), con el fin de optimizar el espacio en las matrices y facilitar el cálculo del tiempo observado (TO) y del tiempo normal (TN), para dichos cálculos, se utilizó las Ecuaciones 1 y 2:

$$TO = \frac{\sum \text{Tiempos observados}}{\# \text{ Ciclos observados}}$$

$$TN = \text{Tiempo observado por unidad} * \text{Factor de desempeño}$$

❖ **Estudio de tiempos para tapas**

- **Platinas de tierra**

En la Tabla 40, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 41, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 40. Codificación de actividades para platina de tierra.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Tapa	SP: Platina de tierra
Código	Actividad	
T1	Trasporta plancha de metal hasta CNC láser	
A	Carga plancha en mesa de CNC	
B	Preparación de CNC láser	
C	Corte de piezas en CNC láser	
D	Recolección de piezas	
T2	Trasporta hasta soldadora de punto	

Tabla 41. Tiempo normal para platina de tierra.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica									
ESTUDIO DE TIEMPOS											
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Tapa						
Proceso/ Subproceso	SP: Platina de tierra			Operario:	Hombre						
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz						
Act	Número de observaciones								TO	FD	TN
	1	2	3	4	5	6	7	8			
T1	0.67	0.68	0.64	0.7	0.63	0.65	0.67	0.68	0.69	100%	0.69
	0.7	0.69	0.69	0.7	0.71	0.73	0.74				
A	0.57	0.58	0.58	0.62	0.53	0.63	0.50	0.63	0.59	100%	0.59
	0.60	0.67	0.53	0.67	0.55	0.62	0.60				

Tabla 41. Tiempo normal para platina de tierra. (Continuación)

Act	Número de observaciones								TO	FD	TN
	1	2	3	4	5	6	7	8			
	9	10	11	12	13	14	15				
B	2.67	2.48	2.67	2.40	2.55	2.38	2.55	2.40	2.49	100%	2.49
	2.58	2.40	2.45	2.50	2.37	2.47	2.42				
C	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	100%	0.08
	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08				
D	0.08	0.02	0.03	0.05	0.02	0.07	0.08	0.07	0.05	100%	0.05
	0.02	0.05	0.05	0.07	0.02	0.07	0.03				
T2	0.27	0.37	0.37	0.33	0.38	0.37	0.40	0.33	0.36	100%	0.36
	0.38	0.40	0.27	0.33	0.37	0.40	0.38				
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal											4.25 min

- **Fabricación de tapas**

En la Tabla 42, se codifica cada una de las actividades para este proceso y en la Tabla 43, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 42. Codificación de actividades para fabricación de tapas.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Tapa	P: Fabricación de tapa
Código	Actividad	
A	Prepara máquina cizalla hidráulica	
B	Corte cuadrangular en cizalla	
T1	Transporta hasta cizalla circular	
C	Prepara cizalla circular	
D	Corte circular del metal	
E	Coloca matriz para tapas en prensa hidráulica	
F	Embutido de tapas	
G	Coloca matriz para perforar tapas en prensa hidráulica	
H	Perfora las tapas en prensa hidráulica	
I	Señala las tapas para soldar platina de tierra	
J	Suelda platina de tierra a la tapa	
T2	Transporta hasta cabina de granallado	
K	Preparación de cabina	
L	Granallado en cabina	
T3	Saca de cabina de granallado	
M	Lijado de tapas	
N	Coloca ganchos	
O	Pintura	
T4	Lleva tapas hasta el horno	
P	Calentamiento del horno	
Q	Curado en horno	
T5	Transporta hasta piezas pintadas	

Tabla 43. Tiempo normal para fabricación de tapas.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica				
ESTUDIO DE TIEMPOS						
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Tapa	
Proceso/ Subproceso	P: Fabricación de tapa			Operario:	Hombre	
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones			TO	FD	TN
	1	2	3			
A	0.55	0.6	0.54	0.56	100%	0.56
B	0.87	0.83	0.81	0.84	100%	0.84
T1	0.60	0.55	0.73	0.63	100%	0.63
C	5.88	4.02	5.97	5.29	100%	5.29
D	1.57	1.18	1.28	1.34	100%	1.34
E	17.04	17.34	16.69	17.02	100%	17.02
F	0.45	0.68	0.52	0.55	100%	0.55
G	26.35	23.56	29.45	26.45	100%	26.45
H	0.32	0.77	0.32	0.47	100%	0.47
I	0.38	0.40	0.45	0.41	100%	0.41
J	0.58	0.47	0.63	0.56	100%	0.56
T2	0.83	0.85	0.90	0.86	100%	0.86
K	18.47	21.72	20.09	20.09	100%	20.09
L	0.5	0.52	0.53	0.52	100%	0.52
T3	0.08	0.07	0.10	0.08	100%	0.08
M	0.12	0.17	0.13	0.14	100%	0.14
N	0.08	0.12	0.10	0.10	100%	0.10
O	0.97	0.83	0.82	0.87	100%	0.87
T4	0.17	0.25	0.33	0.25	100%	0.25
P	40	40	40	40.00	100%	40.00
Q	20	20	20	20.00	100%	20.00
T5	0.4	0.36	0.43	0.40	100%	0.40
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal						137.44 min

❖ **Estudio de tiempos para bandas de cierre**

En la Tabla 44, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 45, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 44. Codificación de actividades para fabricación de bandas de cierre.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Banda de cierre	P: Fabricación de banda de cierre
Código	Actividad	
A	Señala plancha de metal	
B	Corte rectangular en cizalla	
C	Despunte de los cortes rectangulares	
T1	Transporta hasta plegadora hidráulica	
D	Doblado de bandas	
T2	Transporta hasta conformadora de bandas	
E	Conformado de bandas	
T3	Transporta hasta celda de soldadura	
F	Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas	
G	Rematado de bocines en bandas	
T4	Transporta hasta cabina de granallado	
H	Preparación de cabina	
I	Granallado en cabina	
T5	Transporta hasta cabina de pintura	
J	Coloca ganchos en bandas	
K	Pintura	
T6	Lleva hasta el horno	
L	Calentamiento del horno	
M	Curado en horno	
T7	Transporta hasta piezas pintadas	

Tabla 45. Tiempo normal para la fabricación de bandas de cierre.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica				
ESTUDIO DE TIEMPOS						
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Banda de cierre	
Proceso/ Subproceso	P: Fabricación de banda de cierre			Operario:	Hombre	
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones			TO	FD	TN
	1	2	3			
A	0.25	0.22	0.21	0.23	100%	0.23
B	0.13	0.17	0.17	0.16	100%	0.16
C	0.62	0.83	0.53	0.66	100%	0.66
D	0.25	0.38	0.35	0.33	100%	0.33
T2	0.33	0.37	0.42	0.37	100%	0.37
E	1.23	1.14	1.43	1.27	100%	1.27
T3	0.85	0.85	0.90	0.87	100%	0.87
F	0.67	0.65	0.62	0.64	100%	0.64
G	0.93	1.10	1.00	1.01	100%	1.01
T4	0.45	0.40	0.47	0.44	100%	0.44
H	20.55	18.47	21.72	20.24	100%	20.24

Tabla 45. Tiempo normal para la fabricación de bandas de cierre. (Continuación)

Act	Número de observaciones			TO	FD	TN
	1	2	3			
I	0.67	0.58	0.45	0.57	100%	0.57
T5	0.44	0.42	0.50	0.45	100%	0.45
J	0.17	0.15	0.17	0.16	100%	0.16
K	0.57	0.52	0.60	0.56	100%	0.56
T6	0.32	0.28	0.33	0.31	100%	0.31
L	40.00	40.00	40.00	40.00	100%	40.00
M	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00
T7	0.32	0.35	0.38	0.35	100%	0.35
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal						89.04 min

❖ **Estudio de tiempos para cuba**

- **Base**

En la Tabla 46, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 47, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 46. Codificación de actividades para base.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	SP: Fabricación de base
Código	Actividad	
A	Prepara máquina cizalla hidráulica	
B	Corte cuadrangular en cizalla	
T1	Trasporta hasta cizalla circular	
C	Prepara cizalla circular	
D	Corte circular del metal	
T2	Transporta hasta formadora de bases	

Tabla 47. Tiempo normal para base.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica									
ESTUDIO DE TIEMPOS											
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA						Parte principal:	Cuba			
Proceso/ Subproceso	SP: Fabricación de base						Operario:	Hombre			
Realizado por:	Daniel Velastegui						Revisado por:	Ing. Christian Ortiz			
Act	Número de observaciones								TO	FD	TN
	1	2	3	4	5	6	7	8			
A	0.70	0.90	0.62	0.73	0.65	0.54	0.80	0.50	0.68	100%	0.68
B	0.93	0.87	1.06	0.83	0.95	0.81	0.89	0.78	0.89	100%	0.89
T1	0.57	0.60	0.55	0.55	0.72	0.73	1.33	1.18	0.78	100%	0.78
D	14.50	5.88	3.68	5.19	4.45	4.96	4.31	5.35	6.04	100%	6.04
E	2.08	2.02	1.30	1.88	1.77	2.07	2.13	2.28	1.94	100%	1.94
T2	0.43	0.45	0.42	0.40	0.43	0.45	0.46	0.40	0.43	100%	0.43
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal											10.76 min

- **Soportes para poste**

En la Tabla 48, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 49, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 48. Codificación de actividades para soportes para poste.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	SP: Soportes para poste
Código	Actividad	
T1	Transporta plancha metálica	
A	Carga la plancha a la mesa de la máquina	
B	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	
C	Corte de soportes	
D	Recoge piezas cortadas	
E	Quitar escoria de corte	
F	Coloca matriz para soportes en prensa hidráulica	
G	Formado de soportes	

Tabla 49. Tiempo normal para soportes para poste.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica						
ESTUDIO DE TIEMPOS								
Producto:		Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:		Cuba	
Proceso/ Subproceso		SP: Soportes para poste			Operario:		Hombre	
Realizado por:		Daniel Velastegui			Revisado por:		Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones					TO	FD	TN
	1	2	3	4	5			
T1	1.25	1.27	1.30	1.23	1.34	1.28	100%	1.28
A	1.50	1.56	1.39	1.66	1.43	1.51	100%	1.51
B	2.02	2.07	2.02	2.56	2.21	2.17	100%	2.17
C	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	100%	1.22
D	0.07	0.08	0.09	0.06	0.09	0.08	100%	0.08
E	0.45	0.58	0.27	0.48	0.55	0.47	100%	0.47
F	17.25	17.99	17.23	17.39	17.55	17.48	100%	17.48
G	2.05	1.93	1.78	1.15	0.87	1.56	100%	1.56
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal								25.76 min

- **Porta placa**

En la Tabla 50, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 51, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 50. Codificación de actividades para porta placa.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	SP: Porta placa
Código	Actividad	
T1	Transporta plancha metálica hasta CNC láser	
A	Carga plancha en mesa	
B	Prepara máquina cortadora CNC láser	
C	Corte de porta placas	
D	Recoge piezas	
T2	Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	
E	Doblado de porta placas	
T3	Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	

Tabla 51. Tiempo normal para porta placa.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica						
ESTUDIO DE TIEMPOS								
Producto:		Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:		Cuba	
Proceso/ Subproceso		SP: Porta placa			Operario:		Hombre	
Realizado por:		Daniel Velastegui			Revisado por:		Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones					TO	FD	TN
	1	2	3	4	5			
	6	7	8	9	10			
T1	1.60	1.60	1.55	1.50	1.55	1.59	100%	1.59
	1.63	1.67	1.53	1.67	1.55			
A	0.52	0.55	0.52	0.53	0.60	0.58	100%	0.58
	0.67	0.53	0.65	0.67	0.55			
B	2.75	2.55	2.52	2.57	2.63	2.62	100%	2.62
	2.65	2.60	2.62	2.65	2.63			
C	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	100%	0.55
	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55			
D	0.05	0.02	0.07	0.07	0.08	0.06	100%	0.06
	0.07	0.08	0.03	0.03	0.05			
T2	0.38	0.27	0.35	0.28	0.42	0.33	100%	0.33
	0.35	0.32	0.30	0.40	0.27			
E	0.60	0.63	0.58	0.68	0.65	0.65	100%	0.65
	0.67	0.70	0.73	0.60	0.63			
T3	0.40	0.37	0.42	0.42	0.38	0.39	100%	0.39
	0.37	0.42	0.35	0.38	0.40			
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal								6.76 min

- **Soportes de izado**

En la Tabla 52, se codifica cada una de las actividades para este sub proceso y en la Tabla 53, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 52. Codificación de actividades para soportes de izado.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	SP: Soportes de izado
Código	Actividad	
T1	Transporta plancha metálica	
A	Carga plancha en mesa de CNC plasma	
B	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	
C	Corte de soportes de izado	
T2	Transporta hasta cizalla	

Tabla 52. Codificación de actividades para soportes de izado. (Continuación)

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	SP: Soportes de izado
Código	Actividad	
D	Señala la plancha para separar soportes de izado	
E	Separa por corte en cizalla los soportes de izado	
F	Recoge piezas	
T3	Transporta hasta esmeril	
G	Esmerila piezas	
H	Coloca matriz para doblar soportes	
I	Dobla los soportes de izado	
T4	Transporta hasta la celda 7	

Tabla 53. Tiempo normal para soportes de izado.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica									
ESTUDIO DE TIEMPOS											
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Cuba						
Proceso/ Subproceso	SP: Soportes de izado			Operario:	Hombre						
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz						
Act	Número de observaciones								TO	FD	TN
	1	2	3	4	5	6	7	8			
T1	1.50	1.68	1.48	1.55	1.73	1.50	1.60	1.75	1.60	100%	1.60
A	1.63	1.70	1.43	1.55	1.60	1.42	1.43	1.53	1.54	100%	1.54
B	1.42	1.58	1.47	1.45	1.45	1.42	1.42	1.53	1.47	100%	1.47
C	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	100%	0.18
T2	0.67	0.67	0.65	0.62	0.65	0.63	0.60	0.60	0.64	100%	0.64
D	0.10	0.20	0.13	0.12	0.15	0.17	0.18	0.13	0.15	100%	0.15
E	0.48	0.08	0.08	0.12	0.12	0.07	0.08	0.07	0.14	100%	0.14
F	0.05	0.02	0.05	0.08	0.03	0.10	0.02	0.10	0.06	100%	0.06
T3	0.25	0.22	0.17	0.17	0.25	0.18	0.23	0.17	0.20	100%	0.20
G	0.17	0.12	0.30	0.13	0.13	0.33	0.12	0.15	0.18	100%	0.18
H	2.30	2.28	2.15	2.85	2.23	2.57	2.62	2.35	2.42	100%	2.42
I	1.03	0.93	1.05	1.17	1.03	1.20	1.23	1.12	1.10	100%	1.10
T4	0.55	0.42	0.47	0.52	0.48	0.43	0.50	0.47	0.48	100%	0.48
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal											10.14 min

- **Fabricación de cuba**

En la Tabla 54, se codifica cada una de las actividades este sub proceso y en la Tabla 55, se muestra el cálculo del tiempo observado y tiempo normal.

Tabla 54. Codificación de actividades para fabricación de cuba.

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	P: Fabricación de cuba
Código	Actividad	
A	Prepara máquina cizalla hidráulica	
B	Corte rectangular en cizalla	
T1	Transporta hasta plegadora NIAGARA	
C	Coloca matriz para embutido de logo en plegadora	
D	Embutido del metal	
T2	Transporta a baroladora	
E	Preparación de baroladora	
F	Barolado	
G	Puntos de soldadura para cordón principal	
H	Soldadura del cordón principal	
I	Pulido del cordón principal	
J	Preparación de acanaladora	
K	Acanalado	
L	Preparación de formadora de base	
M	Formado de base	
N	Posicionado de base	
O	Rematado de base	
P	Preparación de 4 estaciones	
Q	Perforado en 4 estaciones	
T3	Busca los soportes para poste	
D1	Arregla doblez de soportes para poste	
R	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	
S	Señalado interno de tanques	
T	Señalado externo de tanque	
U	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	
V	Coloca tuercas dentro del tanque	
W	Coloca rodela en base	
X	Coloca soportes de izado	
Y	Rematado de accesorios	
Z	Pulido de soportes para poste	
T4	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	
AA	Preparación de cabina	
BB	Granallado en cabina	
T5	Saca de cabina de granallado	
CC	Granallado manual	
T6	Lleva hasta la cabina de pintura	
DD	Pintura	
D2	Repintado	
T7	Lleva hasta el horno	
EE	Calentamiento del horno	
FF	Curado en horno	

Tabla 54. Codificación de actividades para fabricación de cuba. (Continuación)

CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES		
Producto	Parte principal	Proceso/Subproceso
Transformador monofásico Sub 25 kVA	Cuba	P: Fabricación de cuba
Código	Actividad	
T8	Transporta hasta acabados	
D3	Pinta con pincel fallas	
GG	Lima bordes superiores y lija	
HH	Quita pintura de rosca	
II	Pinta "nivel de aceite"	
D4	Pulido interno de orificios perforados	
JJ	Escribe número de la orden en porta placa	
KK	Mide espesor de pintura	
LL	Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	
T9	Transporta hasta piezas pintadas	

Tabla 55. Tiempo normal para la fabricación de cuba

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica				
ESTUDIO DE TIEMPOS						
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Cuba	
Proceso/ Subproceso	P: Fabricación de cuba			Operario:	Hombre	
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones			TO	FD	TN
	1	2	3			
A	1.03	1.05	1.18	1.09	100%	1.09
B	2.08	3.08	2.77	2.64	100%	2.64
T1	0.83	1.17	1.75	1.25	100%	1.25
C	2.7	1.92	2.67	2.43	100%	2.43
D	0.37	0.42	0.43	0.41	100%	0.41
T2	0.28	0.35	0.54	0.39	100%	0.39
E	2.17	3.15	2.04	2.45	100%	2.45
F	0.9	0.87	0.83	0.87	100%	0.87
G	1.68	1.58	1.3	1.52	100%	1.52
H	2.05	2.17	2.08	2.10	100%	2.10
I	1.73	1.72	1.75	1.73	100%	1.73
J	2.6	2.33	4.22	3.05	100%	3.05
K	1.33	1.43	1.5	1.42	100%	1.42
L	4.53	1.68	2.6	2.94	100%	2.94
M	1.45	1.57	1.55	1.52	100%	1.52
N	0.93	1.1	0.9	0.98	100%	0.98
O	2.93	2.55	3	2.83	100%	2.83
P	8	8	8	8.00	100%	8.00
Q	1.62	1.75	1.8	1.72	100%	1.72

Tabla 55. Tiempo normal para la fabricación de cuba. (Continuación)

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica				
ESTUDIO DE TIEMPOS						
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA			Parte principal:	Cuba	
Proceso/ Subproceso	P: Fabricación de cuba			Operario:	Hombre	
Realizado por:	Daniel Velastegui			Revisado por:	Ing. Christian Ortiz	
Act	Número de observaciones			TO	FD	TN
	1	2	3			
T3	0.58	1.05	0.46	0.70	100%	0.70
D1	0.13	0.10	0.10	0.11	100%	0.11
R	0.30	0.45	0.27	0.34	100%	0.34
S	0.36	0.28	0.29	0.31	100%	0.31
T	0.36	0.74	0.23	0.44	100%	0.44
U	2.18	2	2.3	2.16	100%	2.16
V	0.80	0.73	0.70	0.74	100%	0.74
W	0.47	0.43	0.43	0.44	100%	0.44
X	0.70	0.85	0.68	0.74	100%	0.74
Y	5.27	5.17	5.08	5.17	100%	5.17
Z	1.50	1.45	1.43	1.46	100%	1.46
T4	0.30	0.33	0.37	0.33	100%	0.33
AA	21.72	18.57	22.55	20.95	100%	20.95
BB	2.87	2.16	2.49	2.51	100%	2.51
T5	0.33	0.42	0.50	0.42	100%	0.42
CC	10.03	10.34	8.50	9.62	100%	9.62
T6	0.25	0.17	0.25	0.22	100%	0.22
DD	3.72	3.72	3.63	3.69	100%	3.69
D2	0.70	0.58	0.62	0.63	100%	0.63
T7	0.17	0.25	0.50	0.31	100%	0.31
EE	40	40	40	40.00	100%	40.00
FF	20	20	20	20.00	100%	20.00
T8	0.28	0.35	0.3	0.31	100%	0.31
D3	0.5	0.33	0.4	0.41	100%	0.41
GG	1	1.07	0.48	0.85	100%	0.85
HH	0.62	0.5	0.6	0.57	100%	0.57
II	0.38	0.35	0.4	0.38	100%	0.38
D4	0.27	0.27	0.52	0.35	100%	0.35
JJ	0.15	0.17	0.27	0.20	100%	0.20
KK	1	0.88	0.92	0.93	100%	0.93
LL	1.37	0.73	0.82	0.97	100%	0.97
T9	0.75	1.05	0.95	0.92	100%	0.92
TO= Tiempo promedio observado; FD= Factor de desempeño; TN= Tiempo normal						156.54 min

Cálculo de suplementos

A continuación, se muestra el cálculo de los suplementos de cada una de las actividades por cada proceso y subproceso, debido a que hay ciertas actividades que requieren de más suplementos que otras.

Dentro del área de trabajo, todos los trabajadores son del género masculino y la mayoría de actividades se realizan de pie. Existen ciertas actividades que requieren del uso de la fuerza, ya que, implica el levantamiento de los transformadores que pesan aproximadamente unos 12.5 kg. En el entorno de trabajo se cuenta con una iluminación adecuada porque supera el nivel mínimo de lúmenes para industrias (200 lux) [66], además, al tratarse de un área en el que se maneja metal y maquinaria pesada se generan sonidos intermitentes y fuertes, de hecho el valor máximo se encuentra en un nivel de 91 dB, por esta razón, el uso de la protección auditiva es obligatorio, además, las actividades tienen algo de complejidad y el trabajo es bastante monótono y aburrido porque cada operador realiza actividades repetitivas durante su jornada diaria, excepto para los transportes y para las operaciones que realizan las máquinas CNC no se consideraron ningún tipo de suplemento. Cabe recalcar que, para los suplementos solo se han considerado en base a los criterios mencionados anteriormente, puesto que, más adelante se calculará los tiempos estándar por cada una.

- Suplementos para: Platinas de tierra

En la Tabla 56, se muestra los suplementos considerados para este subproceso.

Tabla 56. Suplementos para platinas de tierra.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									TOTAL (%)
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	
1	T1	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
2	A	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
3	B	5	4	2	0	0	2	1	1	0	15
4	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	D	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
6	T2	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14

- **Suplementos para: Tapas**

En la Tabla 57, se muestra los suplementos considerados para este proceso.

Tabla 57. Suplementos para tapas.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									TOTAL (%)
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	
1	A	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
2	B	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
3	T1	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
4	C	5	4	0	0	0	2	1	0	0	12
5	D	5	4	0	0	0	2	1	1	2	15
6	E	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
7	F	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
8	G	5	4	2	0	1	2	1	0	0	15
9	H	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
10	I	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
11	J	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
12	T2	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
13	K	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
14	L	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
15	T3	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
16	M	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
17	N	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
18	O	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
19	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	P	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
21	Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	T5	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14

- **Suplementos para: Bandas de cierre**

En la Tabla 58, se muestra los suplementos considerados para este proceso.

Tabla 58. Suplementos para bandas de cierre.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									TOTAL (%)
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	
1	A	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
2	B	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
3	C	5	4	2	2	0	2	0	1	2	18
4	T1	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
5	D	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
6	T2	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
7	E	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
8	T3	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
9	F	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
10	G	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
11	T4	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
12	H	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
13	I	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
14	T5	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
15	J	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
16	K	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
17	T6	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
18	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	T7	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14

- **Suplementos para: Bases**

En la Tabla 59, se muestra los suplementos considerados para este subproceso.

Tabla 59. Suplementos para bases.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	TOTAL (%)
1	A	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
2	B	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
3	T1	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
4	C	5	4	0	2	0	2	1	0	0	14
5	D	5	4	0	0	0	2	0	1	2	14
6	T2	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14

- **Suplementos para: Soportes para poste**

En la Tabla 60, se muestra los suplementos considerados para este subproceso.

Tabla 60. Suplementos para soportes de poste.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	TOTAL (%)
1	T1	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
2	A	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
3	B	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
4	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	D	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
6	E	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
7	F	5	4	2	0	2	2	1	0	0	16
8	G	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17

- **Suplementos para: Porta placas**

En la Tabla 61, se muestra los suplementos considerados para este subproceso.

Tabla 61. Suplementos para porta placas.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	TOTAL (%)
1	T1	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
2	A	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
3	B	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
4	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	D	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
6	T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	E	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
8	T3	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13

- **Suplementos para: Soportes de izado**

En la Tabla 62, se muestra los suplementos considerados para este subproceso.

Tabla 62. Suplementos para soportes de izado.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	TOTAL (%)
1	T1	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
2	A	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
3	B	5	4	2	0	0	2	1	0	0	14
4	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	T2	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
6	D	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
7	E	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
8	F	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13

Tabla 62. Suplementos para soportes de izado. (Continuación)

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									TOTAL (%)
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	
9	T3	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
10	G	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
11	H	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
12	I	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
13	T4	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14

- **Suplementos para: Cuba**

En la Tabla 63, se muestra los suplementos considerados para este proceso.

Tabla 63. Suplementos para cuba.

S:	Masculino	SUPLEMENTOS									TOTAL (%)
		Constantes		Variables							
N°	Actividad	Necesidades personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	
1	A	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
2	B	5	4	2	2	1	2	1	1	2	20
3	T1	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
4	C	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
5	D	5	4	2	0	1	2	0	1	2	17
6	T2	5	4	2	0	2	2	0	0	0	15
7	E	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
8	F	5	4	2	0	1	2	0	1	2	17
9	G	5	4	2	0	1	2	0	1	2	17
10	H	5	4	2	0	1	2	1	1	2	18
11	I	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
12	J	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
13	K	5	4	2	0	2	2	0	1	2	18
14	L	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
15	M	5	4	0	0	0	2	1	1	2	15

Tabla 63. Suplementos para cuba. (Continuación)

Nº	Actividad	Necesidad personales	Básico por fatiga	Trabajo de pie	Postura normal	Uso de la fuerza	Ruido	Tensión mental	Monotonía mental	Monotonía física	TOTAL (%)
16	N	5	4	2	2	0	2	0	1	2	18
17	O	5	4	2	0	2	2	1	1	2	19
18	P	5	4	2	0	1	2	0	0	0	14
19	Q	5	4	2	2	3	2	1	1	2	22
20	T3	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
21	D1	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
22	R	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
23	S	5	4	2	2	0	2	0	1	2	18
24	T	5	4	2	2	0	2	0	1	2	18
25	U	5	4	2	0	4	2	1	1	2	21
26	V	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
27	W	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
28	X	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
29	Y	5	4	2	0	4	2	1	1	2	21
30	Z	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
31	T4	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
32	AA	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
33	BB	5	4	2	0	0	2	1	1	2	17
34	T5	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
35	CC	5	4	2	2	4	2	1	1	2	23
36	T6	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
37	DD	5	4	2	0	4	2	1	1	2	21
38	D2	5	4	2	0	4	2	0	1	2	20
39	T7	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
40	EE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	FF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	T8	5	4	2	0	0	2	0	0	0	13
43	D3	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
44	GG	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
45	HH	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
46	II	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
47	D4	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
48	JJ	5	4	2	2	0	2	0	1	2	18
49	KK	5	4	2	2	0	2	1	1	2	19
50	LL	5	4	2	0	0	2	0	1	2	16
51	T9	5	4	2	0	4	2	0	0	0	17

Cálculo de tiempos estándar

Una vez definidos los tiempos normales y los suplementos por cada actividad de los procesos y sub procesos se procede a calcular los tiempos estándar de cada uno de ellos, por medio de la Ecuación 4:

$$TE = \text{Tiempo normal} * (1 + \text{Suplementos})$$

➤ Tiempos estándar para: Platinas de tierra

En la Tabla 64, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este subproceso.

Tabla 64. Tiempos estándar para platinas de tierra.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Tapa		
Proceso/ Subproceso	SP: Platinas de tierra	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Trasporta plancha de metal hasta CNC láser	0.69	15	0.79	
2	Carga plancha en mesa de CNC	0.59	15	0.68	
3	Preparación de CNC láser	2.49	15	2.86	
4	Corte de piezas en CNC láser	0.08	0	0.08	
5	Recolección de piezas	0.05	14	0.06	
6	Trasporta hasta soldadora de punto	0.36	14	0.41	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				4.87 min	

➤ **Tiempos estándar para: Tapas**

En la Tabla 65, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este proceso.

Tabla 65. Tiempos estándar para tapas.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:		Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:		Tapa
Proceso/ Subproceso		P: Fabricación de tapa	Operario:		Hombre
Realizado por:		Daniel Velastegui	Revisado por:		Ing. Christian Ortiz
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	0.56	14	0.64	
2	Corte cuadrangular en cizalla	0.84	19	1.00	
3	Transporta hasta cizalla circular	0.63	14	0.71	
4	Prepara cizalla circular	5.29	12	5.92	
5	Corte circular del metal	1.34	15	1.54	
6	Coloca matriz para tapas en prensa hidráulica	17.02	14	19.41	
7	Embutido de tapas	0.55	17	0.64	
8	Coloca matriz para perforar tapas en prensa hidráulica	26.45	15	30.42	
9	Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.47	17	0.55	
10	Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.41	17	0.48	
11	Suelda platina de tierra a la tapa	0.56	17	0.66	
12	Transporta hasta cabina de granallado	0.86	14	0.98	
13	Preparación de cabina	20.09	17	23.51	
14	Granallado en cabina	0.52	19	0.61	
15	Saca de cabina de granallado	0.08	14	0.10	
16	Lijado de tapas	0.14	14	0.16	
17	Coloca ganchos	0.10	14	0.11	
18	Pintura	0.87	17	1.02	
19	Lleva tapas hasta horno	0.25	14	0.29	
20	Calentamiento del horno	40.00	0	40.00	
21	Curado en horno	20.00	0	20.00	
22	Transporta hasta piezas pintadas	0.40	14	0.45	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar					149.21 min

➤ **Tiempos estándar para: Bandas de cierre**

En la Tabla 66, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este proceso.

Tabla 66. Tiempos estándar para bandas de cierre.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto: Transformador monofásico Sub 25 kVA		Parte principal: Banda de cierre			
Proceso/ Subproceso P: Fabricación de banda de cierre		Operario: Hombre			
Realizado por: Daniel Velastegui		Revisado por: Ing. Christian Ortiz			
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Señala plancha de metal	0.23	16	0.26	
2	Corte rectangular en cizalla	0.16	19	0.19	
3	Despunte de los cortes rectangulares	0.66	18	0.78	
4	Transporta hasta plegadora hidráulica	0.42	13	0.47	
5	Doblado de bandas	0.33	17	0.38	
6	Transporta hasta conformadora de bandas	0.37	13	0.42	
7	Conformado de bandas	1.27	19	1.51	
8	Transporta hasta celda de soldadura	0.87	14	0.99	
9	Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas	0.65	17	0.76	
10	Rematado de bocines en bandas	1.01	17	1.18	
11	Transporta hasta cabina de granallado	0.44	14	0.50	
12	Preparación de cabina	20.25	17	23.69	
13	Granallado en cabina	0.57	19	0.67	
14	Transporta hasta cabina de pintura	0.45	14	0.52	
15	Coloca ganchos en bandas	0.16	14	0.18	
16	Pintura	0.56	17	0.66	
17	Lleva hasta el horno	0.31	14	0.35	
18	Calentamiento del horno	40.00	0	40.00	
19	Curado en horno	20.00	0	20.00	
20	Transporta hasta piezas pintadas	0.35	14	0.40	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				93.91 min	

➤ **Tiempos estándar para: Bases**

En la Tabla 67, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este subproceso.

Tabla 67. Tiempos estándar para bases.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Cuba		
Proceso/ Subproceso	SP: Base	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	0.68	13	0.77	
2	Corte cuadrangular en cizalla	0.89	19	1.06	
3	Transporta hasta cizalla circular	0.78	14	0.89	
4	Prepara cizalla circular	6.04	14	6.89	
5	Corte circular del metal	1.94	14	2.21	
6	Transporta hasta formadora de bases	0.43	14	0.49	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				12.30 min	

➤ **Tiempos estándar para: Soportes para poste**

En la Tabla 68, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este subproceso.

Tabla 68. Tiempos estándar para soportes para poste.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Cuba		
Proceso/ Subproceso	SP: Soportes para poste	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Transporta plancha metálica	1.28	15	1.47	
2	Carga la plancha a la mesa de la máquina	1.51	15	1.73	
3	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	2.18	14	2.48	
4	Corte de soportes	1.22	0	1.22	
5	Recoge piezas cortadas	0.08	13	0.09	
6	Quitar escoria de corte	0.47	16	0.54	
7	Coloca matriz para soportes en prensa hidráulica	17.48	16	20.28	
8	Formado de soportes	1.56	17	1.82	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				29.63 min	

➤ **Tiempos estándar para: Porta placas**

En la Tabla 69, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este subproceso.

Tabla 69. Tiempos estándar para porta placas.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Cuba		
Proceso/ Subproceso	SP: Porta placas	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Transporta plancha metálica hasta CNC láser	1.59	14	1.81	
2	Carga plancha en mesa	0.58	15	0.67	
3	Prepara máquina cortadora CNC láser	2.62	14	2.98	
4	Corte de porta placas	0.55	0	0.55	
5	Recoge piezas	0.06	13	0.06	
6	Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	0.33	0	0.33	
7	Doblado de porta placas	0.65	16	0.75	
8	Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	0.39	13	0.44	
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				7.59 min	

➤ **Tiempos estándar para: Soportes de izado**

En la Tabla 70, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este subproceso.

Tabla 70. Tiempos estándar para soportes de izado.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Cuba		
Proceso/ Subproceso	SP: Soportes de izado	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Transporta plancha metálica	1.60	15	1.84	
2	Carga plancha en mesa de CNC plasma	1.54	15	1.77	
3	Prepara máquina cortadora de plasma CNC	1.47	14	1.67	
4	Corte de soportes de izado	0.18	0	0.18	
5	Transporta hasta cizalla	0.64	13	0.72	

Tabla 70. Tiempos estándar para soportes de izado. (Continuación)

N°	Actividad	TN	S (%)	TE
6	Señala la plancha para separar soportes de izado	0.15	16	0.17
7	Separa por corte en cizalla los soportes de izado	0.14	16	0.16
8	Recoge piezas	0.06	13	0.06
9	Transporta hasta esmeril	0.21	14	0.23
10	Esmerila piezas	0.18	16	0.21
11	Coloca matriz para doblar soportes	2.42	14	2.76
12	Dobla los soportes de izado	1.10	16	1.27
13	Transporta hasta la celda 7	0.48	14	0.55
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				11.59 min

➤ **Tiempos estándar para: Cuba**

En la Tabla 71, se muestra los tiempos estándar por cada actividad de este proceso.

Tabla 71. Tiempos estándar para cuba.

		EMPRESA ECUATRAN S.A. Área de Metalmecánica			
ESTUDIO DE TIEMPOS: TIEMPOS ESTÁNDAR					
Producto:	Transformador monofásico Sub 25 kVA	Parte principal:	Cuba		
Proceso/ Subproceso	P: Fabricación de Cuba	Operario:	Hombre		
Realizado por:	Daniel Velastegui	Revisado por:	Ing. Christian Ortiz		
N°	Actividad	TN	S (%)	TE	
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	1.09	13	1.23	
2	Corte rectangular en cizalla	2.64	20	3.17	
3	Transporta hasta plegadora NIAGARA	1.25	15	1.44	
4	Coloca matriz para embutido de logo en plegadora	2.43	14	2.77	
5	Embutido del metal	0.41	17	0.48	
6	Transporta a baroladora	0.39	15	0.45	
7	Preparación de baroladora	2.45	13	2.77	
8	Barolado	0.87	17	1.01	
9	Puntos de soldadura para cordón principal	1.52	17	1.78	
10	Soldadura del cordón principal	2.10	18	2.48	
11	Pulido del cordón principal	1.73	16	2.01	
12	Preparación de acanaladora	3.05	13	3.45	
13	Acanalado	1.42	18	1.68	
14	Preparación de formadora de base	2.94	13	3.32	
15	Formado de base	1.52	15	1.75	
16	Posicionado de base	0.98	18	1.15	
17	Rematado de base	2.83	19	3.36	
18	Preparado de 4 estaciones	8.00	14	9.12	
19	Perforado en 4 estaciones	1.72	22	2.10	

Tabla 71. Tiempos estándar para cuba. (Continuación)

Nº	Actividad	TN	S (%)	TE
20	Busca los soportes para poste	0.70	13	0.79
21	Arregla doblez de soportes para poste	0.11	13	0.13
22	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	0.34	13	0.38
23	Señalado interno de tanques	0.31	18	0.37
24	Señalado externo de tanque	0.44	18	0.52
25	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	2.16	21	2.61
26	Coloca tuercas dentro del tanque	0.74	13	0.84
27	Coloca rodela en base	0.44	13	0.50
28	Coloca soportes de izado	0.74	13	0.84
29	Rematado de accesorios	5.17	21	6.26
30	Pulido de soportes de poste	1.46	13	1.65
31	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	0.33	13	0.38
32	Preparación de cabina	20.95	13	23.67
33	Granallado en cabina	2.51	17	2.93
34	Saca de cabina de granallado	0.42	13	0.47
35	Granallado manual	9.62	23	11.84
36	Lleva hasta la cabina de pintura	0.22	13	0.25
37	Pintura	3.69	21	4.46
38	Repintado	0.63	20	0.76
39	Lleva hasta el horno	0.31	13	0.35
40	Calentamiento del horno	40.00	0	40.00
41	Curado en horno	20.00	0	20.00
42	Transporta hasta acabados	0.31	13	0.35
43	Pinta con pincel fallas	0.41	16	0.48
44	Lima bordes superiores y lija	0.85	16	0.99
45	Quita pintura de rosca	0.57	16	0.67
46	Pinta "nivel de aceite"	0.38	16	0.44
47	Pulido interno de orificios perforados	0.35	16	0.41
48	Escribe número de la orden en porta placa	0.20	18	0.23
49	Mide espesor de pintura	0.93	19	1.11
50	Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	0.97	16	1.13
51	Transporta hasta piezas pintadas	0.92	17	1.07
TN= Tiempo normal; S= Suplementos; TE= Tiempo estándar				172.39 min

Identificación de los cuellos de botella

Tabla 72. Resumen de los tiempos estándar.

Parte	Proceso	Tiempo estándar total	Subprocesos	Tiempo estándar total
Tapa	Fabricación de tapa	149.21 min	Fabricación de platinas de tierra	4.87 min
Bandas	Fabricación de bandas	93.91 min	Ninguna	-
Cuba	Fabricación de cuba	172.39 min	Fabricación de base	12.30 min
			Fabricación de soportes de poste	29.63 min
			Fabricación de porta placas	7.59 min
			Fabricación de soportes de izado	11.59 min

Como análisis de la Tabla 72, se evidencia que los procesos principales requieren de mayor tiempo que los subprocesos, por lo que cada uno de los procesos (tapas, bandas y cuba) se clasificaría como cuellos de botella, lo que significa que limitan la capacidad de producción.

Cálculo de la capacidad de producción actual en el área de metalmecánica

Para el cálculo de la capacidad de producción, se tomaron en cuenta únicamente a los cuellos de botella de cada proceso, en este caso, para la fabricación de: tapas, bandas de cierre y cubas, sin embargo, el resumen de la capacidad de producción de los subprocesos se muestra en la Tabla 73 y los cálculos correspondientes se encuentran en el Anexo 7.

Tabla 73. Resumen de capacidades de producción para los subprocesos.

Subproceso	C.P (u/h)	CP por jornada	Unidades requeridas por jornada
Platinas de tierra	48.9	390.8	50
Bases	15.4	122.9	50
Porta placa	23.8	190.4	50
Soporte para poste	42.9	171.4	100
Soportes de izado	28.4	227.4	100

Como se observa en la tabla anterior, los subprocesos se realizan de forma paralela y cumplen con las unidades requeridas para la fabricación de tapas, bandas y cubas, por tal motivo se analizan únicamente los procesos principales.

- **Capacidad del horno de curado en pintura**

Para calcular la capacidad de producción en pintura, es importante considerar la capacidad del horno para cada parte principal del transformador, ya que, en el horno cada parte debe permanecer un tiempo total de 60 minutos para el curado del metal, sin embargo, para analizar la capacidad de producción, se consideró trabajar individualmente el curado de tapas, bandas de cierre y cubas, es decir, por unidad. De esta manera, se tiene lo siguiente:

Tabla 74. Capacidad del horno de curado.

Parte principal	Tiempo de curado (min)	Capacidad del horno (u)	Tiempo por unidad (min/u)
Tapas	60	30	2.00
Bandas de cierre	60	30	2.00
Cubas	60	18	3.33

Los valores de la capacidad del horno por cada parte principal, se obtuvieron de la observación directa, tomando como referencia el número promedio de unidades que entran al horno.

- **Tiempo disponible para la capacidad de producción**

En cuanto al tiempo disponible para la calcular la capacidad actual de cada uno de los procesos principales, el área de metal mecánica se divide en dos secciones: Conformado y Pintura, ya que, no todos los procesos cuentan un tiempo disponible de 8 horas por jornada laboral, por ejemplo, en la sección de conformado existen líneas de fabricación en paralelo a las cuales se les destina un tiempo disponible determinado, en bandas y cubas se destinan las 8 horas de la jornada laboral, mientras que, en el conformado de tapas la persona designada destina 4 horas de su jornada en tapas y las restantes en la fabricación de soportes de poste. Para la sección de pintura no se destina un tiempo determinado, es decir, se desconoce el tiempo disponible porque en dicha sección ingresan tapas, cubas, bandas y transformadores trifásicos según las necesidades de producción de la empresa, sin embargo, para conocer dicho tiempo disponible se ha ido registrando el número de horas durante una semana que se han destinado tanto para tapas, bandas y cubas en pintura. En la Tabla 75, se muestra el tiempo disponible actual por cada proceso principal, es importante mencionar que, dichos tiempos disponibles son de la jornada matutina la misma que está destinada únicamente para la línea monofásica.

Tabla 75. Tiempo disponible para proceso en cada sección durante una jornada laboral.

Proceso	Conformado	Pintura
Fabricación de tapas	4 horas	1.4 horas
Fabricación de bandas	8 horas	1.5 horas
Fabricación de cubas	8 horas	4 horas
Total		6.9 horas

Como se mencionó en la sección de conformado, son procesos paralelos, mientras que, en pintura se destinan el número de horas de la Tabla 75, sumando 6.9 horas el resto de tiempo se ha destinado para transformadores trifásicos.

Es importante mencionar que, cada proceso principal se toma como procesos independientes, es decir, que no dependen de ningún otro proceso principal, además, como en cada proceso se trabaja con tiempos de preparación de maquinarias, dichos tiempos son analizados con la frecuencia del número de lotes que han producido en los últimos cinco meses, ya que, la preparación de máquina se realiza una solo vez por lote, es decir, no son actividades repetitivas, así mismo se toma en cuenta los tiempos de receso, por lo general, se toman 15 minutos por jornada y el tiempo para charla con los trabajadores que se realiza únicamente los lunes con una duración de 10 minutos. El número de lotes fabricados de los transformadores de 25 kVA se encuentran en la Tabla 76, donde se determina un promedio por mes y semana de las veces que se han fabricado los lotes de producción de transformadores monofásico de 25 kVA.

Tabla 76. Histórico de lotes fabricados.

MES	Lotes fabricados de transformadores de 25 kVA
Enero	4
Febrero	7
Marzo	23
Abril	16
Mayo	10
Junio	9
Total	69
Promedio mensual	12
Promedio semanal	3

Los valores de la Tabla 76, sirven para calcular el tiempo disponible por semana para posteriormente calcular la capacidad de producción. Por ejemplo, para conocer el tiempo disponible para el proceso de las tapas se tendría lo siguiente:

Tabla 77. Tiempo disponible real para la fabricación de tapas.

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Prepara máquina cizalla hidráulica	0.64	3	1.92
Prepara cizalla circular	5.92	3	17.76
Coloca matriz para tapas en prensa hidráulica	19.41	3	58.23
Coloca matriz para perforar tapas en prensa hidráulica	30.42	3	91.26
Preparación de cabina de granallado	23.51	3	70.53
Total (min)			239.7
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2075.3
T. Disponible real por jornada (min)			415.1
T. Disponible real por hora (min)			51.9

Para calcular la capacidad de producción actual, se usó la Ecuación 6 y se calculó la capacidad por estaciones de trabajo, tomando en cuenta el número de trabajadores que realizan las operaciones en cada estación. A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo de la capacidad para una estación de trabajo.

Primera estación de trabajo para el proceso de fabricación de tapas

Dentro de esta estación de trabajo, se encuentran ocho actividades que realiza un solo trabajador, los cuales son:

Tabla 78. Ejemplo para calcular la capacidad de producción por estación.

Actividad	Tiempo estándar (minutos)	Estación de trabajo
CONFORMADO		
Corte cuadrangular en cizalla	1.00	1 estación
Transporta hasta cizalla circular	0.71	
Corte circular del metal	1.54	
Embutido de tapas	0.64	
Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.55	
Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.48	
Suelda platina de tierra a la tapa	0.66	
Transporta hasta cabina de granallado	0.98	
Tiempo total	6.56	

El tiempo estándar total de estas actividades por estación de trabajo es de 6.56 minutos por unidad, aplicando la Ecuación 6, tenemos la capacidad de producción de la misma.

$$C_p = \frac{1}{TS} * 51.9 \text{ min/h}$$

$$C_p = \frac{1}{6.56 \text{ min/u}} * 51.9 \text{ min/h}$$

$$C_p = 7.9 \text{ u/h}$$

También, es importante tener en cuenta el número de trabajadores de cada actividad, en este caso en particular labora un solo operario, entonces la capacidad se calcularía de la siguiente forma:

$$C_p = 7.9 \text{ u/h} * 1 \text{ trabajador}$$

$$C_p = 7.9 \text{ u/h}$$

Este valor de 7.9 u/h, representa el valor de la capacidad de producción por hora, sin embargo, se requiere conocer la capacidad por jornada laboral, como se mencionó en la Tabla 75 son de 4 horas, por lo tanto, se calcula lo siguiente:

$$C_p = 7.9 \text{ u/h} * \frac{4 \text{ h}}{\text{jornada}}$$

$$C_p = 31.6 \text{ u/jornada}$$

Además, se requiere conocer la capacidad semanal, por lo que, al resultado anterior se lo multiplica por los 5 días laborables a la semana.

$$C_p = 31.6 \text{ u/jornada} * \frac{5 \text{ jornada}}{\text{semana}}$$

$$C_p = 158.1 \text{ u/semana}$$

De esta forma, se calcularon las capacidades de producción de cada una de las estaciones por cada proceso principal.

Capacidad de producción para tapas

Tabla 79. Capacidad de producción actual para la fabricación de tapas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
CONFORMADO						
Corte cuadrangular en cizalla	1.00	Estación 1	1	7.9	31.6	158.1
Trasporta hasta cizalla circular	0.71					
Corte circular del metal	1.54					
Embutido de tapas	0.64					
Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.55					
Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.48					
Suelda platina de tierra a la tapa	0.66					
Transporta hasta cabina de granallado	0.98					
Tiempo estándar total	6.56			7.9	31.6	158.1
PINTURA						
Granallado en cabina	0.61	Estación 2	1.0	73.1	102.3	511.5
Saca de cabina de granallado	0.10					
Tiempo estándar por estación	0.71					
Lijado de tapas	0.16	Estación 3	1.0	40.2	56.2	281.1
Coloca ganchos en tapas	0.11					
Pintura	1.02					
Tiempo estándar por estación	1.29					
Lleva tapas al horno	0.29	Estación 4	1.0	19.6	27.5	137.5
Curado en horno	2.00					
Transporta hasta piezas pintadas	0.35					
Tiempo estándar por estación	2.64					
Tiempo estándar total	4.64			19.6	27.5	137.5

Como se puede observar en la Tabla 79, la estación 1 es la que provocan un cuello de botella importante y por ende limita la capacidad de producción, ya que, en la estación trabaja el mismo operario el cual realiza todas las actividades descritas anteriormente, lo mismo sucede con la estación 4 de pintura, por lo que, no se puede cumplir con la demanda de 50 unidades por jornada laboral.

Capacidad de producción para bandas de cierre

En este caso, dentro de este proceso únicamente se realiza una preparación de máquinas, por lo que el tiempo disponible real calculado se encuentra en la Tabla 80.

Tabla 80. Tiempo disponible real para la fabricación de bandas de cierre.

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Preparación de cabina de granallado	23.69	3	71.07
Total (min)			191.1
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2243.9
T. Disponible real por jornada (min)			448.8
T. Disponible real por hora (min)			56.1

En la Tabla 81, se muestra la capacidad para las bandas de cierre, sin embargo, es importante mencionar que, el tiempo disponible para la segunda estación de trabajo es de tres horas, ya que, el trabajador de dicha estación desempeña otras funciones en su jornada laboral.

Tabla 81. Capacidad de producción actual para la fabricación de bandas de cierre.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
CONFORMADO						
Señala plancha de metal	0.26	Estación 1	1	11.22	89.79	448.93
Corte rectangular en cizalla	0.19					
Despunte de los cortes rectangulares	0.78					
Transporta hasta plegadora hidráulica	0.47					
Doblado de bandas	0.38					
Transporta hasta conformadora de bandas	0.42					
Conformado de bandas	1.51					
Transporta hasta celda de soldadura	0.99					
Tiempo estándar por estación	5.00					
Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas	0.76	Estación 2	1	22.99	68.98	344.88
Rematado de bocines en bandas	1.18					
Transporta hasta cabina de granallado	0.50					
Tiempo estándar por estación	2.44					
Tiempo estándar total	7.44			11.22	68.98	344.88

Tabla 81. Capacidad de producción actual para la fabricación de bandas de cierre. (Continuación)

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
PINTURA						
Granallado en cabina	0.67	Estación 3	1	47.27	70.90	354.51
Transporta hasta cabina de pintura	0.52					
Tiempo estándar por estación	1.19					
Coloca ganchos en bandas	0.18	Estación 4	1	66.86	100.28	501.41
Pintura	0.66					
Tiempo estándar por estación	0.84					
Lleva hasta el horno	0.35	Estación 5	1	20.41	30.61	153.05
Curado en horno	2.00					
Transporta hasta piezas pintadas	0.40					
Tiempo estándar por estación	2.75					
Tiempo estándar total	4.77			20.41	30.61	153.05

Como se puede observar en la tabla anterior, las estaciones de trabajo en el conformado, no presentan mayores problemas, ya que, al ser tiempos cortos que se requieren para fabricar una banda de cierre cumplen con la demanda requerida, sin embargo, en pintura se observa una restricción, en este caso, la estación 5 es la que limita la capacidad de producción.

Capacidad de producción para cubas

Para este proceso se realizan siete preparaciones de máquinas, por lo que el tiempo disponible real calculado se encuentra en la Tabla 82.

Tabla 82. Tiempo disponible real para la fabricación de cubas.

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Prepara máquina cizalla hidráulica	1.23	3	3.68
Coloca matriz para embutido de logo en plegadora	2.43	3	8.31
Preparación de baroladora	2.77	3	8.32
Preparación de acanaladora	3.45	3	10.34
Preparación de formadora de base	3.32	3	9.96
Preparación de cabina de granallado	23.67	3	71.01
Preparación de 4 estaciones	9.12	3	27.36
Total (min)			139.0
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2176.0
T. Disponible real por jornada (min)			435.2
T. Disponible real por hora (min)			54.4

En este apartado, es necesario destacar que, para la estación 1, el tiempo estándar es el doble, ya que, para producir una unidad se necesita de dos personas donde se toman un tiempo estándar de 3.17 minutos, sin embargo, en este caso al tener un solo trabajador para línea monofásica el tiempo se duplica, puesto que, le llevará el doble de trabajo; a diferencia de las estaciones 3, 7 y 10, en donde existen dos trabajadores, por lo que, cada uno produce una unidad independiente, por tal motivo, se divide el tiempo total por estación para el número de trabajadores de cada una.

Tabla 83. Capacidad de producción actual para la fabricación de cubas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
Corte rectangular en cizalla	3.17	Estación 1	1	8.57	68.57	342.86
Tiempo estándar por estación	6.35					
Transporta hasta plegadora NIAGARA	1.44	Estación 2	1	23.03	184.27	921.34
Embutido del metal	0.48					
Transporta a baroladora	0.45					
Tiempo estándar por estación	2.36					
Barolado	1.01	Estación 3	1	14.29	114.34	571.71
Puntos de soldadura para cordón principal	1.78					
Soldadura del cordón principal	2.48					
Pulido del cordón principal	2.01					
Acanalado	1.68		1			
Formado de base	1.75					
Posicionado de base	1.15					
Rematado de base	3.36					
Tiempo estándar por estación	7.61					
Perforado en 4 estaciones	2.10	Estación 4	1	7.88	63.07	315.33
Busca los soportes para poste	0.79					
Arregla doblez de soportes para poste	0.13					
Soldadura de refuerzos en soportes para poste	0.38					
Señalado interno de tanques	0.37					
Señalado externo de tanque	0.52					
Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	2.61					
Tiempo estándar por estación	6.90					

Tabla 83. Capacidad de producción actual para la fabricación de cubas. (Continuación)

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana					
Coloca tuercas dentro del tanque	0.84	Estación 5	1	5.19	41.55	207.77					
Coloca rodela en base	0.50										
Coloca soportes de izado	0.84										
Rematado de accesorios	6.26										
Pulido de soportes de poste	1.65										
Transporta hasta cabina de granallado por bandas	0.38										
Tiempo estándar por estación	10.47										
Tiempo estándar total	33.69			5.19	41.55	207.77					
PINTURA											
Granallado en cabina	4.32	Estación 6	1	11.36	45.45	227.27					
Saca de cabina de granallado	0.47										
Tiempo estándar por estación	4.79										
Granallado manual	11.84	Estación 7	2	9.00	36.00	179.99					
Lleva hasta la cabina de pintura	0.25										
Tiempo estándar por estación	6.05										
Pintura	4.46	Estación 8	1	10.41	41.65	208.24					
Repintado	0.76										
Tiempo estándar por estación	5.22										
Lleva hasta el horno	0.35	Estación 9	1	14.77	59.08	295.39					
Curado en horno	3.33										
Tiempo estándar por estación	3.68										
Transporta hasta acabados	0.35	Estación 10	2	15.84	63.37	316.83					
Pinta con pincel fallas	0.48										
Lima bordes superiores y lija	0.99										
Quita pintura de rosca	0.67										
Pinta "nivel de aceite"	0.44										
Pulido interno de orificios perforados	0.41										
Escribe número de la orden en porta placa	0.23										
Mide espesor de pintura	1.11										
Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	1.13										
Transporta hasta piezas pintadas	1.07										
Tiempo estándar por estación	3.43										
Tiempo estándar total	23.17								9.00	36.00	179.99

Como se puede observar en la Tabla 83, la estación crítica es la 5 la misma que provoca un cuello de botella importante y por ende limita la capacidad de producción en el conformado de la cuba, ya que, en dicha estación trabaja un solo operador el cual realiza una actividad

que requiere de mayor tiempo, en el pintado de cuba la estación que provoca la restricción del proceso es la estación 7, en ambas situaciones no se logra cumplir con la demanda de 50 unidades por jornada.

Resumen del cálculo de capacidades

A continuación, se muestra en la Tabla 84, un resumen de las capacidades por cada uno de los procesos principales para la fabricación de tapas, bandas de cierre y cubas.

Tabla 84. Resumen del cálculo de capacidades actuales por cada proceso.

Proceso	Sección	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por semana (u/semana)
Tapas	Conformado	7.9	31.6	158.1
	Pintura	19.6	27.5	137.5
Bandas de cierre	Conformado	11.22	68.98	344.88
	Pintura	20.41	30.61	153.05
Cubas	Conformado	5.19	41.55	207.77
	Pintura	9.00	36.00	179.99

Como se muestra en la tabla anterior, los procesos críticos dentro del área de metal mecánica, se encuentran en la sección de conformado, puesto que, se presentan problemas en las tapas y cubas, mientras que, en la sección de pintura se presenta problemas en tapas, bandas de cierre y cubas, ya que, al no dedicar el tiempo óptimo requerido, se produce la menor cantidad de unidades, en este caso, no están logrando cumplir con el requerimiento que son de 50 unidades por día.

En la Figura 24, se ilustra de manera gráfica la variación de la capacidad de producción en el conformado y pintura de tapas, bandas de cierre y cubas.

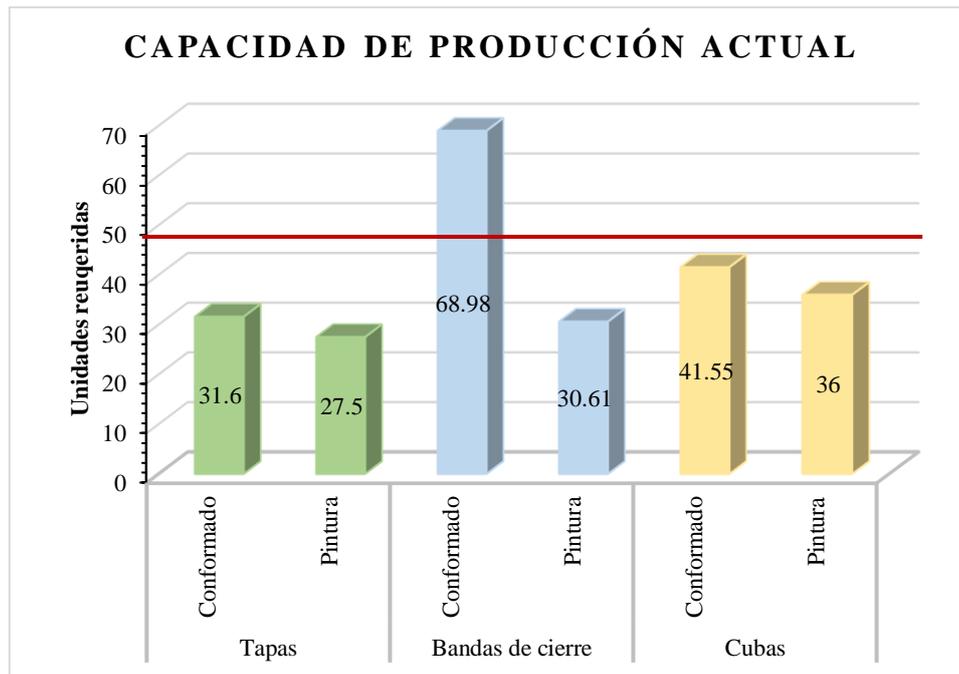


Figura 24. Capacidad actual de tapas, bandas y cubas.

Como se evidencia en la figura anterior, en el conformado de tapas no logra satisfacer los requerimientos de las 50 unidades por día, esto se justifica porque en dicho proceso labora únicamente persona, además, dicho trabajador no labora el tiempo completo de la jornada matutina en la fabricación de tapas, si no que, comparte sus funciones con la fabricación de soportes para poste, es decir, es rotativo según la disponibilidad y requerimiento de la planta de producción.

En cuanto a las bandas de cierre, sucede lo contrario, en este caso logra cumplir con las unidades requeridas, ya que, en el conformado de las mismas, laboran dos personas, pero que, dentro de su función principal es la de laborar la jornada completa en la fabricación de bandas, sin embargo, el trabajador de la primera estación, suele ser también rotativo en función de la disponibilidad y requerimiento de la planta de producción.

Finalmente, en el conformado de las cubas no cumple con las unidades requeridas por día (50 unidades), lo que provoca retrasos en los pedidos, por lo que, en ocasiones se destinan trabajadores de la segunda jornada laboral (destinados para la línea trifásica), para que continúen con el trabajo de los mismos y así cumplir con el requerimiento de planificación, sin embargo, como se ha mencionado antes en el conformado de cubas solo está destinado una jornada laboral como tal para lo que es la línea monofásica, la misma que se labora en la jornada matutina.

En cuanto a la sección de pintura dentro de la jornada matutina no se logra cumplir con la demanda de tapas, bandas de cierre y cubas, ya que, en dicho proceso no se está destinando el número de horas necesarias para cumplir con los requerimientos de la producción diaria establecida por la empresa, esto se justifica porque el problema principal es el desconocimiento de la capacidad de producción, por lo que, consecuentemente se desconoce el tiempo requerido para suplir con la segunda jornada y alcanzar el requerimiento de producción, un aspecto importante a mencionar, es que en pintura sí se cuenta con una segunda jornada laboral.

Balaceo de líneas actual para los procesos críticos

Con el análisis del balaceo de líneas, se busca conocer la eficiencia actual de las estaciones asignadas para las actividades que ejecutan los trabajadores en cada proceso principal de fabricación, tomando en consideración la capacidad de cada uno de los mismos. En este caso, se analiza únicamente los procesos críticos que no están cubriendo el requerimiento por parte de planificación. Para ello, se considerarán las siguientes ecuaciones a ser aplicadas, las mismas que se muestran en la Tabla 85.

Tabla 85. Ecuaciones para el balanceo de líneas.

Denominación	Ecuación
Índice de producción	$IP = \frac{\text{Unidades a fabricar}}{\text{Tiempo disponible de un operador}}$
Número de operadores necesarios	$NO = \frac{\text{Tiempo estándar de pieza} * IP}{\text{Eficiencia planeada}}$
Número de estaciones	$N = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Tiempo de ciclo (TC)}}$
Porcentaje de balance	$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo deminutos por dia} * Nt} * 100$
Porcentaje de carga de trabajo	$\% \text{ Carga} = \frac{\text{Tiempo de actividades por estación}}{\text{Tiempo mayor de actividades por estación}} * 100$
Tiempo de ciclo	$TC = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda de producción}}$
Eficiencia de línea	$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Suma de tiempos de las actividades}}{TC * Nt} * 100$

Eficiencia del balance actual para el conformado de tapas

Para conocer este porcentaje, primeramente, se necesita conocer el tiempo de ciclo para el tiempo disponible, los datos se han tomado de la Tabla 75 y Tabla 77, y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{51.9 \text{ min/h} * 4 \text{ h}}{50 \text{ u}}$$
$$TC = 4.15 \text{ min/u}$$

Diagrama de precedencia actual para el conformado de tapas

En la Figura 25, se encuentra representada el diagrama de precedencia actual de las actividades con su respectivo tiempo estándar, en este caso únicamente para el proceso de conformado de tapas.

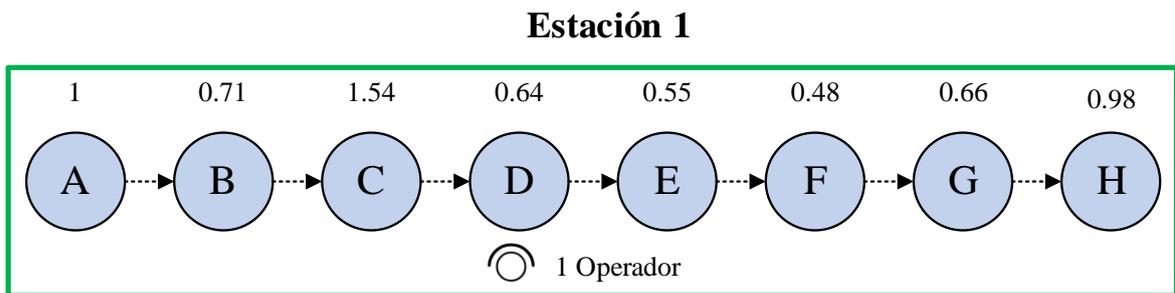


Figura 25. Diagrama de precedencia actual de actividades para el conformado de tapas.

En la Tabla 86, se muestra la información de las tareas descritas en el gráfico de precedencia, cada tarea con su actividad respectiva, tiempo estándar y tarea precedente.

Tabla 86. Matriz de datos para el conformado de tapas.

Tarea	Actividad	T. E (min/u)	Tarea precedente
A	Corte cuadrangular en cizalla	1.00	-
B	Trasporta hasta cizalla circular	0.71	A
C	Corte circular del metal	1.54	B
D	Embutido de tapas	0.64	C
E	Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.55	D
F	Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.48	E
G	Suelda platina de tierra a la tapa	0.66	F
H	Transporta hasta cabina de granallado	0.98	G
Total		6.56	

Para conocer la eficiencia se considera el tiempo total que se necesita para obtener la primera tapa del conformado, siendo este de 6.56 min/u obtenido de la tabla anterior. En cuanto al número de estaciones se cuenta actualmente con una sola estación como de trabajo, como se muestra en la Tabla 86. Con dichos datos de calcula lo siguiente:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{6.56 \text{ min/u}}{4.15 \text{ min/u} * 1} * 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 158.07 \%$$

Por medio de este cálculo se define que el balance actual no es el adecuado, ya que, se evidencia que el tiempo estándar total de la estación es mayor que el tiempo de ciclo, además, con este porcentaje obtenido se deduce que la estación se encuentra sobrecargada de trabajo y esto lo podemos comprobar de la siguiente forma:

$$\% \text{ Carga} = \frac{6.56 \text{ min}}{6.56 \text{ min}} * 100$$

$$\% \text{ Carga} = 100\%$$

Como se puede observar, al contar únicamente con una sola estación y con un solo trabajador en la misma, la carga porcentual de trabajo es del 100 %, por tal motivo, se debe mejorar el balance de líneas para disminuir la sobre carga de trabajo de la estación del conformado de tapas.

Eficiencia del balance actual para la pintura de tapas

Para conocer la eficiencia de esta línea, se ha decidido calcular la misma. En este caso, se considera el tiempo total que se necesita para obtener la primera tapa pintada, siendo este de 4.64 min/u, el tiempo total por día definido por la restricción del proceso es de 2.64 min/u, obtenido de la estación 4 de la Tabla 79. En cuanto al número de estaciones se cuenta actualmente con tres estaciones de trabajo. Con dichos datos se calcula lo siguiente:

$$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo de minutos por día} * Nt} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = \frac{4.64 \text{ min/u}}{2.64 \text{ min/u} * 3} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 58.59\%$$

Como se evidencia, el porcentaje de balance actual es bajo, debido a que, la restricción del horno limita la capacidad de producción.

Eficiencia del balance actual para el conformado de bandas

Únicamente para conocer la eficiencia de esta línea, se ha decidido calcular la misma, sin embargo, en este caso se calcula el porcentaje del balance de líneas, ya que, el conformado de las bandas cuenta con dos estaciones de trabajo con diferentes tiempos disponibles como se mencionó anteriormente. El minuto total del operario es el tiempo total para obtener la primera unidad, en este caso el tiempo es de 7.44 min/u y en el tiempo total por día se define en función del cuello de botella, en este caso el mismo es de 5 min/u obtenido de la estación 1 de la Tabla 81.

$$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo de minutos por día} * Nt} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = \frac{7.44 \text{ min/u}}{5 \text{ min/u} * 2} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 74.41 \%$$

Como se observa, este porcentaje de balance es bueno, por tanto, el conformado de bandas cumple con los requerimientos de producción, tal como se muestra en la Tabla 84.

Eficiencia del balance actual para la pintura de bandas

De la misma manera, para la pintura de bandas el minuto total del operario es el tiempo total para obtener la primera unidad, en este caso el tiempo es de 4.77 min/u y en el tiempo total por día se define en función la restricción del proceso, en este caso el mismo es de 2.75 min/u, obtenido de la estación 5 de la Tabla 81.

$$\% \text{ Balance} = \frac{4.77 \text{ min/u}}{2.75 \text{ min/u} * 3} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 57.88 \%$$

A partir del resultado previo, se evidencia que el balance actual es bastante bajo, lo cual implica que, únicamente el conformado de bandas se ajusta de manera efectiva al nivel de producción previamente mencionados, por otro lado, la pintura de bandas no cumple con dicho nivel de producción, por lo que, hace falta una propuesta de mejora para el mismo.

Eficiencia del balance actual para el conformado de cuba

Para conocer este porcentaje, primeramente, se necesita conocer el tiempo de ciclo, para el tiempo disponible, los datos se han tomado de la Tabla 82 y Tabla 77, y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{54.4 \text{ min/h} * 8h}{50 u}$$

$$TC = 8.70 \text{ min/u}$$

Además, es importante conocer de forma gráfica la distribución actual de las actividades en las estaciones de trabajo.

Diagrama de precedencia actual para el conformado de cuba

En la Figura 26, se encuentra representada el diagrama de precedencia de las actividades con su respectivo tiempo estándar, en este caso únicamente para el conformado de cubas.

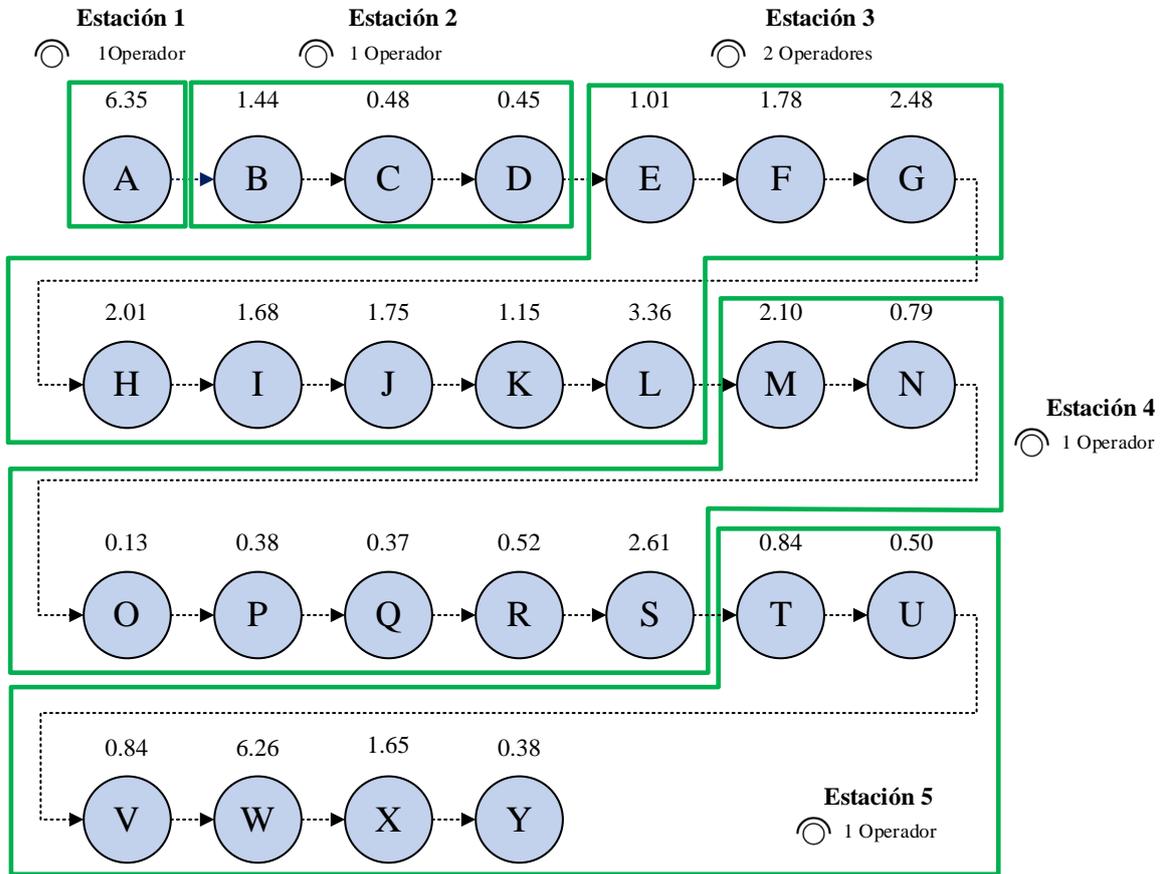


Figura 26. Diagrama de precedencia actual para el conformado de cubas.

En la Tabla 87, se muestra la información necesaria para analizar la eficiencia del balanceo de líneas actual.

Tabla 87. Matriz de datos actual para la fabricación de cubas.

Tarea	Actividad	T. E (min/u)	Tarea precedente
A	Corte rectangular en cizalla	6.35	-
B	Trasporta hasta plegadora NIAGARA	1.44	A
C	Embutido del metal	0.48	B
D	Transporta a baroladora	0.45	C
E	Barolado	1.01	D
F	Puntos de soldadura para cordón principal	1.78	E

Tabla 87. Matriz de datos actual para la fabricación de cubas. (Continuación)

Tarea	Actividad	T. E (min/u)	Tarea precedente
G	Soldadura del cordón principal	2.48	F
H	Pulido del cordón principal	2.01	G
I	Acanalado	1.68	H
J	Formado de base	1.75	I
K	Posicionado de base	1.15	J
L	Rematado de base	3.36	K
M	Perforado en 4 estaciones	2.10	L
N	Busca los soportes para poste	0.79	M
O	Arregla doblez de soportes para poste	0.13	N
P	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	0.38	O
Q	Señalado interno de tanques	0.37	P
R	Señalado externo de tanque	0.52	Q
S	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	2.61	R
T	Coloca tuercas dentro del tanque	0.84	S
U	Coloca rodela en base	0.50	T
V	Coloca soportes de izado	0.84	U
W	Rematado de accesorios	6.26	V
X	Pulido de soportes de poste	1.65	W
Y	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	0.38	X
Total		33.69	

Para el porcentaje del balance, los valores a considerar, son los siguientes; el tiempo total para obtener la primera unidad es de 33.69 min/u y el tiempo total por día definido por el cuello de botella es de 10.47 min/u de la estación 5, estos valores fueron obtenidos de la Tabla 87 y de la Tabla 83, respectivamente.

$$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo de minutos por día} * Nt} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = \frac{33.69 \text{ min/u}}{10.47 \text{ min/u} * 5} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 64.35 \%$$

Tiempo estándar vs Tiempo de ciclo

Para comprender de mejor manera el bajo porcentaje de este proceso, es importante realizar un análisis comparativo de los tiempos estándar total de cada estación con el tiempo de ciclo. En base a la Tabla 83, se resume la siguiente información en la Tabla 88:

Tabla 88. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo actual para cuba.

Tiempos estándar por estación de trabajo			
Estaciones	Tiempo total por estación (min/u)	# Trabajadores	Tiempo de ciclo (min/u)
Estación 1	6.35	1	8.70
Estación 2	2.36	1	8.70
Estación 3	7.61	2	8.70
Estación 4	6.90	1	8.70
Estación 5	10.47	1	8.70
Tiempo total	33.69		

Gráficamente, se encuentra de la siguiente manera:

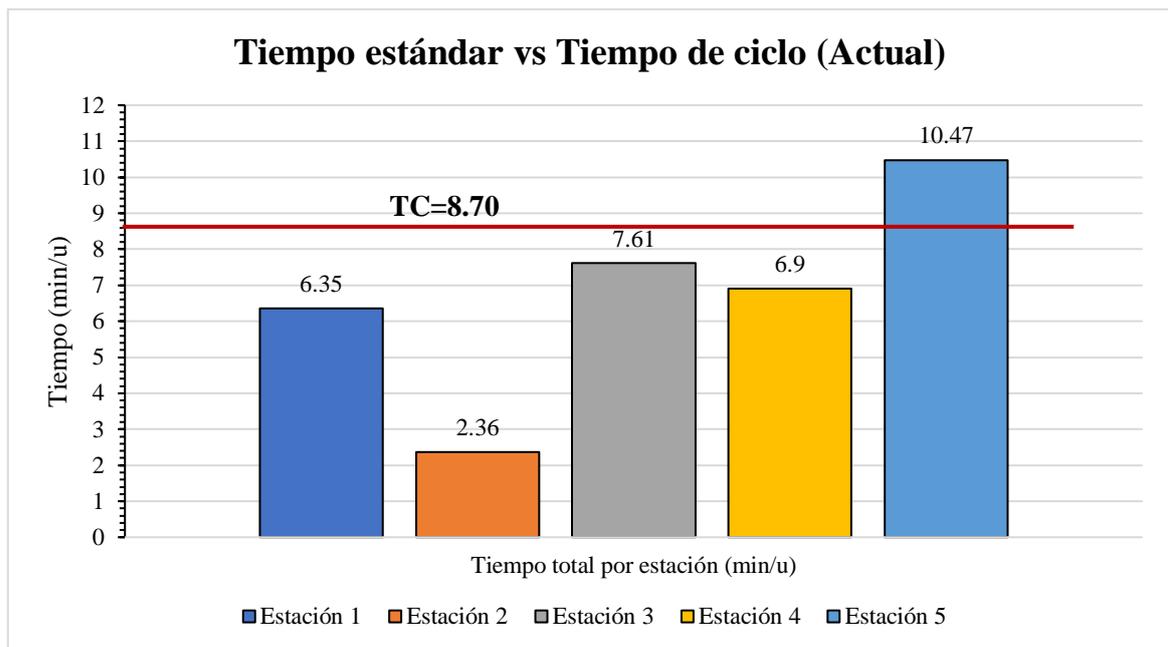


Figura 27. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo actual para cuba.

Al analizar el tiempo de ciclo (8.70 min/u) y el cuello de botella de la estación 5 (10.47 min/u), podemos deducir que, el tiempo del cuello de botella sobrepasa el tiempo de ciclo, por lo que, dicha estación se encuentra sobrecargada de trabajo, lo cual se evidencia con el bajo porcentaje del balance de líneas, donde se demuestra claramente que es el principal problema que impide que el conformado de cubas satisfaga con los requisitos de producción anteriormente mencionado.

Eficiencia del balance actual para la pintura de cuba

En cuanto a la pintura de cuba, el tiempo total para obtener la primera unidad es de 23.17 min/u y el tiempo total por día definido por la restricción del proceso es de 12.09 min/u, sin embargo, al trabajar en la misma estación 7, dos personas, el tiempo real sería de 6.05 min/u, estos valores corresponden a la Tabla 83.

$$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo de minutos por día} * Nt} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = \frac{20.95 \text{ min/u}}{6.05 \text{ min/u} * 5} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 69.32 \%$$

Cálculo de la productividad actual

Para el cálculo de productividad actual, se ha considerado analizar la productividad por tiempo de trabajo total, la cual proporciona una visión general del tiempo disponible de trabajo en relación a la capacidad de producción actual. Para la productividad, se calcula únicamente para la sección de conformado, debido a que son procesos que cuentan con tiempo fijo dentro de la jornada laboral, en cambio, en pintura son tiempos variables como se mencionó anteriormente, ya que, intervienen también los transformadores de la línea trifásica, además, las restricciones del proceso se identificaron en las estaciones de trabajo en las que interviene el horno, al no poder atacar estas restricciones, más adelante no se puede estimar la mejora en el indicador de productividad.

Para los cálculos, se ha empleado la Ecuación 7:

$$\text{Productividad por tiempo} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Tiempo total de producción}}$$

- **Productividad en conformado de tapas**

Se considera el tiempo disponible de producción (4 horas y tiempo disponible por hora con tiempos de setup es de 51.9 min/h) obtenido de la Tabla 77 y la capacidad de producción actual es de 31.6 u/jornada, obtenido de la Tabla 79.

$$Productividad\ por\ tiempo = \frac{31.6\ u/j}{4\ h/j * 51.9\ min/h}$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 0.15\ u/min * 60\ min/h$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 9.13\ u/h$$

- **Productividad en conformado de bandas**

Se considera el tiempo disponible de producción (3 horas y tiempo disponible por hora con tiempos de setup es de 56.1 min/h) obtenido de la Tabla 80 y la capacidad de producción actual definido por el cuello de botella es de 68.98 u/j, obtenido de la Tabla 81.

$$Productividad\ por\ tiempo = \frac{68.98\ u/j}{3\ h/j * 56.1\ min/h}$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 0.41\ u/min * 60\ min/h$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 24.59\ u/h$$

- **Productividad en conformado de cubas**

El tiempo disponible de producción (8 horas y tiempo disponible por hora con tiempos de setup es de 54.4 min/h) obtenido de la Tabla 82 y la capacidad de producción actual definido por el cuello de botella es de 41.55 u/j, obtenido de la Tabla 83.

$$Productividad\ por\ tiempo = \frac{41.55\ u/j}{8\ h/j * 56.1\ min/h}$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 0.09\ u/min * 60\ min/h$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 5.55\ u/h$$

3.1.3 Propuesta de mejora, a partir de los resultados del estudio de tiempos y de movimientos efectuado en el área de metal mecánica.

De acuerdo a toda la información recabada y analizada mediante las herramientas del estudio de trabajo, como son: los diagramas de flujo, cursogramas analíticos, cursogramas sinópticos y fundamentalmente el estudio de tiempos, se ha logrado determinar el tiempo de duración de cada proceso y subproceso en la fabricación de tapas, bandas de cierre y cubas.

Con toda esta información, resulta necesario utilizar las herramientas del estudio de trabajo para mejorar los procesos productivos, una de ellas y de las principales es la elaboración de cursogramas analíticos con las propuestas de mejora, es decir, cursogramas en las que detallan únicamente todas actividades que agreguen valor y que sean esenciales para cada proceso productivo, sin embargo, es importante mencionar que, no en todos los cursogramas analíticos se pueden proponer mejoras, puesto que, no se han detectado actividades innecesarias pero, en los casos en que si exista como tal una mejora, se llevará a cabo una análisis comparativo entre lo actual y lo propuesto.

Finalmente, se propone el desarrollo del balaceo de líneas para los procesos críticos detectados y analizados anteriormente, con el fin de lograr equiparar adecuadamente las cargas de trabajo en las estaciones para que las actividades fluyan de manera continua y lograr disminuir los cuellos de botella, con el fin de mejorar la capacidad de producción y conseguir cumplir con los requerimientos de producción. Un aspecto importante a considerar es que, para la sección de conformado resulta factible aplicar el balanceo de líneas, porque se pueden contrarrestar los cuellos de botella y equiparar las cargas de trabajo entre estaciones. No obstante, para la sección de pintura, no es factible aplicar dicha técnica, ya que, las restricciones de los procesos identificados se encuentran en las estaciones que involucran el horno, debido a que dicho tiempo toma 60 minutos para el curado del metal, no se puede reducir dicho tiempo porque es esencial para el curado y calidad del acabado del producto, en dicho caso se propone realizar el cálculo del tiempo requerido en pintura para poder cumplir con la demanda, dado que, dicho tiempo actualmente se desconoce.

Mejora del sistema de balanceo de líneas para el conformado de tapas

El objetivo de este punto es la de equilibrar las cargas de trabajo en las estaciones que integran el proceso en la sección de conformado de tapas, con el fin de lograr mejorar la capacidad de los mismos para cumplir con la demanda requerida de producción. Es importante destacar que, en este proceso no se detectaron actividades innecesarias que interfieran o retrasen el proceso productivo, por tal motivo, se trabaja con las mismas actividades detalladas en la Tabla 28.

Tiempo de ciclo para el conformado de tapas

Para lograr equiparar la carga de trabajo, es importante conocer el tiempo de ciclo, es decir, cuanto tiempo se necesita para fabricar una unidad, en este caso, el valor fue el siguiente:

$$TC = \frac{\textit{Tiempo disponible por día}}{\textit{Producción requerida por día}}$$

$$TC = \frac{51.9 \textit{ min/h} * 4 \textit{ h}}{50 \textit{ u}}$$

$$TC = 4.15 \textit{ min/u}$$

Para continuar con el análisis, se debe conocer el número de estaciones teóricas para el conformado de tapas, para este cálculo es necesario utilizar la Ecuación 11:

$$N = \frac{\textit{Tiempo total de operaciones}}{\textit{Tiempo de ciclo (TC)}}$$

$$N = \frac{6.56 \textit{ min/u}}{4.15 \textit{ min/u}}$$

$$N = 1.58 \cong 2 \textit{ estaciones}$$

Con base en el número teórico de estaciones obtenidas, en este caso 2 estaciones, las actividades previamente descritas serán asignadas de acuerdo al tiempo de ciclo. Es crucial destacar que, se debe mantener el orden normal de las actividades tal y como se muestra en la Figura 25. La designación de las tareas como propuesta de mejora, se muestra la Tabla 89.

Para calcular la capacidad propuesta, es necesario calcular el número de trabajadores para cada estación, en este caso, se hizo uso de la Ecuación 8 y 9, como se muestra a continuación:

$$IP = \frac{\textit{Unidades planeadas a fabricar}}{\textit{Tiempo disponible para un operador}}$$

$$IP = \frac{50 \textit{ u}}{51.9 \textit{ min/h} * 4\textit{ h}}$$

$$IP = 0.24 \textit{ u/min}$$

Según este índice de producción, significa que se deben realizar 0.24 unidades por minuto para cumplir con el requerimiento de las 50 tapas conformadas, con este valor se procede a calcular lo siguiente:

$$NO = \frac{TE * IP}{E}$$

TE (1) = Tiempo estándar para la estación 1: 3.90 min/u.

TE (2) = Tiempo estándar para la estación 2: 2.67 min/u.

E= Eficiencia planeada del 90%.

- Número de operarios para la estación 1

$$NO (1) = \frac{3.90 \textit{ min/u} * 0.24 \textit{ u/min}}{0.90}$$

$$NO (1) = 1.04 \cong 1 \textit{ operario}$$

- Número de operarios para la estación 2

$$NO (2) = \frac{2.67 \textit{ min/u} * 0.24 \textit{ u/min}}{0.90}$$

$$NO (2) = 0.71 \cong 1 \textit{ operario}$$

Con los datos obtenidos, el siguiente paso es el cálculo de la capacidad de producción con esta nueva distribución de actividades en 2 estaciones de trabajo con un tiempo disponible por jornada de 4 horas (Tabla 75). Los resultados se muestran en Tabla 90.

Tabla 90. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de tapas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
CONFORMADO						
Corte cuadrangular en cizalla	1.00	Estación 1	1.0	13.3	53.2	266.2
Trasporta hasta cizalla circular	0.71					
Corte circular del metal	1.54					
Embutido de tapas	0.64					
Tiempo estándar por estación	3.90					
Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.55	Estación 2	1.0	19.5	78	390.0
Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.48					
Suelda platina de tierra a la tapa	0.66					
Transporta hasta cabina de granallado	0.98					
Tiempo estándar por estación	2.67					
Tiempo estándar total	6.56			13.3	53.2	266.2

Como se muestra en la tabla anterior, al dividir las actividades en dos estaciones de trabajo, la capacidad de producción aumenta, sin embargo, hay que tener en cuenta que para dicha estación extra se necesita un operario extra, es decir, un trabajador que ocupe dicha estación, por lo tanto, existen dos alternativas para cubrir con este puesto, las mismas se muestran a continuación:

1. Cubrir la demanda con horas extras

Al tener un solo trabajador en este proceso, resulta necesario destinar otra persona en la segunda estación de trabajo para cubrir con la demanda, en este caso, la primera opción sería que el mismo trabajador labore en la segunda estación, pero en la segunda jornada laboral, lo que implicaría destinar horas extras del trabajador, sin embargo, es necesario calcular el número de horas extras que necesitaría para cumplir con las 50 unidades del conformado de tapas.

- **Número de horas extras**

Para calcular este número de horas, se utilizó la ecuación de la capacidad de producción, se calcula este dato con el tiempo total de la segunda estación del conformado de tapas (2.67 min/u), el requerimiento de unidades por día (50 u) y el tiempo disponible por hora (51.9 min/u), de este modo se tiene lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{TS} * \text{Tiempo disponible}$$

$$\text{Tiempo disponible} = TS * C_p$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.67 \text{ min/u} * 50 \text{ u/jornada}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 133.5 \text{ min/jornada} * \frac{1 \text{ h}}{51.9 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.6 \cong 3 \text{ h/jornada}$$

De acuerdo al cálculo anterior, se podría cubrir la demanda con 3 horas extras, no obstante, el destinar horas extras a un mismo trabajador implica costos, por lo tanto, a continuación, se calcula el mismo para destinar el número de horas extras calculadas.

Tabla 91. Costo por horas extras.

Descripción	Valores
Sueldo mensual	\$ 450
Días de trabajo mensual	30 días
Horas por jornada	8 horas
Valor de hora de trabajo	$\frac{\$450}{30 \text{ dias} * 8\text{h/día}} = 1.88 \text{ \$/h}$
Valor de hora extra (50%)	$1.88 \text{ \$/h} * 1.5 = 2.82\text{\$/h}$
Horas extras laboradas	3 horas
Costo de horas extras	$3\text{h} * 2.82 \text{ \$/h} = 8.46 \text{ \$}$

El costo por tres horas extras, resulta en un valor total de 8.46 dólares por día.

2. Cubrir la demanda con otro trabajador

Para esta alternativa, es importante analizar los demás procesos productivos, específicamente, la primera estación del conformado de bandas, donde se observa que la capacidad de producción es de 89.79 unidades en una jornada de 8 horas (Tabla 81), es decir, puede producir más de lo requerido, en este caso, más de las 50 bandas de cierre. Desde este punto de vista, lo que sería necesario conocer realmente es, cuánto tiempo de su jornada laboral de 8 horas debería destinarse en el conformado de las 50 bandas de cierre y cuánto tiempo disponible o extra le quedaría para realizar otras labores, en este caso que cubra las actividades de la estación 1 o 2 para el conformado de tapas.

Por lo tanto, se calculó dicho tiempo necesario para el conformado de bandas empleando la fórmula de la capacidad de producción. Como se muestra en Tabla 81, el tiempo estándar para la fabricación de una unidad en la primera estación es de 5 minutos, el tiempo disponible es de 8 horas, el tiempo real por hora considerando los tiempos de setup es de 56.1 minutos (Tabla 80) y el requerimiento es de 50 bandas, entonces se tiene lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{TS} * \textit{Tiempo disponible}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = TS * C_p$$

$$\textit{Tiempo disponible} = 5 \textit{ min/u} * 50 \textit{ u/jornada}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = 250 \textit{ min/jornada} * \frac{1h}{56.1 \textit{ min}}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = 4.6 \cong 5 \textit{ h/jornada}$$

Como se observa, para conformar las bandas en la primera estación se necesita un tiempo de 5 horas por jornada, es decir, tiene un tiempo disponible de 3 horas para ejecutar otras actividades. Esto se comprueba de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1}{5 \textit{ min/u}} * \frac{56.1 \textit{ min}}{1h} * 5h/jornada$$

$$C_p = 56.1 \textit{ u/jornada}$$

De esta manera, la nueva capacidad de producción para el conformado de bandas, destinándole 5 horas de trabajo en la estación 1, quedaría de la siguiente forma:

Tabla 92. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de bandas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
CONFORMADO						
Señala plancha de metal	0.26	Estación 1	1	11.22	56.12	280.58
Corte rectangular en cizalla	0.19					
Despunte de los cortes rectangulares	0.78					
Transporta hasta plegadora hidráulica	0.47					
Doblado de bandas	0.38					
Transporta hasta conformadora de bandas	0.42					
Conformado de bandas	1.51					
Transporta hasta celda de soldadura	0.99					
Tiempo estándar por estación	5.00					
Posicionado de bocines con puntos de soldadura en bandas	0.76	Estación 2	1	22.99	68.98	344.88
Rematado de bocines en bandas	1.18					
Transporta hasta cabina de granallado	0.50					
Tiempo estándar por estación	2.44					
Tiempo estándar total	7.44			11.22	56.12	280.58

De esta forma, con el tiempo disponible calculado para la estación 1 del conformado de bandas se cubre los requerimientos de producción.

Cálculo de la capacidad de conformado de tapas con el tiempo disponible de bandas de cierre

Al tener el operario de la primera estación del conformado de bandas con una disponibilidad de tres horas, este será asignado a una de las dos estaciones del conformado de tapas, en este caso, al contar con tres horas disponibles del operario de bandas, resulta factible asignarle a la estación de trabajo con el menor tiempo estándar, este sería el caso de la estación 2 del conformado de tapas que cuenta con un tiempo estándar por estación de 2,67 min/u. Entonces calculando la nueva capacidad de para dicha estación, se obtendría lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{2.67 \text{ min/u}} * \frac{51.9 \text{ min}}{1 \text{ h}} * 3 \text{ h/jornada}$$

$$C_p = 58.40 \text{ u/jornada}$$

Este resultado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 93. Capacidad de producción con la propuesta de mejora para la fabricación de tapas (Asignación de operario para la estación 2).

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
CONFORMADO						
Corte cuadrangular en cizalla	1.00	Estación 1	1.0	13.3	53.2	266.2
Trasporta hasta cizalla circular	0.71					
Corte circular del metal	1.54					
Embutido de tapas	0.64					
Tiempo estándar por estación	3.90					
Perfora las tapas en prensa hidráulica	0.55	Estación 2	1.0	19.5	58.4	292
Señala las tapas para soldar platina de tierra	0.48					
Suelda platina de tierra a la tapa	0.66					
Transporta hasta cabina de granallado	0.98					
Tiempo estándar por estación	2.67					
Tiempo estándar total	6.56			13.3	53.2	266.2

De la tabla anterior, se puede concluir que la capacidad determinada por el cuello de botella sigue siendo la misma que la Tabla 90, sin embargo, en este caso se está cubriendo el segundo puesto o estación de trabajo con otro operador.

- De acuerdo al análisis de las dos alternativas para el conformado de tapas, la segunda alternativa es la más factible a considerar, puesto que, al trabajar un operario diferente en cada estación, se evita la necesidad de pagar el costo de horas extras, además, se cubriría la demanda requerida en un mismo turno de trabajo, considerando estas ventajas, la segunda alternativa resulta viable, sin embargo, si se considera implementar esta alternativa se debe realizar un seguimiento adecuado para asegurar la efectividad de la misma.

Cálculo del tiempo requerido para la pintura de tapas

Como se mencionó anteriormente, al no poder atacar la restricción del proceso en la que interviene la operación de horneado o curado de tapas, resulta factible calcular el tiempo requerido para cumplir con la demanda de las 50 unidades. Para ello, se hizo uso de la ecuación de la capacidad de producción. De acuerdo a la Tabla 79, el tiempo estándar para el horneado por unidad es de 2.64 min/u, este tiempo es el que limita la capacidad de producción, por lo tanto, se debe considerar este tiempo para el cálculo del tiempo requerido;

el requerimiento es de 50 tapas pintadas y el tiempo real considerado por hora con tiempos de setup es de 51.9 minutos (Tabla 77), con ello, se tiene lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{TS} * \text{Tiempo disponible}$$

$$\text{Tiempo disponible} = TS * C_p$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.64 \text{ min/u} * 50 \text{ u/jornada}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 132 \text{ min/jornada} * \frac{1 \text{ h}}{51.9 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.5 \cong 3 \text{ h/jornada}$$

Como se observa, inicialmente se destinaba 1.4 horas para esta sección (Tabla 75), sin embargo, no cumplía con la demanda requerida, para alcanzar con dicha demanda en pintura de tapas, es necesario destinarle 1.6 horas extras, en total 3 horas por jornada, la cual puede ser cubierta con la segunda jornada laboral, con ello, se puede cumplir con los requerimientos de producción. Esto se comprueba de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1}{2.64 \text{ min/u}} * \frac{51.9 \text{ min}}{1 \text{ h}} * 3 \text{ h/jornada}$$

$$C_p = 59 \text{ u/jornada}$$

De esta manera, la nueva capacidad de producción para la pintura de tapas, destinándole 3 horas de trabajo en la estación 4, quedaría de la siguiente forma:

Tabla 94. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de tapas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
PINTURA						
Granallado en cabina	0.61	Estación 2	1.0	73.1	219.2	1096.1
Saca de cabina de granallado	0.10					
Tiempo estándar por estación	0.71					
Lijado de tapas	0.16	Estación 3	1.0	40.2	120.5	602.4
Coloca ganchos en tapas	0.11					
Pintura	1.02					
Tiempo estándar por estación	1.29					
Lleva tapas al horno	0.29	Estación 4	1.0	19.6	58.9	294.5
Curado en horno	2.00					
Transporta hasta piezas pintadas	0.35					
Tiempo estándar por estación	2.64					
Tiempo estándar total	4.64			19.6	58.9	294.5

Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de tapas

A través del balanceo de líneas propuesto en el conformado de tapas y del cálculo del tiempo requerido para la pintura de tapas, se resume la siguiente información en la Tabla 95, donde se muestran los resultados obtenidos de la capacidad de producción actual y del propuesto.

Tabla 95. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para tapas.

Fabricación de tapas				
	ACTUAL		PROPUESTO	
Proceso	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)
Conformado	7.9	31.6	13.3	53.2
Pintura	19.6	27.5	19.6	58.9

Como se muestra en la tabla anterior, la capacidad de producción en el conformado aumentó una cantidad de 21.6 unidades, en porcentaje resulta un aumento del 40.60 %, en cuanto a pintura se observa un aumento 31.4 unidades (53.3%) y como se observa en la Figura 29, tanto el conformado como la pintura de tapas logra cumplir con la cantidad requerida de producción.

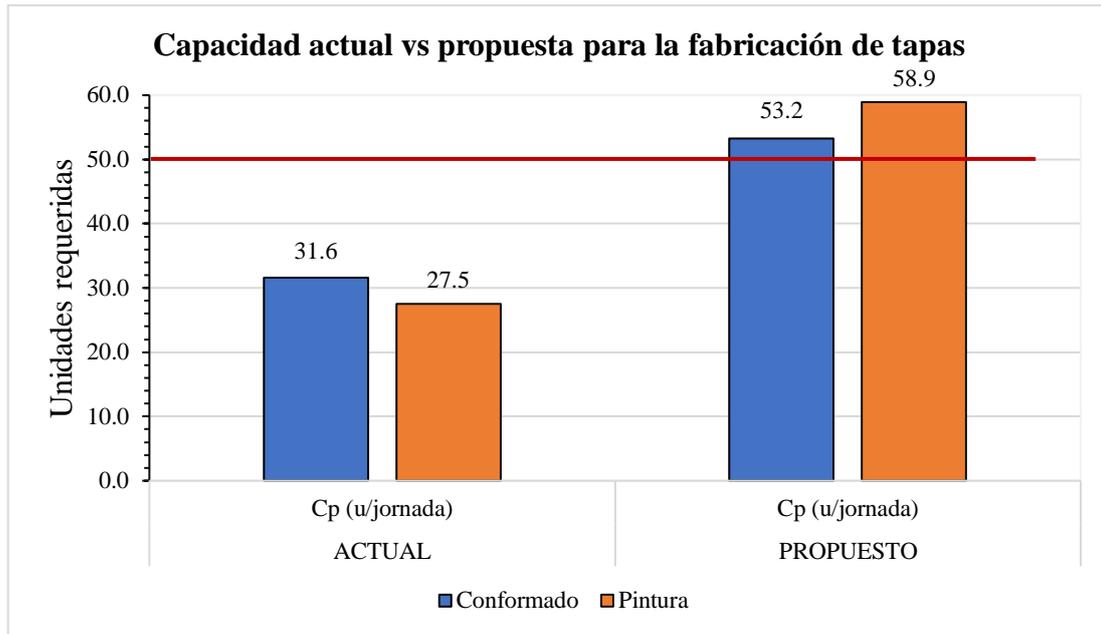


Figura 29. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de tapas.

Cálculo del tiempo requerido para la pintura de bandas

De acuerdo a la Tabla 81, el tiempo estándar para el horneado por unidad es de 2.75 min/u, este tiempo es el que limita la capacidad de producción, por lo tanto, se debe considerar este tiempo para el cálculo del tiempo requerido; el requerimiento es de 50 bandas pintadas y el tiempo real considerado por hora con tiempos de setup es de 56.1 minutos (Tabla 80), con ello, se tiene lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{TS} * \text{Tiempo disponible}$$

$$\text{Tiempo disponible} = TS * C_p$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.75 \text{ min/u} * 50 \text{ u/jornada}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 137.5 \text{ min/jornada} * \frac{1 \text{ h}}{56.1 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 2.45 \cong 2.5 \text{ h/jornada}$$

Como se observa, inicialmente se destinaba 1.5 horas para este proceso (Tabla 75), sin embargo, no cumplía con la demanda requerida, para alcanzar con dicha demanda en pintura de bandas, es necesario destinarle 1 hora extra, en total 2.5 horas por jornada, de igual forma

puede ser cubierta con la segunda jornada laboral, con ello, se puede cumplir con los requerimientos de producción. Esto se comprueba de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1}{2.75 \text{ min/u}} * \frac{56.1 \text{ min}}{1 \text{ h}} * 2.5 \text{ h/jornada}$$

$$C_p = 51 \text{ u/jornada}$$

De esta manera, la nueva capacidad de producción para la pintura de bandas, destinándole 2.5 horas de trabajo en la estación 5, quedaría de la siguiente forma:

Tabla 96. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de bandas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
PINTURA						
Granallado en cabina	0.67	Estación 3	1	47.27	118.17	590.86
Transporta hasta cabina de pintura	0.52					
Tiempo estándar por estación	1.19					
Coloca ganchos en bandas	0.18	Estación 4	1	66.86	167.14	835.69
Pintura	0.66					
Tiempo estándar por estación	0.84					
Lleva hasta el horno	0.35	Estación 5	1	20.41	51.02	255.08
Curado en horno	2.00					
Transporta hasta piezas pintadas	0.40					
Tiempo estándar por estación	2.75					
Tiempo estándar total	4.77			20.41	51.02	255.08

Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de bandas

A través del balanceo de líneas propuesto en el conformado de tapas, en que se equilibró el tiempo para su segunda estación, se obtuvo una disminución de unidades en el conformado de bandas, ya que, se calculó el tiempo requerido para cumplir justo con la demanda requerida, en cuanto, al cálculo del tiempo requerido para la pintura de bandas, se resume la siguiente información en la Tabla 97, donde se muestran los resultados obtenidos de la capacidad de producción actual y del propuesto.

Tabla 97. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para bandas.

Fabricación de bandas de cierre				
	ACTUAL		PROPUESTO	
Proceso	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)
Conformado	11.22	68.98	11.22	56.12
Pintura	20.41	30.61	20.41	51.02

Como se muestra en la tabla anterior, la capacidad de producción en el conformado se niveló únicamente a la demanda de bandas requeridas, en cuanto a pintura se observa un aumento 20.41 unidades esto representa un 40% de incremento y como se observa en la Figura 30, tanto el conformado como la pintura de bandas de cierre logra cumplir con la cantidad requerida de producción.

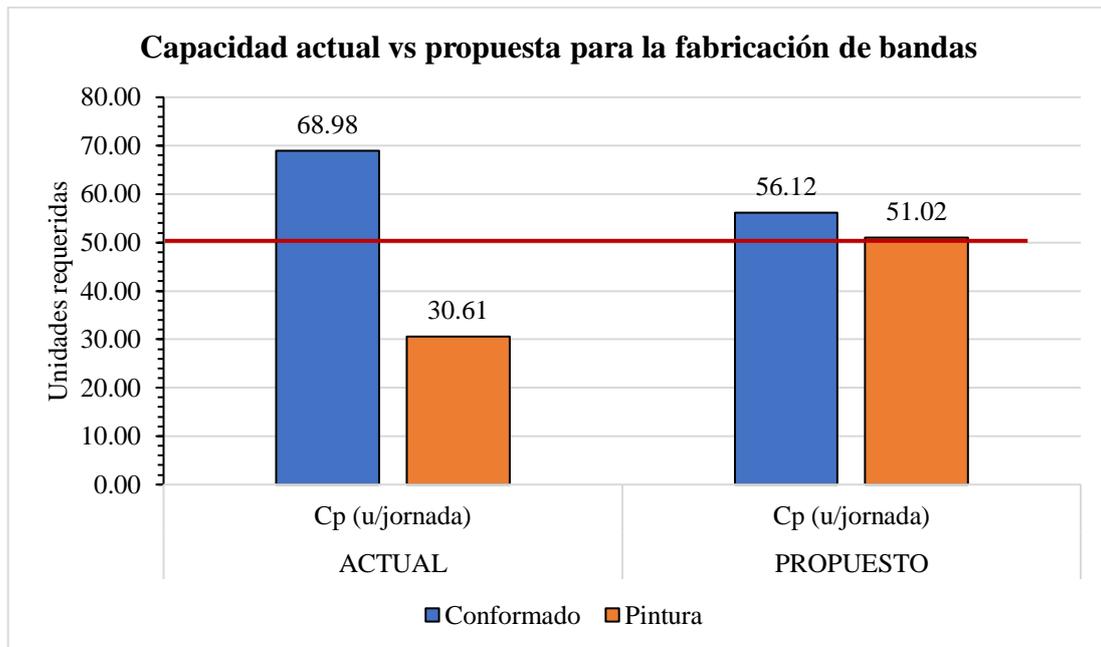


Figura 30. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de bandas.

Mejora del sistema de balanceo de líneas para la fabricación de cubas

En este caso, de igual manera se busca equilibrar la carga de trabajo entre las estaciones de trabajo del conformado de cubas, por lo tanto, se ha considerado la reasignación de actividades u operaciones entre cada estación, con el objetivo de reducir el cuello de botella que limita la capacidad de producción.

Para este proceso de acuerdo al cursograma analítico de la Tabla 38, se han analizado e identificado actividades innecesarias que realiza el trabajador tanto el conformado como en la pintura de la cuba, por lo tanto, se ha considerado eliminar dichas actividades, sin embargo, en el caso de ciertas actividades, no fue factible suprimirlas o combinarlas, ya que, la mayoría de actividades que llevan a cabo los trabajadores son esenciales y necesarios para el desarrollo del proceso productivo.

Las actividades que se han considerado ser suprimidas se describen en la Tabla 98, además, se incluye la respectiva justificación de porqué se propone su eliminación.

Tabla 98. Actividades innecesarias en el proceso de la fabricación de cubas.

Actividad	Tiempo	Distancia	Observación
CONFORMADO			
Busca los soportes para poste	0.58	27	El área de metal mecánica cuenta con una persona encargada que tiene como función, abastecer a los puestos de trabajo con los accesorios correspondientes para el proceso.
Arregla doblez de soportes para poste	0.09	-	Actividad innecesaria, los soportes para poste deberían ser correctamente prensados para evitar esta actividad.
PINTURA			
Repintado	0.64	-	Actividad que no requiere ser realizada, puesto que, en el pintado el trabajador se debe asegurar de un adecuado y único pintado.
Pinta con pincel fallas	0.34	-	Muchas de las veces estas fallas son ocasionadas por un mal manejo de las cubas al momento de ser descargadas del pallet luego del horno.
Pulido interno de orificios perforados	0.29	-	Actividad que ya se realiza anteriormente en el "granallado manual".

Con estas actividades suprimidas, se propone el siguiente cursograma analítico:

Tabla 99. Cursograma analítico propuesto para cuba.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 07				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
03/06/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: ()	Área	Metalmeccánica			
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: (X)					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Cuba						
100%	Material ()		Operario (X)	Equipo ()					
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
Nº	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
CONFORMADO									
1	Prepara máquina cizalla hidráulica	1		1.05					
2	Corte rectangular en cizalla	1		2.79					
3	Transporta hasta plegadora NIAGARA	1	25.70	1.23					
4	Coloca matriz para embutido de logo en plegadora	1		2.7					
5	Embutido del metal	1		0.39					
6	Transporta a baroladora	1	7.70	0.28					
7	Almacenamiento	-	-	-					
8	Preparación de baroladora	1		2.18					
9	Barolado	1		0.91					
10	Puntos de soldadura para cordón principal	1		1.27					
11	Soldadura del cordón principal	1		1.87					
12	Pulido del cordón principal	1		2.13					
13	Preparación de acanaladora	1		3.05					
14	Acanalado	1		1.77					
15	Preparación de formadora de base	1		2.03					
16	Formado de base	1		1.62					
17	Posicionado de base	1		1.51					
18	Rematado de base	1		3.02					
19	Almacenamiento	-	-	-					
20	Preparación de 4 estaciones	1		8.00					
21	Perforado en 4 estaciones	1		1.07					
22	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	1		0.31					
23	Señalado interno de tanques	1		0.28					
24	Señalado externo de tanque	1		0.44					
25	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	1		2.14					
26	Coloca tuercas dentro del tanque	1		0.79					
27	Coloca rodela en base	1		0.45					
28	Coloca soportes de izado	1		0.68					
29	Rematado de accesorios	1		5.1					
30	Pulido de soportes de poste	1		1.40					
31	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	1	18	0.28					
32	Almacenamiento	-	-	-					
PINTURA									
33	Preparación de cabina	1		19.51					
34	Granallado en cabina	1		2.99					
35	Saca de cabina de granallado	1	4.8	0.35					
36	Granallado manual	1		9.42					

Tabla 99. Cursograma analítico propuesto para cuba. (Continuación)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
CURSOGRAMA ANALÍTICO					Diagrama: 07				
Fecha de elaboración:	Orden	Especificación		MÉTODO	Hoja: 01 de 01				
03/06/2023	N/A	25 kVA							
Observador	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Actual: ()	Área Metalmecánica				
Daniel Velastegui	-	-	-	Propuesto: (X)					
Observación del Ritmo de trabajo (%):	Material: Acero		Parte: Cuba						
100%	Material ()	Operario (X)	Equipo ()						
Realizado por: Daniel Velastegui			Revisado por: Ing. Christian Ortiz						
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	VARIABLES A MEDIR			Simbología				
		Cant.	Distancia (m)	Tiempo (min)					
37	Lleva hasta la cabina de pintura	1	2	0.20					
38	Pintura	1		3.51					
39	Lleva hasta el horno	1	2	0.20					
40	Calentamiento del horno	1		40					
41	Curado en horno	1		20					
42	Transporta hasta acabados	1	6.3	0.28					
43	Lima bordes superiores y lija	1		0.44					
44	Quita pintura de rosca	1		0.63					
45	Pinta "nivel de aceite"	1		0.37					
46	Escribe número de la orden en porta placa	1		0.17					
47	Mide espesor de pintura	1		0.96					
48	Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	1		0.80					
49	Transporta hasta piezas pintadas	1	8.30	0.75					
50	Almacenamiento	-	-	-					
RESUMEN									
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES					
Operación		37	146.79	El horno debe alcanzar una temperatura de 180 °C.					
Transporte		8	3.60	75.3					
Inspección		1	0.96						
Demora		0	0						
Almacenaje		4	0						
TOTAL	50	151.35	75.3						

Con este cursograma analítico propuesto se logra reducir de tiempo de producción, anteriormente el tiempo total actual era de 153.29 minutos, mientras que, el tiempo total propuesto resulta en un tiempo de 151.35 minutos, en términos porcentuales se reduce un 1.27 %. En cuanto a la distancia recorrida, también disminuye considerablemente, antes se contaba con un recorrido total de 102.3 metros, mientras que, con la propuesta se reduce a 75.3 metros.

Balanceo de líneas propuesto para el conformado de cubas

De acuerdo al análisis de la Tabla 83, en la que se identificó que el cuello de botella se encuentra en la estación 5, la misma que limita la capacidad de producción a 41.55 unidades, debido a que, el tiempo estándar total de la estación sobrepasa el tiempo de ciclo calculado, por tal motivo, algunas de las actividades que se realizan en dicha estación serán reasignadas para posteriormente calcular el porcentaje del balance y conocer la mejora de la propuesta.

Para el desarrollo del balanceo de líneas se llevó a cabo los siguientes pasos:

1. Diagrama de precedencia

Para esta propuesta, se considera las actividades que agregan valor, es decir, sin las actividades innecesarias que se realizaban anteriormente, a partir de ello, se muestra en la Figura 31, el diagrama de precedencia propuesto.

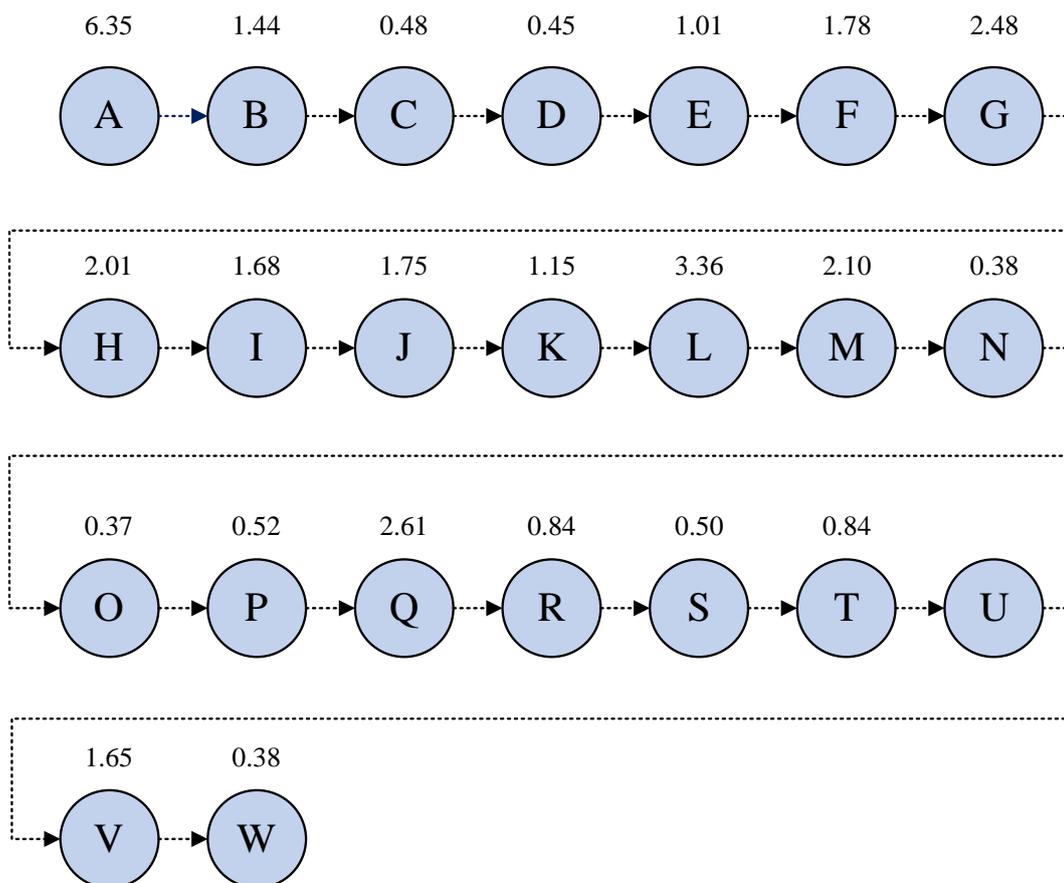


Figura 31. Diagrama de precedencia propuesto para el conformado de cubas.

En la Tabla 100, se muestra la información necesaria para analizar la eficiencia del balanceo de líneas propuesto.

Tabla 100. Matriz de datos propuesto para la fabricación de cubas.

Tarea	Actividad	T. E (min/u)	Tarea precedente
A	Corte rectangular en cizalla	6.35	-
B	Transporta hasta plegadora NIAGARA	1.44	A
C	Embutido del metal	0.48	B
D	Transporta a baroladora	0.45	C
E	Barolado	1.01	D
F	Puntos de soldadura para cordón principal	1.78	E
G	Soldadura del cordón principal	2.48	F
H	Pulido del cordón principal	2.01	G
I	Acanalado	1.68	H
J	Formado de base	1.75	I
K	Posicionado de base	1.15	J
L	Rematado de base	3.36	K
M	Perforado en 4 estaciones	2.10	L
N	Soldadura de refuerzos en soportes para poste	0.38	M
O	Señalado interno de tanques	0.37	N
P	Señalado externo de tanque	0.52	O
Q	Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	2.61	P
R	Coloca tuercas dentro del tanque	0.84	Q
S	Coloca rodela en base	0.50	R
T	Coloca soportes de izado	0.84	S
U	Rematado de accesorios	6.26	T
V	Pulido de soportes de poste	1.65	U
W	Transporta hasta cabina de granallado por bandas	0.38	V
Total		32.78	

Con los datos descritos anteriormente, se calcula el tiempo de ciclo para asignar las actividades a cada estación de trabajo, para ello, tenemos lo siguiente:

$$TC = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Producción requerida por día}}$$

$$TC = \frac{54.4 \text{ min/h} * 8h}{50 u}$$

$$TC = 8.7 \text{ min/u}$$

El tiempo que se deberá asignar a cada estación de trabajo es de 8.7 min/u, posteriormente, se calcula el número teórico de estaciones para el conformado de cubas, por tanto, se utiliza la Ecuación 11:

$$N = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Tiempodeciclo}(TC)}$$

$$N = \frac{32.78 \text{ min/u}}{8.7 \text{ min/u}}$$

$$N = 3.77 \approx 4 \text{ estaciones}$$

Con este número de estaciones calculadas, serán asignadas las actividades de la Tabla 100, de acuerdo a la regla de distribución heurística, la cual establece que se debe dar prioridad a las estaciones con mayor cantidad de acciones, sin embargo, en el caso del diagrama de Figura 31, se debe seguir el orden normal de las actividades para el proceso de producción.

Reasignación de actividades propuesto para el conformado de cubas

Las actividades que se han considerado para su respectiva reasignación son las siguientes:

- Coloca tuercas dentro del tanque
- Coloca rodela en base
- Coloca soportes de izado

Estas tres actividades, pueden ser realizadas en la estación 4, porque en la actividad “Posicionado de accesorios”, se coloca con un punto de suelda los siguientes accesorios: tuercas externas, soportes para poste y porta placa, por lo tanto, al reasignar las actividades descritas, se puede lograr equiparar la carga de trabajo y disminuir el cuello de botella de la estación 5, ya que, la misma se dedicará únicamente al rematado de accesorios y pulido de los soportes para poste.

Desde este punto de vista, se propone la siguiente distribución de actividades en cada estación para el conformado de cubas, en base al tiempo de ciclo calculado, la misma se presenta en Tabla 101.

Tabla 101. Distribución de actividades propuesta para el conformado de cubas.

Tarea	Estación	Tiempo estándar	Tiempo restante
A	1	6.35	2.36
B, C, D	2	2.36	6.34
E, F, G, H, I, J, K, L	3	7.61	1.09
M, N, O, P, Q, R, S, T	4	8.17	0.53
U, V, W	5	8.29	0.42
TOTAL			10.74

Como se muestra en la tabla anterior, se sigue manteniendo la misma cantidad de estaciones, ya que, un punto importante a considerar, es que la estación 2 no es totalmente fija dentro de la sección del conformado de cubas, puesto que, la misma depende del requerimiento del cliente, es decir, no todos los transformadores requieren del embutido del logo realizado en la estación 2, por esta razón, dicha estación se sigue manteniendo, lo que produce que el tiempo restante de la Tabla 101, sea de 10.74 min.

Diagrama de precedencia propuesto con reasignación de actividades

En la Figura 32, se encuentra representada el diagrama de precedencia propuesto de las actividades, con su respectivo tiempo estándar y distribución en cada estación de trabajo.

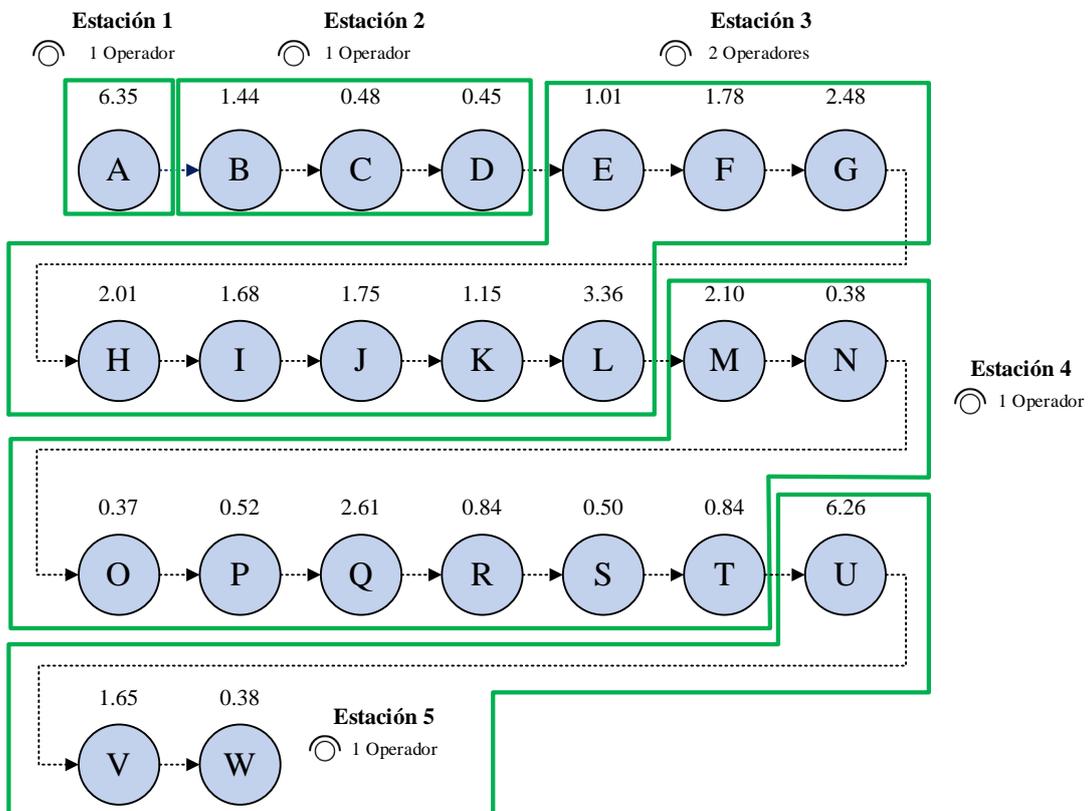


Figura 32. Diagrama de precedencia propuesto con reasignación de actividades.

Con esta nueva distribución de actividades, el siguiente paso es el cálculo de la nueva capacidad del conformado de cubas con la propuesta de mejor, para ello, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 102. Capacidad de producción propuesto para el conformado de cubas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
Corte rectangular en cizalla	3.17	Estación 1	1	8.57	68.57	342.86
Tiempo estándar por estación	6.32					
Trasporta hasta plegadora NIAGARA	1.44	Estación 2	1	23.03	184.27	921.34
Embutido del metal	0.48					
Transporta a baroladora	0.45					
Tiempo estándar por estación	2.36					
Barolado	1.01	Estación 3	1	14.29	114.34	571.71
Puntos de soldadura para cordón principal	1.78					
Soldadura del cordón principal	2.48					
Pulido del cordón principal	2.01					
Acanalado	1.68		1			
Formado de base	1.75					
Posicionado de base	1.15					
Rematado de base	3.36					
Tiempo estándar por estación	7.61					
Perforado en 4 estaciones	2.10	Estación 4	1	6.66	53.25	266.26
Soldadura de refuerzos en soportes para poste	0.38					
Señalado interno de tanques	0.37					
Señalado externo de tanque	0.52					
Posicionado de accesorios (tuercas externas, soporte para poste, porta placa)	2.61					
Coloca tuercas dentro del tanque	0.84					
Coloca rodela en base	0.50					
Coloca soportes de izado	0.84					
Tiempo estándar por estación	8.17					
Rematado de accesorios	6.26	Estación 5	1	6.56	52.51	262.54
Pulido de soportes de poste	1.65					
Transporta hasta cabina de granallado por bandas	0.38					
Tiempo estándar por estación	8.29					
Tiempo estándar total	32.78			6.56	52.51	262.54

Con la nueva redistribución de actividades, se evidencia que la capacidad de producción ha incrementado, debido a que se redujo el cuello de botella de la estación 5.

Tiempo estándar vs Tiempo de ciclo (Método propuesto)

Con la redistribución de actividades, se realizó un nuevo análisis comparativo con los tiempos estándar total por estación, de la tabla anterior, se resume la siguiente información en Tabla 103.

Tabla 103. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo propuesta para cuba.

Tiempos estándar por estación de trabajo			
Estaciones	Tiempo total por estación (min/u)	# Trabajadores	Tiempo de ciclo (min/u)
Estación 1	6.35	1	8.70
Estación 2	2.36	1	8.70
Estación 3	7.61	2	8.70
Estación 4	8.17	1	8.70
Estación 5	8.29	1	8.70
Tiempo total	32.78		

De forma gráfica, se tiene lo siguiente:

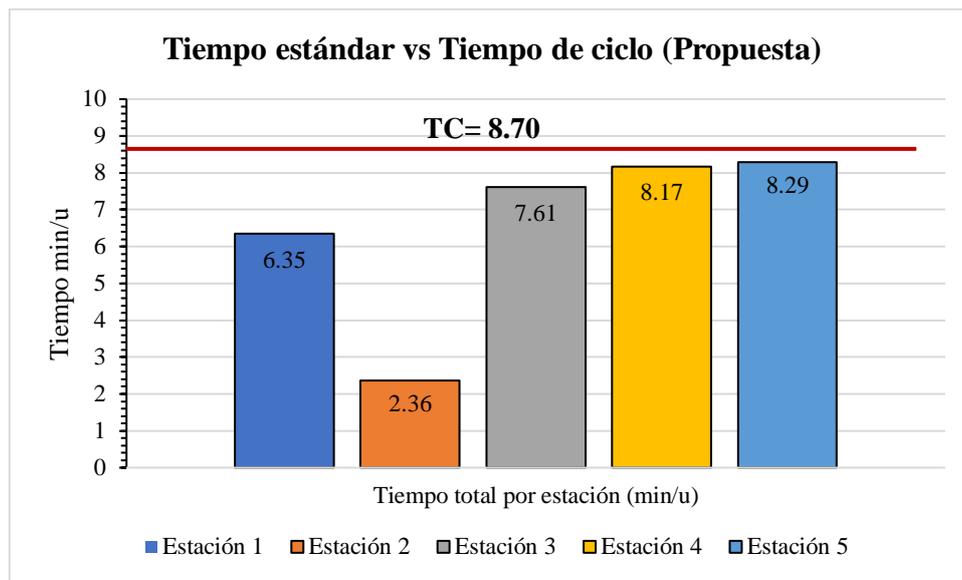


Figura 33. Tiempo estándar por estación vs Tiempo de ciclo propuesto para cuba.

Como se observa en la Figura 33, el tiempo estándar de la estación 5 anteriormente sobrepasaba el tiempo de ciclo, sin embargo, con la propuesta se disminuye dicho tiempo ajustándose al tiempo de ciclo. Posteriormente, se procede a calcular el porcentaje del balance, los valores a considerar, son los siguientes; el tiempo total para obtener la primera unidad es de 32.78 min/u y el tiempo total por día definido por el cuello de botella es de 8.29 min/u de la estación 5, estos valores fueron obtenidos de la Tabla 102.

$$\% \text{ Balance} = \frac{\text{Minuto total de operario}}{\text{Tiempo de minutos por día} * Nt} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = \frac{32.78 \text{ min/u}}{8.29 \text{ min/u} * 5} * 100$$

$$\% \text{ Balance} = 79.10 \%$$

Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado de cubas

A través del balanceo de líneas propuesto en el conformado de cubas, se resume la siguiente información en la Tabla 104, donde se muestran los resultados obtenidos de la capacidad de producción actual y del propuesto.

Tabla 104. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para conformado de cubas.

Conformado de cubas				
	ACTUAL		PROPUESTO	
Proceso	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)
Conformado	5.19	41.55	6.56	52.51
% Balance	64.35 %		79.10 %	

Como se muestra en la tabla anterior, la capacidad de producción ha aumentado a una cantidad de 52.51 unidades, en términos porcentuales resulta un aumento del 20.87 %, en cuanto al porcentaje de balance se obtuvo una mejora del 14.75 %, lo cual representa una mejora significativa y como se observa en la Figura 34, el conformado de cubas logra cumplir con la cantidad requerida de producción.

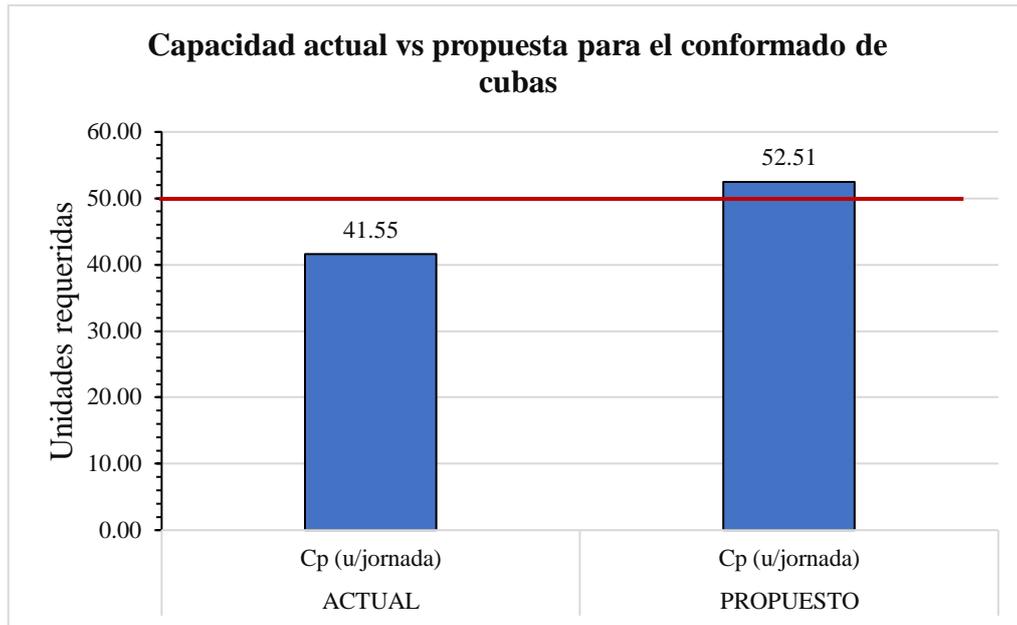


Figura 34. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en el conformado de cubas.

Cálculo del tiempo requerido para la pintura de cubas

En este caso, la restricción del proceso se presenta en la estación 7, tal como se muestran en la Tabla 83, dentro de la estación mencionada se encuentra la actividad “ Granallado manual”, la cual consiste en quitar toda la chispa de soldadura de las actividades anteriores, al ser una actividad manual la cual requiere de un tiempo representativo, resulta difícil atacar dicho tiempo, porque de esta actividad depende la calidad de pintado del producto final, por tal motivo, lo ideal sería calcular el tiempo necesario que se le debe dedicar a esta operación, puesto que, para esta estación se cuenta con un turno en la tarde, en la que también laboran dos personas.

El tiempo estándar para el esta actividad por unidad es de 6.05 min/u, este es el tiempo promedio que limita la capacidad de producción, por lo tanto, se debe considerar este tiempo para el cálculo del tiempo requerido; el requerimiento es de 50 cubas pintadas y el tiempo real considerado por hora con tiempos de setup es de 54.4 minutos (Tabla 80), con ello, se tiene lo siguiente:

$$C_p = \frac{1}{TS} * \text{Tiempo disponible}$$

$$\text{Tiempo disponible} = TS * C_p$$

$$\text{Tiempo disponible} = 6.05 \text{ min/u} * 50 \text{ u/jornada}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 302.5 \text{ min/jornada} * \frac{1 \text{ h}}{54.4 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 5.6 \cong 6 \text{ h/jornada}$$

Como se observa, inicialmente se destinaba 4 horas para este proceso (Tabla 75), sin embargo, no cumplía con la demanda requerida, para alcanzar con dicha demanda en pintura de cubas, es necesario destinarle 2 horas extras, en total 6 horas por jornada, de igual forma puede ser cubierta con la segunda jornada laboral, con ello, se puede cumplir con los requerimientos de producción. Esto se comprueba de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1}{6.05 \text{ min/u}} * \frac{54.4 \text{ min}}{1 \text{ h}} * 6 \text{ h/jornada}$$

$$C_p = 54 \text{ u/jornada}$$

De esta manera, la nueva capacidad de producción para la pintura de cubas, destinándole el número de horas calculadas quedaría de la siguiente manera:

Tabla 105. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de cubas.

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
PINTURA						
Granallado en cabina	4.32	Estación 6	1	11.36	68.18	340.91
Saca de cabina de granallado	0.47					
Tiempo estándar por estación	4.79					
Granallado manual	11.84	Estación 7	2	9.00	54.00	269.98
Lleva hasta la cabina de pintura	0.25					
Tiempo estándar por estación	6.05					
Pintura	4.46	Estación 8	1	12.18	73.10	365.52
Tiempo estándar por estación	4.46					
Lleva hasta el horno	0.35	Estación 9	1	14.77	88.62	443.08
Curado en horno	3.33					
Tiempo estándar por estación	3.68					

Tabla 105. Capacidad de producción con el tiempo disponible requerido para la pintura de cubas.
(Continuación)

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	C.P por jornada	C.P por semana
Transporta hasta acabados	0.35	Estación 10	2	18.19	109.12	545.59
Lima bordes superiores y lija	0.99					
Quita pintura de rosca	0.67					
Pinta "nivel de aceite"	0.44					
Escribe número de la orden en porta placa	0.23					
Mide espesor de pintura	1.11					
Limpia y coloca etiqueta "Pintura OK"	1.13					
Transporta hasta piezas pintadas	1.07					
Tiempo estándar por estación	2.99					
Tiempo estándar total	17.51			9.00	54.00	269.98

Análisis de la capacidad actual vs propuesto en el conformado y pintura de cubas

A través del balanceo de líneas propuesto en el conformado de cubas, se equilibró las cargas de trabajo reasignando las actividades en las estaciones de trabajo, por lo que, se pudo reducir el tiempo del cuello de botella de la estación, en consecuencia, se obtuvo un incremento de la capacidad de producción, lo mismo se logró con el cálculo del tiempo requerido para la pintura de cubas. Los resultados obtenidos en el conformado y pintado de cubas resume en la Tabla 106, donde, se muestran los resultados obtenidos de la capacidad de producción actual y del propuesto.

Tabla 106. Resumen de la capacidad actual vs propuesta para cubas.

Fabricación de cubas				
Proceso	ACTUAL		PROPUESTO	
	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)
Conformado	5.19	41.55	6.56	52.51
Pintura	9.00	36.00	9.00	54.00

Como se muestra en la tabla anterior, la capacidad de producción en el conformado se alcanzó a cumplir con la demanda de cubas requeridas, ya que, se observa un aumento de 10.96 unidades (20.87 %), en cuanto a pintura se observa un aumento 18 unidades esto representa un 33.33 % de incremento y como se observa en la Figura 35, tanto el conformado como la pintura de cubas logra cumplir con la cantidad requerida de producción.

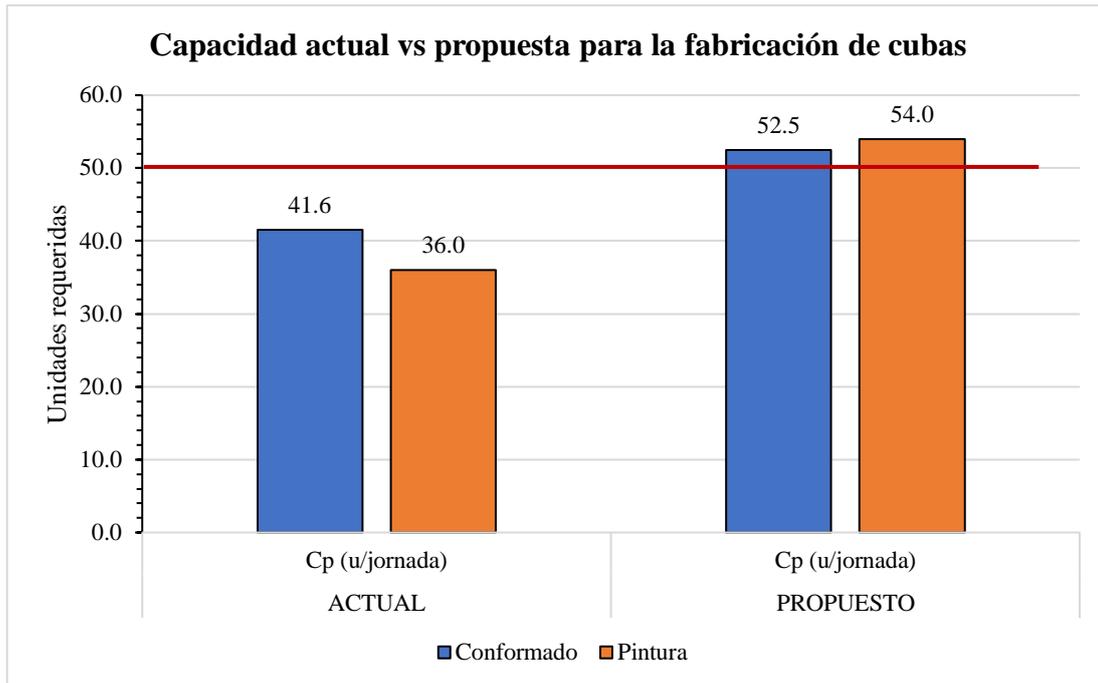


Figura 35. Comparación entre la capacidad actual y propuesta en la fabricación de cubas.

Finalmente, en la Tabla 107, se muestra un resumen de las capacidades de producción con las propuestas de mejora, para las cubas, tapas y bandas de cierre.

Tabla 107. Resumen del cálculo de capacidades propuestas por cada proceso.

Proceso	Secciones	Capacidad por hora (u/h)	Capacidad por jornada (u/jornada)	Capacidad por semana (u/semana)
Tapas	Conformado	13.3	53.2	266.2
	Pintura	19.6	58.9	294.5
Bandas de cierre	Conformado	11.22	56.12	280.58
	Pintura	20.41	51.02	255.08
Cubas	Conformado	6.56	52.51	262.54
	Pintura	9.00	54.00	269.98

Como se muestra en la tabla previa, se han abordado los procesos que presentaban problemas en el conformado mediante el balanceo de líneas, en donde, al nivelar la carga de trabajo por estación se ha logrado reducir los cuellos de botella y maximizar la producción de unidades. En relación a la sección de pintura, por medio del cálculo del tiempo requerido se conoce el tiempo óptimo que se debería destinar para cumplir con la demanda de las 50 unidades por día. Gracias a este cálculo, ahora se dispone de un marco de tiempo de pintura preciso para satisfacer la demanda establecida, asegurando la producción eficiente y oportuna de las unidades requeridas.

En la Figura 36, se ilustra de manera gráfica los resultados de la capacidad de producción en el conformado y pintura de tapas, bandas de cierre y cubas.

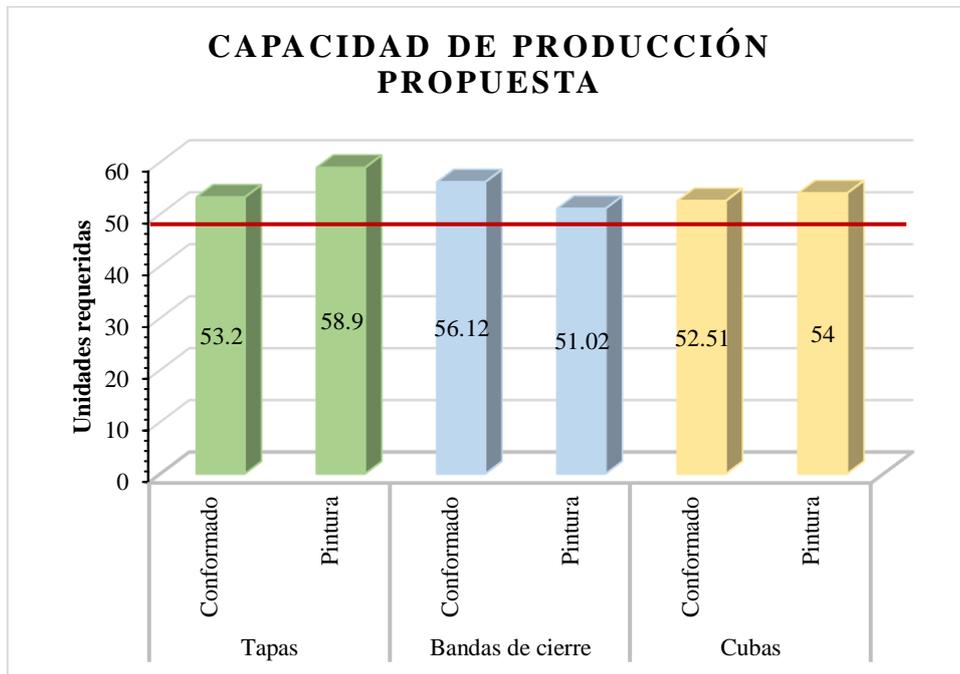


Figura 36. Capacidad propuesta de tapas, bandas y cubas.

Cálculo de la productividad propuesta

A continuación, se muestra el cálculo de la productividad de los procesos con propuestas de mejora, específicamente, para los procesos críticos (sección del conformado de tapas y cubas), con el fin de realizar una comparación de resultados entre la capacidad actual y la propuesta.

- **Productividad en conformado de tapas con el balanceo propuesto**

Se considera el tiempo disponible de producción (4 horas y tiempo disponible por hora con tiempos de setup es de 51.9 min/h) obtenido de la Tabla 77 y la capacidad de producción propuesta es de 53.2 u/jornada, obtenido de la Tabla 93.

$$Productividad\ por\ tiempo = \frac{53.2\ u/j}{4\ h/j * 51.9\ min/h}$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 0.26\ u/min * 60\ min/h$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 15.38\ u/h$$

- **Productividad en conformado de cubas**

El tiempo disponible de producción (8 horas y tiempo disponible por hora con tiempos de setup es de 54.4 min/h) obtenido de la Tabla 82 y la capacidad de producción actual definido por el cuello de botella es de 52.51 u/j, obtenido de la Tabla 102.

$$Productividad\ por\ tiempo = \frac{52.51\ u/j}{8\ h/j * 56.1\ min/h}$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 0.12\ u/min * 60\ min/h$$

$$Productividad\ por\ tiempo = 7.02\ u/h$$

Comparación de productividad actual vs propuesta

En la tabla, se muestra la mejora en la productividad en el conformado de tapas y cubas, ya que, fueron los procesos críticos a los cuales se realizó el balanceo de líneas.

Tabla 108. Productividad actual vs propuesta.

Sección	Productividad actual (u/h)	Productividad propuesta (u/h)	Porcentaje de mejora
Conformado de tapas	9.13	15.38	40.6%
Conformado de cubas	5.55	7.02	20.94%

Como se observa, existe un aumento en la productividad; en el conformado de tapas de se incrementó 6.25 unidades, en términos porcentuales representa un 40.6%, y el conformado de cubas 1.47 unidades y 20.94%, respectivamente.

Propuesta de implementación de la filosofía 5'S

Esta metodología está dirigida para mantener la organización de empresas, su objetivo principal es lograr que cada espacio de trabajo se encuentre ordenado, limpio y seguro, estos factores inciden positivamente en los niveles de compromiso de los trabajadores en el lugar trabajo para mantener un alto nivel de productividad de los mismos. Para conocer la situación actual del área de metalmecánica es necesario evaluar las condiciones de cada área de trabajo con el fin de determinar el nivel de cumplimiento cada fase de la metodología mencionada, la misma que está conformada por: organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Dicha evaluación se ha realizado mediante una lista de verificación (Tabla 109), la cual contiene una serie de parámetros a cumplir por cada una de las fases de la metodología 5's, para el caso del área de estudio se ha considerado lo siguiente:

Tabla 109. Evaluación 5'S para el área de metal mecánica.

EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5'S				
N°	SELECCIONAR	SI	NO	Observación
1	¿Las herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo se encuentran organizados?	X		
2	¿Se observan únicamente las herramientas u objetos necesarios en el puesto de trabajo?		X	Existen puestos de trabajo que mantienen objetos innecesarios para llevar sus labores (en soldadura de base existe un equipo obsoleto y productos que no han sido procesados en su totalidad).
3	En caso de existir elementos dañados, ¿se han catalogado como útiles o inútiles? ¿se encuentran separados y etiquetados?		X	Un caso en particular es la máquina CNC Flow la cual se encuentra al momento obsoleta
4	¿El pasillo para la circulación del personal y del material de trabajo se encuentra libre de objetos, herramientas, productos en proceso, etc.?		X	Muchas veces en los pasillos se colocan planchas de metal, se dejan mesas, coches, productos para reprocesamiento y las cortinas para soldadura.
5	¿Cada puesto de trabajo cuenta con botes destinados para la basura y desechos resultantes de sus labores diarias?		X	En su totalidad no existen botes de basura, pero en ciertas estaciones de trabajo si cuentan con las mismas.
6	¿Los botes de basura, se encuentran en su debido lugar?	X		
7	¿Existen carteles, informes, carteleras innecesarias u obsoletos en el área?		X	
TOTAL		2	5	
N°	ORDEN	SI	NO	Observación
1	¿Se dispone de lugares, estanterías, para almacenar las herramientas, objetos, piezas para la fabricación? ¿Está todo en su lugar?		X	Un ejemplo claro son los elementos u accesorios para transformadores que se almacenan en el piso detrás de las máquinas plegadoras.
2	¿Existe una identificación visual para que las personas extrañas al área de trabajo puedan organizar correctamente los objetos de trabajo?		X	
3	¿Los botes de basura, se encuentran identificados de acuerdo al tipo de producto que deben almacenar?	X		
4	¿La disposición de las herramientas de trabajo corresponde al grado de uso, es decir, cuanto más a menudo, más cerca?	X		

Tabla 109. Evaluación 5'S para el área de metal mecánica. (Continuación)

N°	ORDEN	SI	NO	Observación
5	¿Los lugares de almacenamiento o de trabajo en proceso, se encuentran claramente definidos a través de carteles o líneas marcadas en el piso?		X	Específicamente en la estación de granallado donde, por lo general, se almacena los productos en proceso.
6	Los extintores para incendios y otros equipos de emergencia se encuentran colocados en lugares destacados, etiquetados y no están cubiertos.	X		
7	¿Se utilizan hojas de verificación para las maquinarias?	X		
8	¿Los pasillos para la circulación del personal de trabajo, montacargas, mesas de trabajo, coches se encuentran marcados y delimitados con líneas visibles en el piso?		X	Actualmente, las líneas son poco visibles.
9	¿La ruta de salida de emergencia se encuentra rotulada y visible para que todo el personal de trabajo la visualicen?	X		
10	¿Las zonas de trabajo que precisen de equipo de protección personal (EPP) están debidamente marcadas con señales, rótulos/etiquetas de seguridad, etc.)?	X		
TOTAL		6	4	
N°	LIMPIEZA	SI	NO	Observación
1	¿Existe una rutina de limpieza de los puestos de trabajo?	X		
2	¿Los residuos o desechos del material de trabajo se retiran del lugar constantemente?		X	
3	¿Los trabajadores disponen de herramientas para realizar la limpieza de sus puestos de trabajo?	X		
4	¿Cada puesto de trabajo se encuentra totalmente limpio?		X	
5	¿Los pasillos para la circulación de los trabajadores se encuentra limpios?		X	
6	¿Las máquinas o herramientas de trabajo se encuentran totalmente limpias?		X	

Tabla 109. Evaluación 5'S para el área de metal mecánica. (Continuación)

N°	LIMPIEZA	SI	NO	Observación
7	¿Existen fuentes de contaminación que no radiquen de los procesos de fabricación?		X	
8	¿Existen espacios adecuados para disponer del material sobrante u obsoleto o de la basura como tal?	X		
TOTAL		3	5	
N°	ESTANDARIZACIÓN	SI	NO	Observación
1	¿Existen instrumentos (listas de verificación) estandarizados para conservar la organización, el orden y la limpieza especificados?		X	
2	¿Se utiliza evidencia visual (gráficos de resultados) en relación cumplimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?		X	
3	¿Existe un cronograma para analizar la utilidad, obsolescencia y estado de los artículos de trabajo?		X	
4	¿Ha habido propuestas de mejora de la zona durante el periodo de evaluación?		X	
5	Los registros de mantenimiento autónomo de las máquinas son visibles y muestran claramente cuándo se efectuó el último mantenimiento.	X		
6	¿Los resultados de la última auditoria se publican y son claramente legibles para todo el personal de trabajo?	X		Específicamente los registros de mantenimiento autónomo.
TOTAL		2	4	
N°	DISCIPLINA	SI	NO	Observación
1	¿El trabajador cumple con la organización, orden y limpieza de sus puestos de trabajo?		X	
2	¿Se supervisa el cumplimiento de los estándares establecidos para el orden y limpieza de puestos y herramientas de trabajo?		X	
3	¿Se realizan charlas o reuniones que motiven al cumplimiento de las actividades descritas en la metodología?	X		
TOTAL		1	2	

A partir de la evaluación realizada, se ha obtenido los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 110 y Figura 37.

Tabla 110. Resultados de la evaluación de 5'S.

Metodología 5'S	Seleccionar	Orden	Limpieza	Estandarización	Disciplina	Promedio
Si	2	6	3	2	1	2.8
No	5	4	5	4	2	4
Total	7	10	8	6	3	34
Porcentaje (%)	28.6%	60.0%	37.5%	33.3%	33.3%	39%

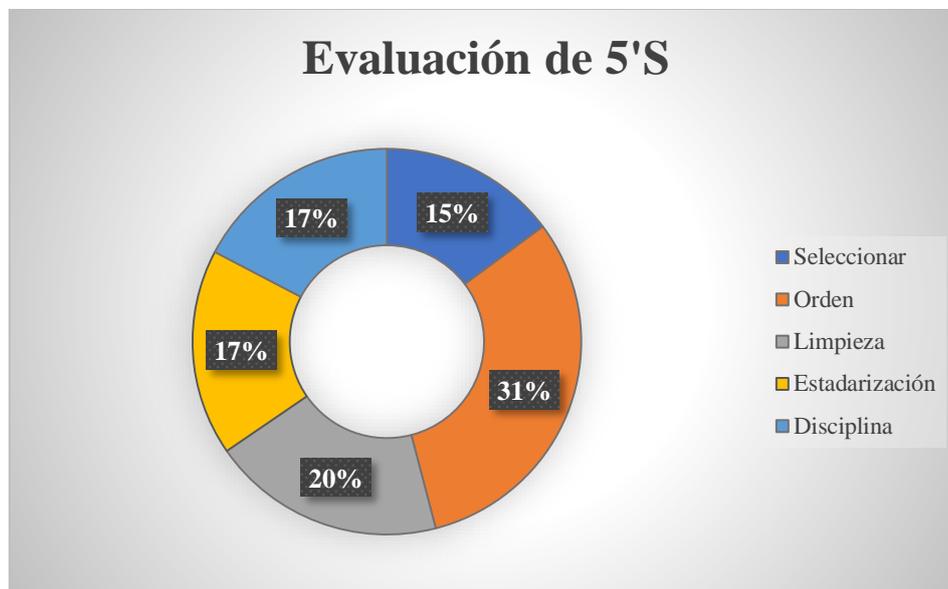


Figura 37. Resultados gráficos de la evaluación 5'S.

Como análisis de los resultados, se puede concluir que el nivel de cumplimiento por cada una de las fases de 5'S es muy baja, específicamente cuenta con un promedio del 39% de cumplimiento, considerado como inaceptable, siendo la selección, la estandarización y la disciplina las fases con mayores problemas.

Para mejorar esta situación crítica y cumplir a cabalidad con la cada una de las fases de esta metodología, se ha propuesto varias medidas que ayuden a mejorar la situación en cada fase especialmente en la que se encuentran con menor nivel de cumplimiento.

Fase 1: Propuesta Seiri (Seleccionar)

Dentro de esta fase, es importante tener en cuenta que hay que seleccionar y clasificar todo tipo de elemento necesario y no necesario dentro del proceso, los necesarios: equipos, máquinas, materia prima, producto terminado, y como innecesarios, los residuos del proceso, ya que, en el área de metalmecánica, en ciertos puesto de trabajo es común observar la presencia de objetos y equipos que no se utilizan en los procesos de fabricación, estos elementos pueden incluir material no utilizado, residuos de metal, discos de pulir desgastados y otros elementos semejantes.

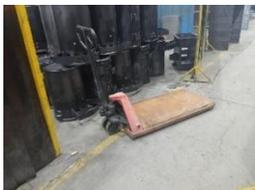
Ante esta realidad, resulta necesario examinar cada uno de los elementos mencionados para determinar si realmente aportan valor al proceso de fabricación. El objetivo principal es cuestionarse si la presencia de estos elementos es necesaria para llevar a cabo sus labores, en los casos en que se concluya que dichos elementos no contribuyen de manera positiva al proceso, se debería tomar la decisión de su retiro inmediato del lugar de trabajo, es decir, pueden ser desechados o ser transferidos a otro lugar o espacio adecuado, esto se realiza con el fin de optimizar el espacio y permitir un flujo de trabajo eficiente y organizado.

Para la clasificación de los elementos mencionados, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 111. Clasificación de elementos del área de metal mecánica.

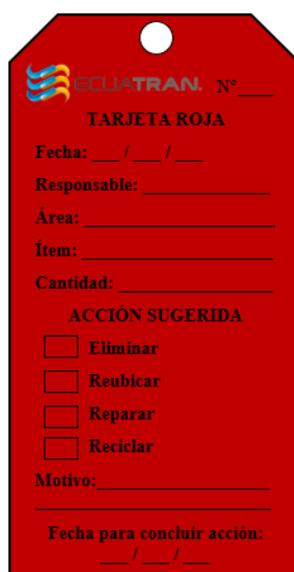
Clasificación	Descripción	Fotografía
Desechos	Contenedores con residuos del material metálico.	
Recipientes	Latas, cajas, tarros, frascos y cualquier contenedor vacío.	
Equipos obsoletos	Cualquier herramienta, equipo, máquina que no se encuentre activa o en funcionamiento.	

Tabla 111. Clasificación de elementos del área de metal mecánica. (Continuación)

Clasificación	Descripción	Fotografía
Productos no procesados	Tanques de transformadores que han sido procesados en su totalidad, los mismos que reducen el espacio de trabajo.	
Materia prima innecesaria	Los rollos y pedazos de metal no se encuentran en los lugares establecidos para almacenar la materia prima.	
Coches de transporte pesado	Todo coche o mesa utilizado para transportar carga pesada, en este caso, planchas de metal.	

Propuesta de aplicación de tarjeta roja

Dentro de esta fase, se propone hacer uso de tarjetas rojas como el de la Figura 38, con el fin de identificar y señalar los elementos innecesarios en los puestos de trabajo para posteriormente tomar medidas correctivas que solucionen este tipo de problemas, por ejemplo, la reubicación, reparación o eliminación del elemento.



EQUATRAN N° _____
TARJETA ROJA
 Fecha: ___ / ___ / ___
 Responsable: _____
 Área: _____
 Ítem: _____
 Cantidad: _____
ACCIÓN SUGERIDA
 Eliminar
 Reubicar
 Reparar
 Reciclar
 Motivo: _____
 Fecha para concluir acción: ___ / ___ / ___

Figura 38. Modelo de tarjeta roja.

Como se observa en el modelo de la tarjeta roja propuesta, se especifica el responsable de la identificación, la fecha en la que se seleccionó el elemento, el área o puesto de trabajo en el que se encuentra, el nombre y la cantidad del mismo. Posteriormente, se encuentra la sección en la que se especifica la acción requerida para el elemento identificado y el motivo por el cual requiriere dicha acción, finalmente, se dispone de un espacio para colocar una fecha estimada en la que se debe concluir dicha acción. Para el uso de esta tarjeta roja propuesta en la Figura 39, se presenta un ejemplo de aplicación, en donde se muestra el lugar donde deberían ir colocadas las tarjetas propuestas.



Figura 39. Propuesta de aplicación de las tarjetas rojas.

Además, se propone un registro de identificación para las tarjetas rojas, en la Tabla 112, se muestra un modelo de registro.

Tabla 112. Modelo para el registro de tarjetas rojas.

ECUATRAN S.A REGISTRO DE TARJETAS ROJAS							
N° tarjeta	Responsable	Inicio	Fin	Nombre del elemento	Localización	Acción	Motivo
01	Daniel V	20/06/23	20/07/23	Equipo	Rematado de base	Reparar	Averiado
02	Daniel V	20/06/23	20/07/23	Recipiente	Rematado de base	Eliminar	Obsoleto

Fase 2: Propuesta Seiton (Ordenar)

Después de haber realizado la primera fase de la metodología, es importante realizar un control visual de toda el área de metal mecánica para identificar las zonas en las que resulte adecuado la colocación de señalética que facilite el control y el ordenamiento de dicha área.

Dentro de esta fase, se considera el ordenamiento de dos aspectos fundamentales, siendo la primera, el orden del entorno de trabajo como tal y de los puestos de trabajo.

En el entorno de trabajo del área de metalmecánica se observa que los pasillos destinados para la circulación del personal, montacargas, mesas y otros elementos, las líneas se encuentran poco visibles y además suelen encontrarse obstruidos, especialmente, con material de fabricación (planchas metálicas), productos para ser reprocesados, mesas mal ubicadas y cortinas fuera de las cabinas de soldadura. Dicha situación es muy crítica en términos de seguridad para el personal de trabajo, ya que, aumentan los riesgos de tropiezos, caídas y lesiones, además, afecta a la disposición de los lugares de trabajo, puesto que, afecta negativamente a la productividad y eficiencia del trabajo. Para abordar esta problemática, se propone lo siguiente:

Tabla 113. Propuesta Seiton para entorno de trabajo.

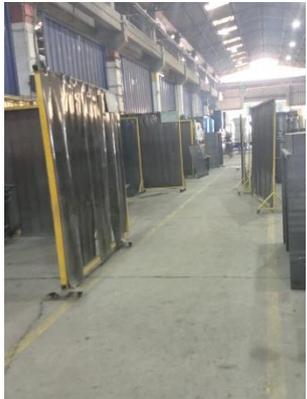
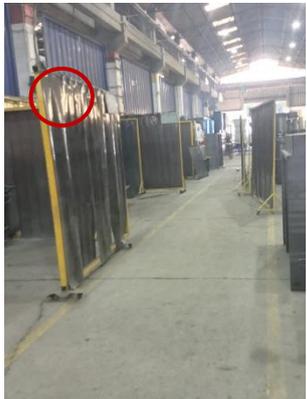
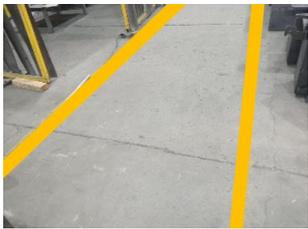
ECUATRAN S.A.		
Situación	Justificación	Fotografía
PASILLOS DESPEJADOS		
ACTUAL	<p>En el área, existe una señal para mantener los pasillos despejados, sin embargo, actualmente no se encuentra en un lugar adecuado, por lo que los trabajadores no visualizan constantemente dicha señal.</p>	
PROPUESTO	<p>Reubicar y colocar señales claras y visibles que ayuden a los trabajadores a recordar la importancia de mantener los pasillos despejados, a continuación, se muestra una señal de referencia obtenida del catálogo de señalización industrial basado en la norma NRD2 “CONRED” [67].</p> <div style="text-align: center;">  <p>CONSERVE DESPEJADOS LOS PASILLOS</p> </div> <p>Se propone la colocación de estas señales en algunas de las cortinas de soldadura como se muestran en los círculos marcados, ya que, mayormente los trabajadores transitan por dicho lugar.</p>	

Tabla 113. Propuesta Seiton para entorno de trabajo. (Continuación)

ECUATRAN S.A.		
Situación	Justificación	Fotografía
MARCAJE DE PASILLOS		
ACTUAL	Los pasillos de circulación del personal, material y maquinaria se encuentran delimitados, pero no son totalmente visibles.	
PROPUESTO	Según la norma OSHA “Administración de Seguridad y Salud Ocupacional” [68], menciona que, las líneas usadas para delimitar pasillos, estaciones de trabajo o almacenamientos pueden ser de cualquier color y pueden estar compuestas por puntos, cuadrados, líneas continuas, sin embargo, el ancho de la línea debe estar en dos y seis pulgadas para ser considerada como aceptable. A continuación, se muestran la propuesta para marcaje del piso.	

Una vez organizados y despejados los pasillos de trabajo es crucial implementar señalética para los elementos, equipos y herramientas de trabajo que si son necesarios para el desarrollo de los procesos productivos sean debidamente ordenados, es decir, que cuenten con lugares adecuados para el almacenamiento de los mismos, esto contribuirá con el orden eficiente de los elementos, sin embargo, para ello, es necesario tomar en cuenta dos factores fundamentales: la frecuencia del uso de material, equipo, herramienta y su ubicación. Estos criterios se describen a detalle en la Tabla 114.

Tabla 114. Consideraciones para la ubicación del material.

N °	Frecuencia	Ubicación
1	Uso continuo o recurrente de elementos al día	Lo más próximo al trabajador
2	Uso frecuente de elementos al día	Próximo al trabajador
3	Uso frecuente de elementos a la semana	Próximo al puesto de trabajo
4	Uso ocasional de elementos al mes	Espacio asignado e identificado
5	Elementos ajenos al proceso	Área o ubicación determinada

Con base en la tabla anterior, se propone lo siguiente:

Tabla 115. Primera propuesta de la fase Seiton.

N°1	ECUATRAN S.A.		 ECUATRAN®
Situación	Justificación	Fotografía	
<p style="text-align: center;">ACTUAL</p>	<p>Este tipo de elementos son de uso frecuente a la semana, su disposición y lugar designado es adecuado, ya que, se encuentra cerca del puesto de trabajo, sin embargo, dichos elementos no se encuentran identificados ni señalizados de acuerdo al logo de cada matriz.</p>		
<p style="text-align: center;">PROPUESTO</p>	<p>Como propuesta, se sugiere la colocación de un letrero que identifique el tipo de elementos, en este caso “matrices”, además, al contar con varias de las mismas, se propone identificar cada uno con su respectivo nombre de acuerdo al logo de cada matriz.</p>		

Tabla 116. Segunda propuesta de la fase Seiton.

N°2	ECUATRAN S.A.		 ECUATRAN.
Situación	Justificación	Fotografía	
<p>ACTUAL</p>	<p>Este espacio del área de metal mecánica, actualmente se encuentra destinado para almacenar temporalmente, pallets con tapas, con retazos de metal y algunos otros elementos.</p>		
<p>PROPUESTO</p>	<p>Como propuesta, se sugiere la señalización con líneas en el piso que delimiten dicha zona. Con esta medida se pueden evitar posibles tropiezos o accidentes laborales y se mejorará la movilización del personal. Según la norma OSHA sugiere que las líneas para delimitar este tipo de zonas deben ser de color amarillo con franjas negras.</p>		

Tabla 117. Tercera propuesta de la fase Seiton.

N°3	ECUATRAN S.A.		 ECUATRAN.
Situación	Justificación	Fotografía	
<p>ACTUAL</p>	<p>Para almacenar dichos elementos necesarios para el proceso, productivo, algunos no cuentan con lugares y contenedores propicios, como se evidencia en la fotografía, los elementos se encuentran en el piso y almacenados en cajas de cartón.</p>		
<p>PROPUESTO</p>	<p>Para almacenar estos elementos, se propone la colocación de estanterías para almacenar estos elementos de trabajo. Cada una de las estanterías debe instalarse en lugares estratégicos cerca de las estaciones de trabajo y deben contener espacios designados y rotulados para cada tipo de elemento, permitiendo así, una fácil identificación y acceso. Además, el lugar en donde se ubican las estanterías puede ser señalizadas con líneas en el piso.</p>		

Tabla 118. Cuarta propuesta de la fase Seiton.

N°4	ECUATRAN S.A.		 ECUATRAN.
Situación	Justificación	Fotografía	
<p>ACTUAL</p>	<p>Dentro del área, también, es común visualizar objetos ajenos al proceso productivo, los mismos que ocupan espacio y obstruyen el paso de los trabajadores.</p>		
<p>PROPUESTO</p>	<p>La propuesta consta en identificar dichos elementos y tomar las acciones necesarias, en este caso se consideraría la reubicación o eliminación del mismo.</p>		

Tabla 119. Quinta propuesta de la fase Seiton.

N°5	ECUATRAN S.A.		 ECUATRAN.
Situación	Justificación	Fotografía	
<p>ACTUAL</p>	<p>En la zona donde está ubicada la CNC plasma se encuentran, debajo de la misma, una gran cantidad de accesorios desorganizados y mal ubicados, esta situación obstaculiza el acceso a la máquina.</p>		
<p>PROPUESTO</p>	<p>Como solución, se propone la reubicación de estos los elementos a un lugar adecuado, en contenedores adecuados y con su debida identificación.</p>		

Fase 3: Propuesta Seiso (Limpiar)

Esta fase tiene como objetivo, mantener el entorno de trabajo limpio y libre de desperdicios generados por el proceso productivo. El área de metalmecánica cumple con dicha función, pero parcialmente porque después de cada turno limpian únicamente su estación de trabajo, por lo que existen problemas de suciedad especialmente con las máquinas y con los pasillos de circulación. Además, existen diferentes tipos de residuos derivados del proceso productivo, a continuación, se describen algunos:

Tabla 120. Residuos generados de los procesos productivos.

Residuos generados por los procesos productivos en el área de metal mecánica		
Residuos de metal	Residuos de pintura	Residuos de material de lijado
		
<p>Estos residuos son los más comunes y se encuentran en diferentes lugares del área, estas son: corte, perforado, máquinas CNC y procesos de en la sección de conformado. Además, algunos de estos residuos son almacenados en contenedores, pero no suele ser desechados periódicamente.</p>	<p>Al manejar pintura en polvo en el área y no realizar una limpieza adecuada, se provoca la acumulación del polvo, especialmente en zonas aledañas a las cabinas de pintura, esta acumulación puede representar riesgos para la salud de los trabajadores y problemas de calidad en el acabado del producto, ya que, pueden adherirse a las superficies recién pintadas de los transformadores.</p>	<p>De igual forma, existen residuos del material de lijado, guaípe, cinta masking, que no se almacenan en contenedores de basura adecuados y no son desechados periódicamente.</p>

Propuesta de mejora

Una limpieza adecuada y regular no solo mejora la apariencia visual, sino que promueve un entorno de trabajo mucho más seguro y productivo, por tal motivo, se proponen algunas recomendaciones para mejorar la limpieza en dicha área.

a. Contenedores de basura

El fin de esta propuesta es mejorar la gestión de los residuos de metal, lijas y pintura en polvo, garantizando una disposición apropiada y segura de estos residuos. Para ello, proponen los contenedores de la Tabla 121, con diferentes colores y una identificación única para cada tipo de residuo.

Tabla 121. Propuesta para contenedores de residuos.

Residuos generados por los procesos productivos en el área de metal mecánica		
Residuos de metal	Residuos peligrosos	Residuos en general
		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Todo resto de metal ✓ Sobrantes de hilos de soldar ✓ Escoria de metal 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pintura en polvo ✓ Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lijas ✓ Polvo de limpieza ✓ Restos de cinta masking

- Se recomienda que estos contenedores de residuos sean especialmente diseñados, es decir, deben ser robustos, resistentes a la corrosión y deben tener una capacidad adecuada para almacenar este tipo de desechos.
- Los contenedores deben ser ubicados estratégicamente, se recomienda que sean colocados cerca de las estaciones de trabajo y que tengan fácil acceso para los trabajadores.

b. Manual de limpieza

Para llevar a cabo una limpieza efectiva, propone el diseño de unos manuales de limpieza, donde se establece un procedimiento con instrucciones claras y detalladas y de fácil entendimiento para llevar a cabo la limpieza y gestión de la suciedad del área de trabajo. Con estos manuales, se busca promover una cultura de organización en cuanto a mantener un entorno de trabajo libre de residuos y suciedad, garantizando la salud de los trabajadores y calidad de los productos procesados.

Tabla 122. Propuesta de manual de limpieza para máquinas de trabajo.

N° 1		Manual de limpieza para máquinas de trabajo	
Objetivo:	Realizar la limpieza correcta de cada máquina utilizada.		
Encargado:	Trabajador de cada estación		
Supervisor:	Supervisor del área o comité de limpieza		
Efectos negativos de mantener las máquinas sucias:	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de rendimiento - Desgaste prematuro - Mayor riesgo de averías - Problemas de calidad del producto - Riesgos para la salud y seguridad del trabajador 		
Frecuencia	Al finalizar cada jornada laboral		
PROCEDIMIENTO			
1	Cada trabajador debe equiparse su equipo de protección personal.		
2	Prepara las herramientas necesarias para la limpieza.		
3	Apagar o desconectar la máquina para realizar el proceso de limpieza.		
4	Retirar los elementos y herramientas de trabajo que no se estén utilizando para facilitar la limpieza		
5	Eliminar los residuos sueltos de material visible tales como: virutas de metal.		
6	En el caso de la estación de pintura, limpiar las paredes en donde se visulice la impregnación de la pintura en polvo.		
7	Realizar una limpieza superficial externa de la máquina.		
8	En caso de ser necesario, y si tiene el conocimiento técnico, limpiar los componentes internos de la máquina.		
9	Asegurese de eliminar el polvo y en ciertos casos la grasa o aceite de la maquinaria según requiera.		
10	Inpeccionar minuciosamente que la máquina quede absolutamnete limpia.		
11	Desechar los residuos adecuadamente de los contenedores.		
12	Realizar el correspondiente registro de limpieza, en donde, se especifique la hora de limpieza y en caso de existir observaciones, comunicar al supervisor del área.		
RECURSOS			
Material necesario		Equipo de protección personal	
<ul style="list-style-type: none"> - Escoba - Palas para basura - Contenedores - Fundas - Guaipe o franela 		<ul style="list-style-type: none"> - Mascarilla de protección - Guantes - Calzado de seguridad - Overol - Gafas de protección 	

Tabla 123. Propuesta de manual de limpieza para estación de trabajo.

N° 2	Manual de limpieza para estación de trabajo		
Objetivo:	Realizar una limpieza adecuada de los puestos de trabajo y de la sección perteneciente al pasillo de circulación.		
Encargado:	Trabajador de cada estación		
Supervisor:	Supervisor del área o comité de limpieza		
Riesgos asociados por estación sucia:	Afecciones de salud Riesgos de accidentes Contaminación del producto en proceso		
Frecuencia	Al finalizar cada jornada laboral		
PROCEDIMIENTO			
1	Cada trabajador debe equiparse su equipo de protección personal.		
2	Prepara las herramientas necesarias para la limpieza.		
3	Retirar los elementos y herramientas de trabajo que no se estén utilizando para facilitar la limpieza		
4	Barrer el piso de toda su estación de trabajo y la sección perteneciente al pasillo de circulación.		
4.1	En el caso de la estación de pintura, limpiar las paredes en donde se visulice la impregnación de la pintura en polvo.		
5	Identificar la existencia de los residuos descritos anteriormente.		
6	Reubicarlo o desecharlos en los contenedores según corresponda tanto el polvo como los residuos generados del proceso.		
7	Revisar que toda la estación de trabajo quede absolutamnete limpio y ordenado.		
8	Desechar los residuos adecuadamente de los contenedores.		
9	Realizar el correspondiente registro de limpieza, en donde, se especifique la hora de limpieza y en caso de existir observaciones, comunicar al supervisor del área.		
RECURSOS			
Material necesario		Equipo de protección personal	
<ul style="list-style-type: none"> - Escoba - Palas para basura - Contenedores - Fundas 		<ul style="list-style-type: none"> - Mascarilla de protección - Guantes - Calzado de seguridad - Overol - Gafas de protección 	

Después de llevar a cabo con estos procedimientos, se recomienda realizar inspecciones antes y después de cada jornada de trabajo para verificar la eficiencia del protocolo de limpieza, en caso de identificar el incumplimiento de lo establecido se podría considerar llamados de atención al personal e incluso sanciones en caso de hacer caso omiso a las disposiciones de limpieza.

Al llevar a cabo con estos procedimientos de limpieza, se puede lograr optimizar el espacio de trabajo y evitar la acumulación de suciedad y polvo en las máquinas, con esto se pueden garantizar un mejor funcionamiento de las mismas y prolongar su vida útil. Asimismo, se

fomenta la cultura de mantener los espacios de trabajo limpios y ordenados, esto puede contribuir en el mejoramiento de la eficiencia del proceso productivo y garantiza la seguridad del trabajador, ya que, se pueden evitar posibles accidentes derivados por objetos innecesarios que obstruyan el flujo de trabajo.

Fase 4: Propuesta Seiketsu (Estandarizar)

Esta fase es crucial, ya que, enfatiza la estandarización de las tres fases anteriores, por lo tanto, requiere de un gran compromiso por parte de los trabajadores y de la administración de la empresa, de este modo, se busca establecer una filosofía consolidada que dé cumplimiento constante con las propuestas de mejora de cada fase. Dentro de esta fase, se plantea una serie de etapas que ayuden a estandarizar las propuestas mencionadas anteriormente, para ello, se propone capacitar, socializar y difundir al personal sobre cada fase de la filosofía, la importancia y beneficios de la implementación de las 5'S, además, se sugiere la conformación de un comité de orden y limpieza que se encargue de coordinar, controlar y mantener esta filosofía.

A. Capacitación al personal de trabajo

El objetivo de esta capacitación, es la de comunicar detalladamente cada fase de la filosofía 5'S tanto a los trabajadores de planta como a las áreas administrativas, esta socialización debe ser clara y precisa para que el personal de trabajo comprenda los beneficios, la importancia y la responsabilidad de implementar dicha filosofía. Para llevar a cabo con esta capacitación se recomienda seguir con los siguientes puntos:

- Realizar un comunicado a los supervisores de cada área para que los mismo divulguen la noticia de que se realizará una capacitación de esta filosofía y a los trabajadores administrativos de la empresa.
- Ejecutar la socialización detallada de cada fase de la filosofía, qué es lo que busca, la importancia, beneficios y los procedimientos que se llevarán a cabo.
- Realizar preguntas aleatoriamente a los trabajadores, con el fin de asegurarse de que el mensaje emitido se haya entendido.
- Preguntar al personal de trabajo, inquietudes, sugerencias o recomendaciones de mejora que ayuden a la implementación eficaz de la filosofía.

B. Comité de orden y limpieza

Para la asignación de responsabilidades y seguimiento de las propuestas de cada fase, se recomienda establecer un comité específico que se encargue de supervisar y coordinar las actividades relacionadas con la filosofía. Dicho comité, debe ser compuesto por un equipo de trabajo que funcione eficientemente y que cumpla con los objetivos propuestos. A continuación, se muestra un organigrama propuesto para conformar el comité de orden y limpieza.

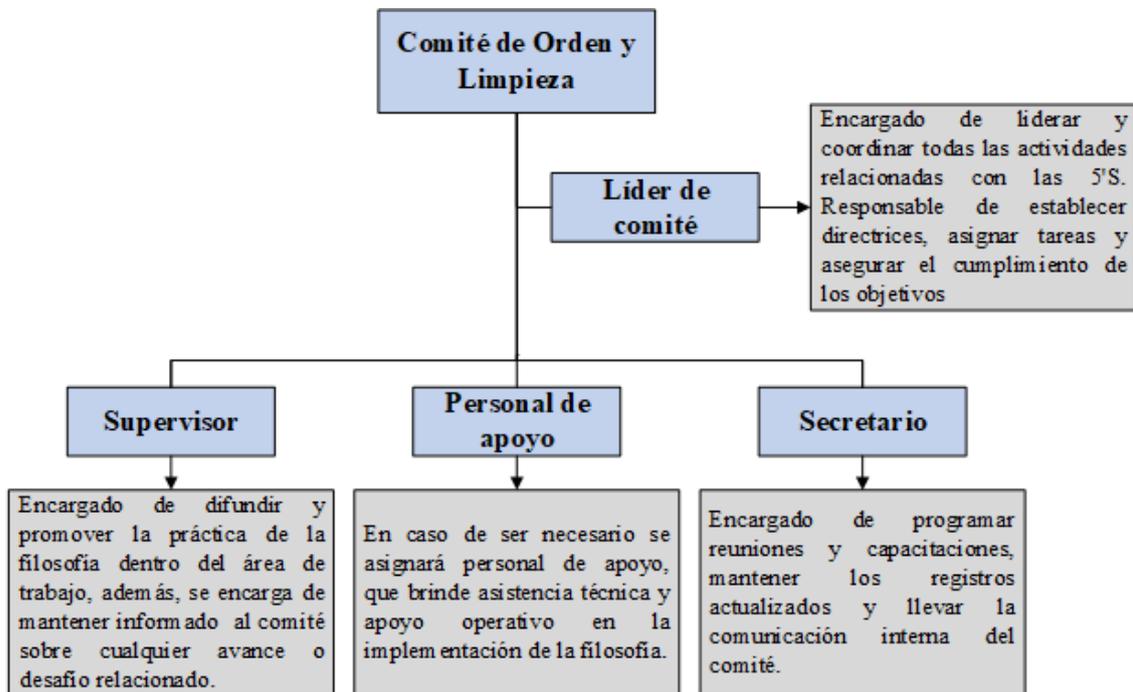


Figura 40. Propuesta para comité de orden y limpieza.

Además, se recomienda que el comité se reúna periódicamente para revisar el progreso de la implementación, establecer pautas, tomar decisiones y garantizar el cumplimiento de los planes y objetivos establecidos para asegurar el éxito de toda la organización.

A continuación, se muestra un formato adecuado para el registro de las actividades de limpieza para maquinarias que deberán ser realizado por los trabajadores.

Tabla 124. Registro propuesto para la limpieza de máquinas.

REGISTRO DE LIMPIEZA DE MÁQUINAS						
N°	01	Fecha de elaboración:	01/05/2023			
Turno	Matutina	Hora de limpieza:	13h50			
ACTIVIDADES A REALIZAR						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparar las herramientas necesarias para la limpieza. 2. Apagar o desconectar la máquina para realizar el proceso de limpieza. 3. Retirar los elementos y herramientas de trabajo que no se estén utilizando para facilitar la limpieza. 4. Eliminar los residuos sueltos de material visible tales como: virutas de metal. 5. En el caso de la estación de pintura, limpiar las paredes en donde se visulice la impregnación de la pintura en polvo. 6. Realizar una limpieza superficial externa de la máquina 7. Asegurese de eliminar el polvo y en ciertos casos la grasa o aceite de la maquinaria según requiera. 8. Inpeccionar minuciosamente que la máquina quede absolutamnete limpia. 9. Desechar los residuos adecuadamente de los contenedores. 						
Puesto de trabajo	Fecha	Responsable	Cumplimiento de actividades			
Celda # 7	03/06/23	1	✓	6	✓
			2	✓	7	✓
			3	✓	8	✓
			4	✓	9	✓
			5	✓		
Observaciones:						
Revisado por:			Aprobado por:			

Asimismo, en la Tabla 125, se muestra un formato adecuado para el registro de las actividades de limpieza por puesto de trabajo que deberán ser realizado por los trabajadores.

Tabla 125. Registro propuesto para la limpieza de puesto de trabajo.

REGISTRO DE LIMPIEZA DE PUESTOS DE TRABAJO						
N°	01	Fecha de elaboración:	01/05/2023			
Turno	Matutina	Hora de limpieza:	13h50			
ACTIVIDADES A REALIZAR						
1. Preparar las herramientas necesarias para la limpieza. 2. Retirar los elementos y herramientas de trabajo que no se estén utilizando para facilitar la limpieza. 3. Limpiar el piso de toda su estación de trabajo. 4. Limpiar la sección perteneciente al pasillo de circulación. 5. En el caso de la estación de pintura, limpiar las paredes en donde se visualice la impregnación de la pintura en polvo. 6. Recoger y ubicar en los contenedores según corresponda los residuos generados del proceso. 7. Revisar que toda la estación de trabajo quede absolutamente limpio y ordenado. 8. Desechar los residuos adecuadamente de los contenedores.						
Puesto de trabajo	Fecha	Responsable	Cumplimiento de actividades			
Celda # 7	03/06/23	1	✓	5	✓
			2	✓	6	✓
			3	✓	7	✓
			4	✓	8	✓
Observaciones:						
Revisado por:			Aprobado por:			

C. Promover la cultura de orden y limpieza

Para esta etapa, se propone la creación de carteles informativos como el que se muestra en el Anexo 8, para comunicar y concientizar a los trabajadores la importancia y los beneficios de implementar esta metodología de mejora y cumplir con las fases anteriores para mantener el área de trabajo organizado, ordenado y limpio. Para los carteles informativos se recomienda colocarlos en sitios estratégicos, es decir, lugares con alto tráfico de trabajadores, por ejemplo, el comedor, baños, estaciones de trabajo, entrada y salida del área, de esta forma se garantiza que el mensaje llegue a la mayoría del personal de trabajo.

Además, para los registros de cumplimiento se propone lo siguiente:

- Visualización de resultados:** Los resultados obtenidos de las listas de verificación y de las auditorías deberían ser procesados, analizados y publicados de manera clara y de fácil entendimiento para los trabajadores, esto puede incluir gráficos o informes, ya que, los mismos serán colocados en lugares donde los trabajadores puedan visualizar los mismos, con el fin de fomentar la responsabilidad y disciplina de los trabajadores para mantener los estándares establecidos.

Fase 5: Propuesta Shitsuke (Disciplina)

Esta última fase es una de las más importantes, ya que, mantener la disciplina en la organización, orden y limpieza del área de trabajo requiere de un enfoque proactivo y constante tanto de parte de la alta gerencia como del personal de trabajo.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para mantener la disciplina:

- a. **Capacitación y orientación:** Realizar capacitaciones o charlas informativas regularmente en la que se enfatice la importancia de las prácticas de organización, orden y limpieza que deben seguir y como deben cumplirlos.
- b. **Supervisión:** Realizar una supervisión efectiva que permita monitorear el cumplimiento de las prácticas por cada fase anteriormente mencionada, es decir, los supervisores deben estar atentos para proporcionar cualquier tipo de retroalimentación, mejora o corregir cualquier incumplimiento.
- c. **Reconocimientos o recompensas:** Reconocer a los trabajadores disciplinados, es decir, que demuestren un buen nivel de cumplimiento de los parámetros establecidos en la organización, orden y limpieza.
- d. **Compromiso:** Fomentar el compromiso constante para los trabajadores en la mantención de un entorno de trabajo organizado, limpio, ordenado, seguro y eficiente.
- e. **Registro de cumplimiento:** Es importante mantener registro y seguimiento de las primeras fases de la filosofía, por lo que el encargado de registrar el cumplimiento de dichas actividades deberá realizar el seguimiento y control del cumplimiento de orden y limpieza, para realizar dicho registro por semana, se propone el siguiente formato.

Tabla 126. Registro propuesto para el cumplimiento de actividades.

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES								
N°	01	Fecha de elaboración:		01/05/2023				
Auditor:				Jornada	Matutina			
Registrar con (✓) las actividades que se han realizado correctamente, caso contrario colocar (X).								
Puesto de trabajo	Semana	Ítem	L	M	X	J	V	Sub. Total
Celda #7	12	Seiri (Clasificar)						
		Los elementos de trabajo se encuentran completos	✓	✓	✓	✓	✓	5
		Seiton (Ordenar)						
		Los elementos de trabajo se encuentran ordenados	✓	✓	✓	✓	✓	5
		Seiso (Limpieza)						
		Puesto de trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	5
Maquinaria	✓	✓	✓	✓	✓	5		
TOTAL								20/20
Cumplimiento (Firma del auditor)		Puntaje			Calificación			
_____		20			Excelente			
		19-15			Muy bueno			
		14-10			Bueno			
		9-5			Malo			
		4-0			Muy malo			
Observaciones:								
Revisado por:				Aprobado por:				

- **Presupuesto para la implementación**

De acuerdo a las propuestas de mejora planteadas anteriormente por cada una de las fases, se ha considerado importante realizar un presupuesto para la implementación de las 5'S, en la Tabla 127, se consideran los costos en cuanto a la limpieza, orden y seguimiento que se debe realizar para dicha implementación.

Tabla 127. Presupuesto para implementar 5'S.

Elementos	Cantidad	Costo Unitario	Sub Total
Costo de implementación	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Tarjetas rojas	50	\$ 0.20	\$ 10.00
Capacitaciones (anual)	12	\$ 20.00	\$ 240.00
Señalética para pasillos	3	\$ 21.62	\$ 64.86
Basureros metálicos	3	\$ 25.00	\$ 75.00
Letreros de señalización	10	\$ 5.00	\$ 50.00
Pintura de marcaje de piso (Gal)	2	\$ 24.49	\$ 48.98
Estanterías de 5 niveles	1	\$ 88.00	\$ 88.00
Escobas	8	\$ 1.50	\$ 12.00
Costo Total			\$ 738.84

De acuerdo a la tabla anterior, se debe destinar \$ 738.84 por año para implementar propuestas de mejora. En conclusión, al implementar esta metodología de mejora, se pueden obtener una serie de beneficios a los trabajadores y la alta gerencia, ya que, el entorno de trabajo se vuelve más seguro y con una mayor eficiencia operativa y productiva, además, brinda una mejor imagen hacia los clientes y colaboradores en general, sin embargo, es importante establecer una cultura sólida en la que estas prácticas sean valoradas, cumplidas y priorizadas en el día a día de la empresa.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Por medio del diagnóstico inicial realizado en el área de metal mecánica y de la entrevista no estructurada a los dos supervisores del área, se denotó la necesidad de realizar un estudio de tiempos y movimientos, debido a que, se manejan empíricamente los tiempos de producción y se desconoce la capacidad de producción actual, para ello, mediante la observación directa en las visitas diarias al área de estudio, se ha realizado una recolección de toda la información necesaria de la empresa y de sus procesos productivos para llevar a cabo el desarrollo de la investigación.
- Se realizó el análisis ABC a partir del histórico de ventas desde el año 2019 hasta el 2022, en total se obtuvo una cantidad de 252 productos vendidos en dicho periodo de tiempo, para el análisis se calculó el valor de facturación por producto, el porcentaje de facturación y el porcentaje de facturación acumulada, seguidamente se clasificó cada producto en base a la categoría perteneciente, dentro de la categoría A, se encuentran los productos que representan un 80% de ingresos, seguido de las categorías B y C con una representación del 15% y 5%, respectivamente. Como resultados de este análisis, se obtuvo que dentro de la categoría A, se encuentran 36 productos, sin embargo, para el estudio de tiempos y movimientos, únicamente se consideró el producto que lidera dicha categoría, ya que, representa un 10.31% de facturación, siendo este el producto más vendido, el cual se denomina “Transformador Monofásico Sub 25 kVA”, además, se ha tomado solo este producto para el análisis, puesto que, este estudio servirá como base para realizar estudios posteriores de los demás productos la categoría A.
- Se llevó a cabo el levantamiento de información de los procesos y subprocesos que integran al “Transformador Monofásico Sub 25 kVA”, en este caso, se identificaron tres procesos principales, siendo estos: la fabricación de tapas, bandas de cierre y cubas, en cuanto a los subprocesos se identificaron: la fabricación de platinas de tierra, bases, soportes para poste, soportes de izado y porta placas, con ello, se realizó el estudio tiempos y movimientos, en donde, se estableció el número mínimo de observaciones por cada proceso y subproceso, el factor de desempeño y los respectivos suplementos para

cada trabajador, por medio de ello, se obtuvo el tiempo observado, tiempo normal, el tiempo estándar.

- Al finalizar el estudio de tiempos, se calculó la capacidad de producción de cada uno de los procesos y subprocesos por estaciones de trabajo, tomando en consideración el tiempo disponible con la preparación de maquinarias y el tiempo asignado para la sección de conformado y pintura, dado que, cada proceso cuenta con un tiempo diferente; durante el cálculo de la capacidad de producción se identificaron los principales problemas, en este caso, los procesos críticos se presentaron en el conformado de tapas y cubas, así como en pintura de tapas, bandas cierre y cubas, mientras que, en los subprocesos no se identificaron problemas, ya que, al ser realizados de forma paralela y al no requerir de mayor tiempo, cumplen con la demanda requerida.
- Al analizar cada proceso crítico, se identificaron los principales problemas de cada uno, en el caso del conformado de bandas cumple con la demanda requerida de 50 unidades por día, sin embargo, para el conformado de tapas se observó una sobrecarga de trabajo la cual limitaba la capacidad de producción, debido a que, en dicha estación labora únicamente una sola persona con un tiempo disponible de 4 horas, por lo que, produce un total de 31.6 unidades, en cuanto, al conformado de cubas se identificó un cuello de botella en la estación 5 con un tiempo estándar de 10.47 min, al calcular el tiempo de ciclo del proceso (8.70 min), se evidenció que el tiempo estándar de la estación sobrepasa el tiempo de ciclo calculado, por tal motivo, limita la capacidad de producción a 41.55 unidades. En cuanto a la pintura de tapas, bandas de cierre y cuba, se identificó que el principal problema radicaba en las estaciones de trabajo en la que intervenía el horno de curado lo cual limitaba la capacidad producción, pues en dicho proceso se debe destinar un número de determinado de minutos por cada unidad para que el producto final sea de alta calidad.
- Para abordar los problemas identificados de los procesos principales, se desarrollaron propuestas de mejora por medio del balanceo de líneas, específicamente para el conformado de tapas y cubas; para el conformado de tapas se determinó que se requiere de al menos dos estaciones de trabajo, pudiendo cubrir la segunda estación con un operador diferente, en este caso, del conformado de bandas, donde, se necesitan 5 horas de trabajo para satisfacer la demanda, permitiendo utilizar el tiempo restante en el

conformado de tapas, con respecto, al conformado de cubas, se suprimieron actividades innecesarias y se realizó el balanceo de líneas, con lo que se puede lograr reducir el cuello de botella y aumentar la capacidad de producción, con estas propuestas se logra una eficiencia del 79.06 % y del 79.10%, y en productividad se obtuvo un aumento del 40.6% y del 20.94%, en el conformado de tapas y cubas, respectivamente. En cuanto a la pintura de tapas, bandas de cierre y cubas, al tener restricciones en las estaciones en las que intervenía el horno, únicamente se calculó el tiempo óptimo requerido para cumplir con las 50 unidades de cada uno, dicho tiempo se puede cubrir con la segunda jornada laboral, puesto que, se cuenta con dos y en ocasiones con tres turnos para esta sección.

- Finalmente, se planteó la propuesta de implementar la filosofía 5'S para el área de metal mecánica, esto se debe a que, en la evaluación inicial realizada por cada fase de la filosofía se obtuvo un promedio del 39% de cumplimiento, para abordar esta situación, se proponen varias alternativas de mejora para cada una de las fases, algunas de ellas son: aplicación de tarjetas rojas, colocación de señalética en los pasillos de circulación, identificación y almacenamiento adecuado de herramientas, manuales de limpieza para estación de trabajo y maquinaria, la formación de un comité de orden y limpieza, capacitaciones y la implementación de formatos para registrar el cumplimiento de las actividades planteadas, para llevar a cabo estas propuestas se ha calculado un presupuesto estimado anual de \$738.84, con ello, se espera mejorar el entorno de trabajo, es decir, crear un entorno laboral más seguro y agradable que influya de forma positiva en el desempeño de los trabajadores y en el flujo de los procesos productivos, además, de promover una cultura organizacional de excelencia.

4.2 Recomendaciones

- Realizar el estudio de tiempos y movimientos para los demás productos de la categoría A, para determinar la capacidad de producción por cada uno de los productos que se fabrican en dicha área, puesto que, eso ayudará a la correcta y eficiente planificación de la producción para que satisfagan adecuadamente a la demanda del mercado.
- En caso de implementar las propuestas de mejora del balanceo de líneas, se deben actualizar los instructivos y procedimientos de trabajo, especialmente, para la estación de trabajo en la que se reasignaron las actividades, para el desarrollo correcto de las mismas.

- Se recomienda implementar la filosofía de las 5'S, ya que, al ser un área en la que se trabaja con planchas metálicas, pintura en polvo y restos de todo tipo derivados de los procesos productivos, se presentan problemas potenciales que pueden poner en riesgo la seguridad de los trabajadores, además, pueden ser causantes de fallas en los equipos por la ausencia de limpieza de las estaciones de trabajo y de las máquinas del área en general.
- El estudio queda disponible para la aplicación de otras herramientas y metodologías de mejora continua, una de ellas, sería la implementación de Lean Manufacturing, enfocándose, específicamente en todo lo relacionado con la preparación de máquinas, debido a que, en el área de metal mecánica se identificaron varias preparaciones de maquinarias que consumen un tiempo importante de producción, lo que indica la relevancia de llevar este tipo de estudio para la optimización de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. M. Ibarra Baldera and L. L. Ballesteros Medina, “Manufactura Esbelta,” *Concienc. tecnológica*, no. 53, p. 7, 2017.
- [2] A. M. Ovalle Castiblanco and D. M. Cárdenas Aguirre, “¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura,” *Ing. Investig. y Desarro.*, vol. 16, no. 2, pp. 12–31, 2016, doi: 10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5443.
- [3] D. A. Garcés and O. D. Castrillón, “Diseño de una técnica inteligente para identificar y reducir los tiempos muertos en un sistema de producción,” *Inf. Tecnol.*, vol. 28, no. 3, pp. 157–170, 2017, doi: 10.4067/S0718-07642017000300017.
- [4] G. N. Lizano Guzmán, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de floreros en la empresa MASTER FIBRA,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [5] S. Espín, “Estudio de tiempos, movimientos y optimización del proceso de reencauche de neumáticos en la empresa reencauchadora de la sierra, CAUCHO SIERRA S.A.,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [6] C. Quispe, “Mejoramiento de la capacidad de producción aplicando herramientas Lean Manufacturing en carrocerías LOS ANDES,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [7] P. Lopez, “La productividad es casi todo,” *Inst. Econ. la USFQ*, no. 69, pp. 1–4, 2017.
- [8] D. C. Turin Scharff, “Análisis de la implementación del pensamiento lean en empresas latinoamericanas y diferencias entre Lean Service y Lean Manufacturing,” Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020.
- [9] A. Andrade, C. Del Río, and D. Alvear, “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado,” *Inf. tecnológica*, vol. 30, no. 3, pp. 83–94, 2019.
- [10] A. Espín, C. Lanchimba, and F. Remache, “Factores que afectan la productividad de las empresas. Caso Ecuador,” *Rev. Chil. Econ. y Soc.*, vol. 16, no. 1, pp. 69–87, 2022.

- [11] L. de los Á. Pilco, “Estudio de tiempos y movimientos para la mejora del proceso de lavado en la producción de jeans de la empresa ANDERSON JEAN’S,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [12] M. F. Martínez and J. A. Guerrero, “Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos,” *Pädi Boletín Científico Ciencias Básicas e Ing. del ICBI*, vol. 10, no. 19, pp. 30–41, 2022.
- [13] K. Bravo, J. Menéndez, and F. Peñaherrera, “Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas,” *Obs. la Econ. Latinoam.*, pp. 1–9, 2018.
- [14] C. Cuevas Arteaga, Y. Á. González Montenegro, M. del C. Torres Salazar, and M. G. Valladares Cisneros, “Importancia de un estudio de tiempos y movimientos,” *Inventio*, vol. 16, no. 39, 2020.
- [15] J. Velázquez, M. Fierro, and J. Chávez, “Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla,” *Ing. Ind.*, vol. 4, no. 13, pp. 1–7, 2020.
- [16] A. M. Muñoz Choque, “Estudio de tiempos y su relación con la productividad,” *Rev. Investig. en Ciencias la Adm. ENFOQUES*, vol. 5, no. 17, pp. 40–54, 2021.
- [17] D. Parra, F. Domínguez, and C. Cortes, “Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias,” *Cienc. Adm.*, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [18] R. E. Paredes Quispe, M. E. Alcalá Adrianzén, and O. A. Giocochea Ramírez, “Propuesta de mejora en producción según teoría de ingeniería de métodos para aumentar la productividad en la planta agroquímica Tecnobior, Pacanguilla, 2021,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, pp. 1–9, 2022.
- [19] J. C. Quiroz Flores, H. A. Araujo Chuquiruna, and A. A. Villa Carrasco, “Lean Kaizen model to reduce waste in the mixing process based on engineering methods in a precast concrete company.,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, pp. 1–7, 2023, doi: 10.18687/leird2022.1.1.19.
- [20] O. E. Escalante Torres, “Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en

una empresa de procesamiento de vidrio templado,” *Ind. Data*, vol. 24, no. 1, pp. 219–242, 2021, doi: 10.15381/idata.v24i1.19814.

- [21] A. Añorga González, A. Becerra Iparraguirre, S. González Velásquez, D. Patiño Botton, M. Vereau Grados, and R. Castillo Cabrera, “Diseño de un sistema ABC, Estudio de tiempos y Movimientos con sistema de incentivos, Celdas de manufactura, Manual de procedimientos y Kardex para la reducción de costos en una empresa de derivados lácteos.,” *Rev. Ing. Matemáticas y Ciencias la Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 165–178, 2021.
- [22] J. Quinto de la Cruz, “Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmeccánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada,” Universidad Nacional del Callao, 2019.
- [23] G. Cascante Miño, J. Moyano Alulema, and C. Santillán Mariño, “Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,” *Ing. Ind.*, vol. 40, no. 2, pp. 1–13, 2019.
- [24] A. Espinoza and M. Criollo, “Modelo de Producción para la Reducción de Tiempos de Entrega de Pedido en una empresa metalmeccánica de Lima Metropolitana basado en Six Sigma,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2021.
- [25] K. C. Gallegos, “Mejora en la productividad para la fabricación de tambores metálicos en una empresa metalmeccánica en base a la implementación de la metodología 5S,” Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2020.
- [26] E. A. Fuentes Rojas and G. V. Florez Rozo, “Standardization of manufacturing times in the Company Industrias Inca S.A.S (AZZORTI), through the implementation of databases with times analyzed through MTM,” *Rev. Ing. Matemáticas y Ciencias la Inf.*, vol. 9, no. 18, pp. 53–63, 2022.
- [27] D. Monroy, P. Álvarez, and J. Quiñonez, “Estudio de tiempos y movimientos en industria textil en Hermosillo, Sonora,” *Univ. y Cienc.*, vol. 10, pp. 231–240, 2021.
- [28] K. Gamboa, “Estudio de tiempos y movimientos para optimizar los procesos productivos en la corporación IMPACTEX CIA, LTDA del cantón Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.

- [29] R. D. Gómez Coello, “Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa “Facalsa” de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos,” *Cienc. Lat.*, vol. 5, no. 5, pp. 7798–7807, 2021.
- [30] P. Mendoza, J. Erazo, and C. Narváez, “Estudio de tiempos y movimientos de producción para Fratello Vegan Restaurant,” *Rev. Interdiscip. Humanidades, Educ. Cienc. y Tecnol.*, vol. 5, no. 1, pp. 271–297, 2019, doi: 10.35381/cm.v5i1.267.
- [31] Z. Wahid, M. R. C. Daud, and K. Ahmad, “Study of productivity improvement of manual operations in soya sauce factory,” *IJUM Eng. J.*, vol. 21, no. 1, pp. 202–211, 2020, doi: 10.31436/iiumej.v21i1.1237.
- [32] G. Bocángel, C. Rosas, A. Bocángel, R. Perales, and J. Hilario, *Ingeniería Industrial-Ingeniería de Métodos I*, Primera Ed. Lima: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2021.
- [33] B. Martínez, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el proceso de elaboración de calzado casual de hombre en la empresa CALZADO KF BARONA,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [34] P. Cañar, “Estudio de tiempos y movimientos de los procesos de mantenimiento de las casetas en el taller de guías y montajes de los trenes 1 y 2 de la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [35] M. Rodríguez, “Estudio de tiempos y movimientos en el área de abastecimiento de la empresa CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA.,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [36] M. Arcos, “Estudio de tiempos y movimientos en el centro de faenamiento E.T ‘ELINA TORRES’ en los procesos de producción de la línea bovina,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [37] C. Mira de Jesus and H. Solis, “La estandarización de procesos , como herramienta de mejora a la calidad de procesos administrativos,” Universidad Nacional Autónoma de México, 2016.
- [38] C. M. Abril, L. Mantilla, M. Ruiz, and M. Moyolema, “PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE CALZADO

- ECUATORIANA : CASO EMPRESA MABELYZ,” *Revista ECA Sinergia*, vol. 7, pp. 88–100, 2015.
- [39] N. Caba, O. Chamorro, and T. Fontalvo, *Gestión de la Producción y Operaciones.*, Segunda ed. Colombia: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000, 2011.
- [40] L. Gutierrez, “Estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa COMPUBORDADO,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [41] L. Acero, *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*, Segunda ed. Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda., 2016.
- [42] E. Remache, “Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de los procesos productivos en el área de post cosecha de la empresa florícola FLORES LA UNIÓN,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [43] D. Chipantiza, “Gestión de la producción para reducir desperdicios de tiempo del proceso de aparado utilizando la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED) en industrias de manufactura de calzado de cuero,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [44] J. Vásquez, “Gestión de procesos en el área de producción de la empresa textil EDY SÁNCHEZ SPORT,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [45] R. Sanchis, “Diagramación de procesos,” Universidad Politècnica de València, 2020.
- [46] A. Domínguez, “Aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado de la empresa ECUAMATRIZ CÍA. LTDA,” Universidad Técnica de Ambato, 2020.
- [47] J. López, E. Alarcón, and M. Rocha, *Estudio del trabajo*, Primera ed. México: Grupo Editorial Patria, 2014.
- [48] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Duodécima. México: McGrawHill, 2009.
- [49] B. Salazar, “Suplementos del Estudio de tiempos,” *Ingeniería Industrial*, 2019. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/> (accessed Nov. 26, 2022).

- [50] R. Chase and R. Jacobs, *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*, Decimoterc. México: McGrawHill, 2014.
- [51] W. Chimborazo, “Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de ensamble del modelo Wingle 7, planta de pintura, área de lijado y sellado de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [52] F. Parada, “Aplicación de metodología Value Stream Mapping para identificar cuellos de botella por escenarios en minera LOS PELAMBRES,” Universidad de Chile, 2020.
- [53] W. Winston, *Investigación de Operaciones-Aplicaciones y algoritmos*, Cuarta edi. México: Thomson, 2006.
- [54] J. Heizer and B. Render, *Principios de Administración de Operaciones*, Séptima ed. México: Pearson Educación, 2009.
- [55] M. Lefcovich, *Productividad: su gestión y mejora continua: objetivo estratégico*. Santa Fé, Argentina: El Cid Editor, 2009.
- [56] R. García, *Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*, Segunda ed. México: McGrawHill, 2005.
- [57] F. Rey Sacristán, *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid/España: FC Editorial, 2005.
- [58] M. Manzano Ramírez and V. Gisbert Soler, “Lean Manufacturing: Implantación 5S,” *3C Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 16–26, 2016, doi: 2254-4143.
- [59] M. Jara, “El método de las 5s: su aplicación,” *Ecotec*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [60] M. J. Page *et al.*, “Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas,” *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, no. 9, pp. 790–799, 2021.
- [61] J. E. Naranjo, D. G. Sanchez, A. Robalino-Lopez, P. Robalino-Lopez, A. Alarcon-Ortiz, and M. V. Garcia, “A scoping review on virtual reality-based industrial training,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 22, pp. 1–31, 2020.
- [62] Z. R. Vargas Cordero, “La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica,” *Rev. Educ.*, vol. 33, no. 1, pp. 155–165, 2009,

doi: 10.15517/revedu.v33i1.538.

- [63] L. José, “Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria,” *Cienciaamérica*, vol. 1, no. 3, pp. 34–39, 2014.
- [64] R. Sampieri, C. Fernández, and M. del P. Baptista, *Metodología de la investigación*, Sexta edic. México: McGrawHill, 2014.
- [65] P. Schettini, *Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2016.
- [66] R. Chavarria Cosar, “NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo,” *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, vol. 6, p. 28, 1989.
- [67] Norma de Reducción de Desastres Número Dos NRD2 “CONRED,” “Catálogo de Señalización Industrial.” Printext, Guatemala, p. 30, 2019.
- [68] Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA), “OSHA 3573-09R 2015: Boletín para la Industria en General.” Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, Estados Unidos, p. 120, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de resumen de los documentos encontrados por medio de la metodología PRISMA.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
1	A1	Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado	Scielo	2021	VP2	- Omar Enrique Escalante Torres	Dentro de este artículo, se aplican varias herramientas de mejora para la productividad, una de las más importantes, el balanceo de líneas que, junto a otras herramientas de mejora continua demuestran que se pueden alcanzar resultados positivos en la capacidad de producción de las líneas de la empresa y aumentar las ganancias.
2	A2	Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado	Scielo	2019	VP3	- Adrián M. Andrade - César A. Del Río - Daissy L. Alvear	El artículo describe los resultados importantes que obtuvieron en el incremento de la productividad al aplicar un estudio de tiempos y movimientos en una industria de calzado, además, se apoyaron de otras metodologías como: Diagrama Ishikawa, 6M de calidad, etc.
3	A3	Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro	Scielo	2019	VP3	- Gloria Miño Cascante - Julio Moyano Alulema - Carlos Santillán Mariño	El artículo presenta un estudio de tiempos para balancear la carga de trabajo de cada una de las estaciones de trabajo en el área de soldadura, con el fin de lograr ajustarse y cumplir con la demanda de sus clientes.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
4	A4	Normalización de tiempos de confección en la empresa industrias INCA S.A.S (AZZORTI), por medio de la implementación de bases de datos con tiempos analizados por medio de MTM/ Standardization of manufacturing times in the Company Industrias Inca S.A.S (AZZORTI), through the implementation of databases with times analyzed through MTM	Dialnet	2022	VP2	<ul style="list-style-type: none"> - Ever Ángel Fuentes Rojas - Gisette Viviana Florez Rozo 	El artículo presenta la estandarización de tiempos en los procesos productivos de una empresa de confección, para ello, implementan la metodología DMAIC para definir los problemas, erradicarlos y estandarizarlos por medio de la metodología MTM (Métodos y Tiempos), que analiza los métodos de operación de los trabajadores para mejorar y disminuir los tiempos en ejecutar una tarea.
5	A5	Diseño de un sistema ABC, Estudio de tiempos y Movimientos con sistema de incentivos, Celdas de manufactura, Manual de procedimientos y Kardex para la reducción de costos en una empresa de derivados lácteos.	Dialnet	2021	VP2	<ul style="list-style-type: none"> - Ana Paula Añorga González - Andrés Josué Becerra Iparraguirre - Sergio Enrique González Velásquez - Daniela Patiño Botton Mariafernanda Vereau Grados - Rafael Castillo Cabrera 	El artículo enfatiza la importancia de lograr reducir los tiempos estándar de sus procesos, además, la de llevar una adecuada gestión de stock, ya que, se generan tiempos altos en la búsqueda de productos que retrasan la producción y que incurren en la generación de costos.
6	A6	Estudio de tiempos y movimientos en industria textil en Hermosillo, SONORA	Dialnet	2021	VP2	<ul style="list-style-type: none"> - Dinora Monroy Meléndez - Penélope Guadalupe Álvarez Vega - Jazmín Argelia Quiñonez Ibarra 	Presenta la metodología MOST (Maynard Operation Sequence Technique), su principal objetivo, es establecer tiempos estándar y métodos de trabajo adecuados a la hora de buscar una mejora en la línea de producción de una industria textil.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
7	A7	Importancia de un estudio de tiempos y movimientos	Dialnet	2021	VP3	<ul style="list-style-type: none"> - Cecilia Cuevas Arteaga - Yoshi Ángel González Montenegro - María del Carmen Torres Salazar - María Guadalupe Valladares Cisneros 	Este artículo describe la importancia de aplicar un estudio de tiempos y movimientos dentro de una industria, además, presenta las ventajas y requisitos para llevar a cabo este estudio y plantea varias estrategias aplicables que eleven la eficiencia de los trabajadores, actividades y principalmente de los procesos.
8	A8	Estudio de tiempos y su relación con la productividad	Redalyc	2021	VP3	<ul style="list-style-type: none"> - Angie Mabel Muñoz Choque 	El artículo denota la íntima relación del estudio de tiempos con la productividad de una empresa, especialmente, cuando existen factores que afectan la productividad tanto en la mano de obra como en las máquinas y recursos utilizados.
9	A9	Estudio de tiempos como base para trazar estrategias orientadas al incremento de la eficiencia del proceso de batido de una planta de producción de helados	Redalyc	2020	VP3	<ul style="list-style-type: none"> - André Gianfranco Alfaro Pacheco - Rosa Karol Moore Torres 	Realizar un balance de líneas para la producción de helados con el objetivo de reducir los cuellos de botellas y el número de operarios.
10	A10	Production Improvement Proposal According to Engineering Theory of Methods to Increase Productivity at the Tecnobior Agrochemical Plant, Pacanguilla 2021	Scopus	2022	VP1	<ul style="list-style-type: none"> - Quispe R.E.P. - Adrianzén M.E.A. - Ramírez O.A.G. 	Este estudio presenta los resultados obtenidos al aplicar un estudio de tiempos y movimientos en una planta agroquímica, donde, a partir de los resultados del estudio, lograron identificar los principales problemas que inciden en la baja productividad, y aplican una serie de herramientas y técnicas de mejora para incrementar la productividad de la planta.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
11	A11	Lean Kaizen model to reduce waste in the mixing process based on engineering methods in a precast concrete company; [Modelo Lean Kaizen para reducir mermas en el proceso de mezclado basado en métodos de ingeniería en una empresa de prefabricados de concreto]	Scopus	2022	VP2	<ul style="list-style-type: none"> - Quiroz Flores J.C. - Araujo Chuquiruna H. - Villa Carrasco A.A. 	Este artículo propone un modelo Lean Kaizen para reducir desperdicios en tiempos y distancias e insumos utilizados en empresas.
12	A12	Productivity improvement study of manual operations in a soy sauce factory.	Scopus	2020	VP3	<ul style="list-style-type: none"> - Zaharah Wahid; - Mohd Radzi Che Daud - Kartini Ahmad 	Este artículo denota que el rediseño de planta puede llegar a mejorar considerablemente la productividad de una empresa, ya que, se disminuyen tiempos en recorridos, se mejoran los espacios de trabajo y se reducen los cuellos de botella.
OTROS							
13	A13	Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas	Edumed	2018	VP1	<ul style="list-style-type: none"> - Katherine Lissette Bravo Arroyo - Jessica Menéndez Dávila - Fabian Peñaherrera Larenas 	Menciona que la medición del trabajo dentro de una industria debe ser desarrollado con la mayor exactitud posible para detectar los tiempos innecesarios que afectan a ciclo productivo.
14	A14	Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias	Otros	2020	VP2	<ul style="list-style-type: none"> - Daniel Bello Parra - Félix Murrieta Domínguez - Carlos Alberto Cortes Herrera 	Presenta conceptos fundamentales que intervienen en un estudio de tiempos y movimientos, principalmente, técnicas utilizadas en la medición de tiempos, indicadores y procedimientos para ejecutar el estudio.

Nº	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
15	A15	Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos	Otros	2022	VP2	- Martínez, M.F. - Guerrero, J.A	Muestra técnicas para llevar un adecuado desarrollo del estudio de tiempos, con las técnicas descritas, permiten al analista facilitar el estudio y obtener resultados confiables y precisos a la hora de calcular los tiempos estándar para buscar mejorar la productividad de una empresa.
16	A16	Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla	Ecorfan	2020	VP3	- Velázquez Mancilla, Jorge Enrique; - Fierro Xochitototl, María Concepción - Chávez Medina, Juan	Busca destacar la importancia de estandarizar los procesos con tiempos y métodos eficaces que aumenten la productividad de cada una de las operaciones.
17	A17	Estudio de tiempos y movimientos de producción para Fratello Vegan Restaurant	Cienciamatria	2019	VP3	- Paulina Alejandra Mendoza Novillo - Juan Carlos Erazo Álvarez - Cecilia Ivonne Narváez Zurita	Denota que el estudio de tiempos y movimientos aporta buenos resultados a la hora de aplicarlo en la línea de restaurantes, principalmente, para mejorar el nivel de servicio y satisfacción del cliente en cuanto a la entrega de comida.
18	A18	Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa "Facalsa" de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos	Otros	2021	VP3	- Ray David Gómez Coello	Este artículo presenta los resultados obtenidos al estandarizar los procesos en una empresa de calzado, específicamente, demostrar el nivel de mejora alcanzado en la productividad del proceso.
19	A19	Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de una empresa pesquera.	Otros	2018	VP3	- Yasuri Yomira Su Ramírez - Ruth Margarita Quiliche Castellares	Determinar mejores métodos de trabajo para reducir demoras en el personal de trabajo y alcanzar un incremento en la productividad.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
20	T1	Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de floreros en la empresa MASTER FIBRA	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Génesis Nicole Lizano Guzmán	Mejorar la productividad del área de producción de floreros mediante una propuesta de redistribución de la planta.
21	T2	Estudio de tiempos, movimientos y optimización del proceso de reencauche de neumáticos en la empresa reencauchadora de la sierra, CAUCHO SIERRA S.A.	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Stalin Fabricio Espín Silva	Llevar a cabo el desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos con el objetivo de eliminar desperdicios, reprocesos, tiempos y desplazamientos innecesarios.
22	T3	Estudio de tiempos y movimientos para la mejora del proceso de lavado en la producción de jeans de la empresa ANDERSON JEAN'S,	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Lizbeth de los Ángeles Pico Silva	Mejorar la capacidad productiva de los procesos mediante la aplicación de la metodología 5'S y SMED.
23	T4	Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmecánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada	Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Callao	2018	VP3	- Jorge Luis Quinto de la Cruz	Determinar la relación de la aplicación del estudio de tiempos con la eficiencia de los operadores de planta del área de reparación de una metalmecánica.
24	T5	Estudio de tiempos y movimientos para optimizar los procesos productivos en la corporación IMPACTEX CIA, LTDA del cantón Ambato	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Kleber Fabian Gamboa Parra	Plantear una propuesta de mejora en la línea de producción de confección de ropa apoyado con la simulación en el software FlexSim.
25	T6	Estudio de tiempos y movimientos de los procesos de mantenimiento de las casetas en el taller de guías y montajes de los trenes 1 y 2 de la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Oliver Javier Suárez Llerena	Estandarizar los procesos, con el fin de reducir los tiempos y movimientos en las actividades de mantenimiento por medio de un manual de procesos y procedimientos.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
26	T7	Estudio de tiempos y movimientos en el centro de faenamiento E.T 'ELINA TORRES' en los procesos de producción de la línea bovina	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Miguel Ángel Arcos Aldas	Determinar los tiempos estándar del proceso de faenamiento para balancear las líneas, aplicar la metodología 5'S y validar de los resultados positivos mediante una simulación en FlexSim.
27	T8	Estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa COMPUBORDADO	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Luis Roberto Gutiérrez Veliz	Aplicar la metodología 5'S, estandarización de operaciones, redistribución de máquinas y nuevos métodos de trabajo que busquen mejorar la productividad de las operaciones
28	T9	Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de los procesos productivos en el área de post cosecha de la empresa florícola FLORES LA UNIÓN	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Edison Geovanny Remache Aimacaña	Mejorar los procesos productivos del área de post cosecha con una simulación en el software FlexSim en el que se evalúan varias propuestas, entre ellas: implementar nuevas máquinas y contratar más personal.
29	T10	Mejora en la productividad para la fabricación de tambores metálicos en una empresa metalmecánica en base a la implementación de la metodología 5S	Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador	2020	VP3	- Katherine Clara Gallegos Manrique	Implementar la metodología 5'S para mejorar la productividad en la fabricación de tambores metálicos en una empresa metal mecánica.
30	T11	Modelo de Producción para la Reducción de Tiempos de Entrega de Pedido en una empresa metalmecánica de Lima Metropolitana basado en Six Sigma	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (Repositorio Académico)	2021	VP3	- Espinoza Cuadros Anelit Nelva - Criollo Marcavillaca Miriam Rosalinda	Diseñar un modelo de producción que solucione el retraso en la entrega de pedidos de una empresa metalmecánica, por medio de la aplicación de la metodología Six Sigma y DMAIC.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
31	T12	Estudio de tiempos y movimientos en el área de abastecimiento de la empresa CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Mariuxi Katherine Rodríguez Conde	Reducir los tiempos en el proceso de desempaque una línea de producción específica, a través de aplicación de la metodología 5'S.
32	T13	Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de ensamble del modelo Wingle 7, planta de pintura, área de lijado y sellado de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA	Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato	2022	VP3	- Wilmer Ronaldo Chimborazo Chicaiza	Eliminar tiempos muertos y cuellos de botella en el área de lijado y sellado con la implementación de propuestas de mejora que se han respaldado con los resultados del software FlexSim.
33	L1	Manual de prácticas. Ingeniería de Métodos	Otros	1994	VP1	- Leonel de la Roca	Libro que presenta algunos de diagramas para estudio de tiempos, escalas de calificación para el desempeño, y evaluación de MTM (métodos y tiempos).
34	L2	Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros. Decimotercera edición.	Otros	2014	VP1	- Richard Chase - Robert Jacobs	Libro que presenta el diseño de puestos y medición del trabajo con la aplicación de algunas herramientas que ayudan a la mejora de la productividad. Principalmente, describe a profundidad la cadena a suministros y la administración de operaciones, entre otras temáticas.
35	L3	Ingeniería Industrial. Ingeniería de Métodos I.	Otros	2021	VP1	- Guillermo Bocángel - Cesar Rosas - Guillermo Marín - Roberto Perales - Jorge Holario	Libro que presenta la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos para aumentar la productividad y rentabilidad de una organización.
36	L4	Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Segunda edición.	Google books	1996	VP1	- Roberto García Criollo	Libro que describe el estudio de los métodos de trabajo, como simplificarlos el trabajo, aplicación de nuevo métodos, diagramas de procesos y procedimientos para la medición del trabajo.

N°	Código	Título	BDD	Año	Punto de vista	Autor(s)	Objetivo
37	L5	Ingeniería de Métodos, Movimientos y Tiempos. Primera edición.	eLibro	2009	VP1	- Luis Carlos Palacios Acero	Libro que describe conceptos básicos que intervienen en este tipo de estudios, por ejemplo, la importancia de la productividad, procedimientos para el estudio de tiempos y movimientos y distribución de planta, etc.
38	L6	Ingeniería de Métodos, Movimientos y Tiempos. Segunda edición.	eLibro	2016	VP1	- Luis Carlos Palacios Acero	Libro que aporta información general de la ingeniería de métodos y describe el procedimiento para un estudio tiempos y movimientos, técnicas para la medición del trabajo y una serie de diagramas y gráficos para plasmar la información del estudio.
39	L7	Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Duodécima edición.	Otros	2009	VP2	- Benjamín Niebel - Andris Freivalds	Libro que presenta el procedimiento para ejecutar un estudio de tiempos, además, describe algunos métodos de diseño de trabajo, herramientas de solución de problemas, etc.
40	L8	Estudio del trabajo. Una nueva visión.	Otros	2014	VP2	- Julián López Peralta - Enrique Alarcón Jiménez - Mario Antonio Rocha Pérez	Libro que presenta los diferentes métodos para la medición del tiempo, muestreo de trabajo y procesamiento de los datos obtenidos para obtener tiempos estándar y capacidad de producción.

Anexo 2. Formato de la entrevista no estructurada.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial	
Área:	Metalmecánica	
Fecha:	25/04/2023	
Hora:	9h00	
Entrevistador:	Daniel Velastegui	
Entrevistados:	- Vladimir Mejía - Joffre Peñaloza	
1. ¿Conocen cuál es el producto de mayor demanda?		
2. ¿Se han realizado estudios de tiempos y movimientos en el área?		
3. ¿Los tiempos que manejan se han obtenido con el estudio de tiempos o son empíricos?		
4. ¿Cree necesario realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos que le permita mejorar la producción?		
5. ¿Creen que la carga de trabajo es la adecuada?		
6. ¿Piensa que es necesario aumentar al personal para mejorar la capacidad de producción?		
7. ¿Cree usted que la distribución respecto a los puestos de trabajo y el orden en la empresa es la adecuada?		
8. ¿Cree que la empresa cuenta con los quipos necesarios para la realizar las actividades de producción?		
9. ¿Cuáles son los factores que intervienen para que haya retrasos en las entregas de los pedidos de producción?		
10. ¿Los reprocesos son un factor que está constantemente presente en la línea de producción? Si/No y que se debe.		
11. ¿Actualmente, cuentan con la implementación de alguna herramienta de mejora continua en el área, es eficiente, deficiente, que le haría falta?		
12. ¿Cuál sería su propuesta de mejora para optimizar el proceso productivo?		

Anexo 3: Entrevista no estructurada.



Anexo 4. Certificado de calibración del cronómetro.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CC-2271-002-23



Cliente: <i>Customer</i>	ECUATRAN S.A.	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: <i>Address</i>	CALLE VENEZUELA S/N Y BERNARDINO ECHEVERRÍA	
Teléfono: <i>Phone Number</i>	099 299 9104	
Persona de Contacto: <i>Contact Person</i>	Ángeles Maldonado	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Objeto: <i>Item</i>	CRONÓMETRO 	This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)
Marca: <i>Manufacturer</i>	ELICROM	
Modelo: <i>Model</i>	PS532	In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
No. de Serie⁽¹⁾: <i>Serial Number</i>	NO ESPECIFICA	
Identificación: <i>Identification</i>	E-31565	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i>	NO ESPECIFICA	
Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i>	2023-04-19	
Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i>	2023-04-19	
Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i>	-	
Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i>	Anthony Bajaña	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-04-20
Person authorizing / Date of Issue


Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2023-04-20 15:29:58

Anexo 5. Certificado de calibración de la cinta métrica.



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017**

Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CC-2271-001-23



Cliente: <i>Customer</i>	ECUATRAN S.A.	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: <i>Address</i>	CALLE VENEZUELA S/N Y BERNARDINO ECHEVERRÍA	
Teléfono: <i>Phone Number</i>	099 299 9104	
Persona de Contacto: <i>Contact Person</i>	Ángeles Maldonado	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Objeto: <i>Item</i>	CINTA MÉTRICA 	
Marca: <i>Manufacturer</i>	TRUPER	<i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)</i>
Modelo: <i>Model</i>	TP20ME	
No. de Serie⁽¹⁾: <i>Serial Number</i>	NO ESPECIFICA	<i>In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i>
Identificación: <i>Identification</i>	E-31551	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i>	NO ESPECIFICA	
Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i>	2023-04-18	
Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i>	2023-04-19	
Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i>	-	
Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i>	Alex Bajaña	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-04-19
Person authorizing / Date of Issue



Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2023-04-19 14:50:17

Anexo 6. Cronómetro y cinta métrica empleados.



Anexo 7. Cálculo de la capacidad de los subprocesos.

- **Platina de tierra**

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Carga plancha en mesa de CNC	0.59	3	1.77
Preparación de CNC láser	2.49	3	7.47
Total (min)			9.2
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2305.8
T. Disponible real por jornada (min)			461.2
T. Disponible real por hora (min)			57.6

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
Trasporta plancha de metal hasta CNC láser	0.69	Estación 1	1	48.9	390.8	1954.0
Corte de piezas en CNC láser	0.08					
Recolección de piezas	0.05					
Trasporta hasta soldadora de punto	0.36					
Tiempo estándar total	1.18			48.9	390.8	1954

- **Bases**

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Prepara máquina cizalla hidráulica	0.77	3	2.31
Prepara cizalla circular	6.89	3	20.67
Total (min)			23.0
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2292.0
T. Disponible real por jornada (min)			458.4
T. Disponible real por hora (min)			57.3

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
Corte cuadrangular en cizalla	1.06	Estación 1	1	15.4	122.9	614.5
Transporta hasta cizalla circular	0.30					
Corte circular del metal	2.21					
Transporta hasta formadora de bases	0.16					
Tiempo estándar total	3.73			15.4	122.9	614.5

- **Soportes para poste**

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Carga la plancha a la mesa de la máquina	1.51	3	4.53
Prepara máquina cortadora de plasma CNC	2.18	3	6.54
Coloca matriz para soportes en prensa hidráulica	17.48	3	52.44
Total (min)			63.5
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2251.5
T. Disponible real por jornada (min)			450.3
T. Disponible real por hora (min)			56.3

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
Transporta plancha metálica	0.01	Estación 1	1	42.9	171.4	857.2
Corte de soportes	1.22					
Recoge piezas cortadas	0.08					
Quitar escoria de corte	0.47	Estación 2	1	65.5	261.8	1309.0
Formado de soportes	0.39					
Tiempo estándar total	2.17			42.9	171.4	857.2

- **Porta placa**

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Carga plancha en mesa	0.67	3	2.01
Prepara máquina cortadora CNC láser	2.98	3	8.94
Total (min)			11.0
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2304.1
T. Disponible real por jornada (min)			460.8
T. Disponible real por hora (min)			57.6

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
Transporta plancha metálica hasta CNC láser	1.81	Estación 1	1	23.8	190.4	952.1
Corte de porta placas	0.55					
Recoge piezas	0.06					
Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	0.33	Estación 2	1	51.2	410.0	2049.9
Doblado de porta placas	0.75					
Transporta hasta mesa de soldadura de accesorios	0.04					
Tiempo estándar total	3.54			23.8	190.4	952.1

- Soportes de izado

Preparación de máquinas	Tiempo estándar (min)	Frecuencia semanal	Tiempo en preparación de máquinas por semana
Carga plancha en mesa de CNC plasma	1.77	3	5.31
Prepara máquina cortadora de plasma CNC	1.67	3	5.01
Coloca matriz para doblar soportes	2.76	3	8.28
Total (min)			18.6
T. Disponible por semana (min)			2400.0
T. de receso (min/semana)			75.0
T. de charla de los lunes (min)			10.0
T. Disponible real por semana (min)			2296.4
T. Disponible real por jornada (min)			459.3
T. Disponible real por hora (min)			57.4

Actividad	T. E (min/u)	Estaciones de trabajo	# operarios	C.P (u/h)	CP por jornada	CP por semana
Transporta plancha metálica	1.84	Estación 1	1	28.4	227.4	1136.8
Corte de soportes de izado	0.18					
Transporta hasta cizalla	0.05	Estación 2	1	29.1	233.1	1865.1
Señala la plancha para separar soportes de izado	0.17					
Separa por corte en cizalla los soportes de izado	0.16					
Recoge piezas	0.06					
Transporta hasta esmeril	0.02					
Esmerila piezas	0.21					
Dobla los soportes de izado	1.27					
Transporta hasta la celda 7	0.04					
Tiempo estándar total	3.99			28.4	227.4	1136.8

¡Optimiza tu entorno de trabajo con la metodología 5S!



1. ORGANIZAR
Elimina lo innecesario de tu puesto de trabajo



2. ORDEN
Organiza tus herramientas y materiales de trabajo



3. LIMPIEZA
Mantén tu área de trabajo impecable



4. ESTADARIZACIÓN
Establece reglas y normas de organización, orden y limpieza



5. DISCIPLINA
Mánten la práctica contante



BENEFICIOS

- ✓ Mayor eficiencia en la tareas diarias.
- ✓ Mejor organización personal y del entorno laboral.
- ✓ Ambiente laboral seguro y limpio.
- ✓ Mayor satisfacción laboral y motivación.
- ✓ Aumento de la productividad.
- ✓ Mejora la calidad de los productos.
- ✓ Reducción de tiempos y desperdicios.



¡ÚNETE AL CAMBIO Y MEJORA TU ENTORNO LABORAL!