



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO
DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA BELTRÁN
INYECCIONES**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

ÁREA: Industrial y manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Angel Klever Quisintuña Toalombo

TUTOR: Ing. Freddy Roberto Lema Chicaiza

Ambato – Ecuador

septiembre - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA BELTRÁN INYECCIONES, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Angel Klever Quisintuña Toalombo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 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 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2022.

Ing. Freddy Roberto Lema Chicaiza

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA BELTRÁN INYECCIONES, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2022.



Angel Klever Quisintuña Toalombo

C.C. 1804495602

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Angel Klever Quisintuña Toalombo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA BELTRÁN INYECCIONES, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, septiembre 2022.

Ing. Carlos Sánchez Rosero

PRESIDENTE SUBROGANTE

Ing. José Luis Gavidia, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Fernando Urrutia, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Investigación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su producción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre 2022.



Angel Klever Quisintuña Toalombo

C.C. 1804495602

AUTOR

DEDICATORIA

*Primero a **Dios**, por guiar mi camino y cada paso de mi vida, por darme la oportunidad de vivir y sobre todo brindarme una familia y madre extraordinarias.*

*A mi **madre**, por el amor incondicional que me ha brindado y ante todo por su lucha y sacrificio incansable que ha realizado al ser padre y madre a la vez, por haber fortalecido en mí el sentido de la honestidad y el respeto.*

*A mis ángeles en el cielo, **William** y **Luis** que siempre me cuidan, protegen y guían, por ser mi motivación para lograr todas las metas que me proponga. A mi hermano **Orlando** por haberme apoyado siempre, contribuyendo en mi formación personal y académica.*

Angel Klever Quisintuña Toalombo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, salud, amigos y por su infinita bondad la oportunidad de estudiar y alcanzar la superación.

A mi familia, por el apoyo incondicional, por ser el motor de mi vida y por fortalecer la confianza en mí para poder alcanzar mis metas.

*A todos los docentes de la FISEI por los conocimientos brindados durante toda mi carrera universitaria y sobre todo un agradecimiento especial a mi tutor académico **Ing. Freddy Lema** por ser el guía de mi trabajo de investigación.*

*A la empresa “**Beltrán Inyecciones**”, a su gerente general Sr. Patricio Beltrán y a todo el personal que ahí labora por brindarme la apertura y contribución necesaria para el desarrollo efectivo de mi trabajo de investigación.*

Angel Klever Quisintuña Toalombo

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1 Tema de investigación	3
1.2 Antecedentes Investigativos	3
1.2.1 Contextualización del problema.....	5
1.2.2 Fundamentación teórica	7
Lean Manufacturing	7
Six Sigma	8
DMAIC	8
Proceso Productivo	9
Herramientas y filosofía del sistema Six Sigma	10
AMEF.....	21

SMED.....	22
FlexSim	22
Minitab.....	23
1.3 Objetivos.....	24
1.3.1 Objetivo General	24
1.3.2 Objetivos Específicos.....	24
CAPÍTULO II	25
METODOLOGÍA	25
2.1 Materiales.....	25
2.2 Métodos	26
2.2.1 Enfoque	26
2.2.2 Modalidad de Investigación	26
2.2.3 Población y muestra	27
2.2.4 Recolección de Información	27
2.2.5 Procesamiento y Análisis de Datos	29
CAPÍTULO III.....	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1 Análisis y discusión de resultados	48
3.1.1 Evaluación actual de la empresa	48
Análisis ABC de suelas para calzado.....	52
Descripción del proceso de inyección suelas para calzado	55
Mapa de procesos para la producción de suelas.....	59
Flujograma del proceso de inyección de suelas	60
3.1.2 Etapa de Definición.....	63
Diagrama SIPOC.....	63
Situación actual de la producción de suelas	64
Problemas críticos del proceso de inyección de suelas	72

Delimitación del problema crítico a tratar	84
Análisis de pérdidas	85
Project Charter (Carta del Proyecto)	91
3.1.3 Etapa de Medición.....	93
Identificación de la medición	93
Plan de muestreo y toma de datos	93
Cursograma analítico del proceso actual para el cambio de molde	96
Desempeño del proceso.....	98
Nivel de calidad Six Sigma del proceso de cambio de molde	116
3.1.4 Etapa de Análisis.....	118
Diagrama causa-efecto (Análisis 6M).....	118
Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)	123
Identificación de las causas (X) potenciales	126
3.1.5 Etapa de Mejora	127
Planteamiento de alternativas de mejora.....	127
Plan de acción (5w y 2h).....	128
Análisis de factibilidad.....	131
Análisis económico de las alternativas de mejora.....	132
Organización y etiquetado de moldes y estanterías	133
Procedimientos de trabajo para el cambio de moldes	134
Sistema SMED	143
Validación de la mejora a través de FlexSim 2019.....	154
3.1.6 Etapa de Control.....	169
Planteamiento de un sistema de control de mejora	170
Monitorear el proceso	172
CAPÍTULO IV	173
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	173

4.1 Conclusiones.....	173
4.2 Recomendaciones.....	175
MATERIALES DE REFERENCIA.....	176
Referencias Bibliográficas	176
ANEXOS	185
Anexo 1.- Ficha de recolección de datos	185
Anexo 2.- Orden de producción (Administración)	186
Anexo 3.- Registro de producción diaria (Operario)	187
Anexo 4.- Lluvia de ideas	188
Anexo 5.- Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.....	189
Anexo 6.- Criterios del índice de la ocurrencia de las causas potenciales de falla.	191
Anexo 7.- Criterios para estimar la probabilidad de detección de los modos de falla.....	192
Anexo 8.- Formato para el registro de tiempos	194
Anexo 9.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina KCLKA	195
Anexo 10.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 1..	196
Anexo 11.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 2..	197
Anexo 12.- Herramientas usadas para el cambio de molde	198
Anexo 13.- Cotización de precios	199
Anexo 14.- Diagrama de recorrido del cambio de moldes	201
Anexo 15.- Tabla de suplementos de Niebel	202
Anexo 16.- Tiempos de mejora con SMED.....	203
Anexo 17.- Estudio de la capacidad de producción de las máquinas inyectoras.	204
Anexo 18.- Distribuciones proporcionadas por Experfit	206
Anexo 19.- Ingreso de las distribuciones en los processor de FlexSim.....	208
Anexo 20.- Tiempos de cambios de molde de mejora SMED proporcionados por FlexSim	215

Anexo 21.- Lista de Chequeo de materiales para el cambio de moldes 217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del proceso productivo	10
Figura 2. Elementos de una carta de control	14
Figura 3. Simulación 3D FlexSim 2019	23
Figura 4. Histograma generado en Minitab 16	24
Figura 5. Etapas del proceso DMAIC	32
Figura 6. Actividades para el desarrollo del sistema SMED	46
Figura 7. Logotipo de la empresa.....	48
Figura 8. Empresa Beltrán Inyecciones	49
Figura 9. Gráfico ABC producción de suelas del año 2021.....	54
Figura 10. Suela modelo “Celeste”	55
Figura 11. Área de inyección de suelas.....	56
Figura 12. Mapa de procesos para la producción de suelas	59
Figura 13. Flujograma inyección de suelas.....	60
Figura 14. Diagrama SIPOC del proceso de inyección de suelas.....	63
Figura 15. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 1	65
Figura 16. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 2	67
Figura 17. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 1 y 2.....	68
Figura 18. Gráfico del cumplimiento del plan de producción semanal de la inyección de suelas del año 2021.....	71
Figura 19. Mapa mental de los problemas en la inyección de suelas	72
Figura 20. Diagrama de Ishikawa del incumplimiento de la producción	73
Figura 21. Diagrama de Pareto de los problemas generados en la inyección de suelas del año 2021	76
Figura 22. Porcentaje del tiempo total de cambios de molde por turno del año 2021	78

Figura 23. Porcentaje del tiempo total de cambios de molde por máquina del año 2021.....	79
Figura 24. Gráfico del porcentaje de los problemas repentinos por cada máquina ..	81
Figura 25. Diagrama de pareto de los fallos de las inyectoras en el período 2021...	83
Figura 26. Gráfico de columnas de las pérdidas de pares de suelas semanales enero-junio 2021	88
Figura 27. Gráfico de columnas de las pérdidas de pares de suelas semanales junio-diciembre 2021	89
Figura 28. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde KCKLA (Minitab).....	99
Figura 29. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde KCLKA (Minitab)	100
Figura 30. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde BENLONG 1 (Minitab)	101
Figura 31. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde BENLONG 1 (Minitab)	102
Figura 32. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab)	103
Figura 33. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab)	104
Figura 34. Capacidad del proceso de cambio de molde KCLKA (Minitab).....	105
Figura 35. Capacidad del proceso de cambio de molde BENLONG 1 (Minitab) ..	109
Figura 36. Capacidad del proceso de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab) ..	113
Figura 37. Diagrama causa-efecto (análisis 6M) problemas en el cambio de molde	119
Figura 38. Diagrama de Pareto de las causas de las demoras en los cambios de molde.....	122
Figura 39. Prioridad del NPR.....	125
Figura 40. Diagrama de Pareto de las causas (X) potenciales	126
Figura 41. Diseño de las etiquetas para moldes y estanterías	133
Figura 42. Distribución de los moldes en las estanterías	134

Figura 43. Tiempos promedio de cambio de molde por cada operario.....	144
Figura 44. Línea de tiempo del proceso actual cambio de moldes	148
Figura 45. Línea de tiempo de la propuesta de cambio de moldes	150
Figura 46. Producción de suelas antes y después de SMED máquina KCLKA	153
Figura 47. Producción de suelas antes y después de SMED máquinas BENLONG	154
Figura 48. Simulación de la planta total de la empresa “Beltrán Inyecciones”	158
Figura 49. Simulación del área de inyección de suelas.....	158
Figura 50. Resultados obtenidos de la simulación perteneciente a situación actual	159
Figura 51. Resultados obtenidos de la simulación perteneciente al escenario de mejora.....	160
Figura 52. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto KCLKA datos FlexSim	161
Figura 53. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto BENLONG 1 datos FlexSim	162
Figura 54. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto BENLONG 2 datos FlexSim	163
Figura 55. Gráfica de control antes y después para KCLKA.....	164
Figura 56. Gráfica de control antes y después para BENLONG 1	165
Figura 57. Gráfica de control antes y después para BENLONG 2	166
Figura 58. Orden de producción emitida por administración	186
Figura 59. Registro de producción diaria realizada por cada operario	187
Figura 60. Diagrama de recorrido del cambio de moldes	201
Figura 61. Suplementos de Niebel	202
Figura 62. Tiempos de cambios de molde de mejora SMED proporcionados por FlexSim	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas del DMAIC	9
Tabla 2. Distribución de ABC (rangos)	11
Tabla 3. Valores del índice Cp y su interpretación	16
Tabla 4. Índices Cp, Cpi, y Cps en términos de cantidad de piezas malas	17
Tabla 5. Simbología para diagramas de flujo	20
Tabla 6. Simbología de un cursograma analítico	21
Tabla 7. Materiales empleados en la investigación.....	25
Tabla 8. Técnica y métodos de recolección de información	29
Tabla 9. Filosofía DMAIC empleada para la investigación.....	31
Tabla 10. Tabla de rendimiento, partes por millón y el nivel sigma.....	40
Tabla 11. Calificación NPR	43
Tabla 12. Observaciones recomendadas según la General Electric	44
Tabla 13. Criterios de evaluación según la norma británica	45
Tabla 14. Datos de la empresa Beltrán Inyecciones.....	49
Tabla 15. Productos elaborados por la empresa Beltrán Inyecciones	51
Tabla 16. Análisis ABC de la producción de suelas del año 2021	53
Tabla 17. Trabajadores en el área de inyección de suelas.....	56
Tabla 18. Actividades que realiza el personal del área de inyección de suelas	57
Tabla 19. Descripción de la máquina inyectora marca KCLKA.....	58
Tabla 20. Descripción de la máquina inyectora marca BENLONG	59
Tabla 21. Proceso de inyección de suelas	61
Tabla 22. Cumplimiento del plan de producción de suelas del año 2021, turno 1 ...	65
Tabla 23. Cumplimiento del plan de producción de suelas del año 2021, turno 2 ...	66
Tabla 24. Cumplimiento del plan de producción de la inyección de suelas del año 2021, turno 1 y 2	68
Tabla 25. Indicador del cumplimiento del plan de producción semanal año 2021 ...	69
Tabla 26. Problemas suscitados en la inyección de suelas del año 2021	74
Tabla 27. Porcentaje de ocurrencia de problemas en la inyección de suelas del año 2021.....	75

Tabla 28. Tiempo total de cambios de molde por turno durante el año 2021	77
Tabla 29. Tiempo total de cambios de molde por máquina durante el año 2021.....	79
Tabla 30. Fallos repentinos en la maquinaria.....	81
Tabla 31. Fallos producidos en las inyectoras de suelas durante el período 2021 ...	82
Tabla 32. Estándar de producción de suelas del año 2021	85
Tabla 33. Pares perdidos de suelas por cambios de molde semanales durante el año 2021	86
Tabla 34. Valores monetarios de pérdidas en el año 2021	90
Tabla 35. Carta del proyecto de Lean Six Sigma.....	91
Tabla 36. Promedio de cambios de molde por máquina	93
Tabla 37. Valores para el cálculo de la población estimada	94
Tabla 38. Criterios para el cálculo de muestras (Plan de muestreo)	94
Tabla 39. Características del instrumento de medición.....	95
Tabla 40. Parámetros para la recolección de datos	96
Tabla 41. Cursograma analítico del proceso de cambio de molde.....	97
Tabla 42. Valor del índice K e intervalos de confianza de KCLKA.....	106
Tabla 43. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a largo plazo para KCLKA.....	107
Tabla 44. Análisis de capacidad del cambio de molde a corto plazo para KCLKA	107
Tabla 45. Valor del índice K e intervalos de confianza BENLONG 1	110
Tabla 46. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 1.....	110
Tabla 47. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a corto plazo para BENLONG 1.....	111
Tabla 48. Valor del índice K e intervalos de confianza BENLONG 2	114
Tabla 49. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 2.....	114
Tabla 50. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a corto plazo para BENLONG 2.....	115
Tabla 51. Nivel sigma de los cambios de molde por máquina y su rendimiento....	116
Tabla 52. Causas del análisis de las 6M's.....	122

Tabla 53. Matriz AMEF	124
Tabla 54. Frecuencia NPR	125
Tabla 55. Causas potenciales con su valor de NPR	126
Tabla 56. Detalle de las alternativas de mejora.....	128
Tabla 57. Plan de acción (5W 2H)	129
Tabla 58. Factibilidad de las alternativas de mejora	131
Tabla 59. Presupuesto del proyecto Lean Six Sigma	132
Tabla 60. Tiempos de cambio de molde por cada operario	143
Tabla 61. Valoración de los suplementos	145
Tabla 62. Estudio de tiempos y movimientos de cambio de molde	146
Tabla 63. Cursograma analítico del proceso actual de cambio de molde	147
Tabla 64. Cursograma analítico propuesto para el cambio de moldes.....	149
Tabla 65. Resumen de las mejoras propuestas	151
Tabla 66. Parámetros de producción de suelas máquina KCLKA	152
Tabla 67. Parámetros de producción de suelas máquinas BENLONG	153
Tabla 68. Parámetros de las maquinarias para la simulación en FlexSim 2019	155
Tabla 69. Distribuciones de la producción para la simulación en FlexSim	156
Tabla 70. Distribuciones de los cambios de molde para la simulación en FlexSim	156
Tabla 71. Pares planificados por semana	158
Tabla 72. Resumen de los resultados obtenidos mediante la simulación en FlexSim	167
Tabla 73. Beneficios monetarios estimados con la mejora propuesta.....	169
Tabla 74. Consideraciones para el cambio de molde	170
Tabla 75. Plan de control del proceso de cambio de moldes	171
Tabla 76. Ficha de recolección de datos	185
Tabla 77. Lluvia de ideas para el incumplimiento de la producción.....	188
Tabla 78. Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla	189
Tabla 79. Criterios del índice de la ocurrencia de las causas potenciales de falla ..	191
Tabla 80. Criterios para estimar la probabilidad de detección de los modos de falla	192

Tabla 81. Formato para el registro de tiempos.....	194
Tabla 82. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina KCLKA	195
Tabla 83. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 1	196
Tabla 84. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 2	197
Tabla 85. Herramientas usadas para el cambio de molde	198
Tabla 86. Cotización del precio para la mesa hidráulica elevadora	199
Tabla 87. Cotización del precio para el taladro percutor atornillador inalámbrico.	200
Tabla 88. Tiempos de mejora con SMED	203
Tabla 89. Estudio de la capacidad de producción de la máquina KCLKA.....	204
Tabla 90. Estudio de la capacidad de producción de las máquinas BENLONG	205
Tabla 91. Distribuciones proporcionadas por Experfit	206
Tabla 92. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina KCLKA	208
Tabla 93. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina BENLONG 1.....	209
Tabla 94. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina BENLONG 2.....	210
Tabla 95. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina KCLKA	211
Tabla 96. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina BENLONG 1.....	212
Tabla 97. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina BENLONG 2.....	213
Tabla 98. Distribución del cambio de molde propuesto en FlexSim	214
Tabla 99. Tiempos de cambios de molde con el sistema SMED-FlexSim	215
Tabla 100. Lista de Chequeo de materiales para el cambio de moldes.....	217

RESUMEN EJECUTIVO

En su gran mayoría las empresas no cuentan o no trabajan con herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, a su vez no contemplan la posibilidad de implementar la metodología Six Sigma, a causa de ello las organizaciones inciden en pérdidas económicas representativas provocadas por los desperdicios y demoras de tiempos, por tal motivo, el propósito de esta investigación es desarrollar un estudio Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de la empresa Beltrán Inyecciones.

Debido a la variabilidad existente en los procesos productivos de una empresa, en el presente proyecto se usó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar) para el respectivo análisis de los procesos, basado en un enfoque cuali-cuantitativo mediante lo cual se efectúa la recopilación de datos referentes a los tiempos de ciclo empleados para los cambios de molde, problema de mayor relevancia, orientado esencialmente en un muestreo no probabilístico para el estudio meticulado del desempeño del proceso a través del procesamiento de los datos en el software Excel y Minitab, por último, se plantea una propuesta de mejora empleando el sistema de Reducción del Tiempo de Preparación (SMED) y se clarifica la validación de la propuesta mediante la simulación del proceso en FlexSim 2019.

Los resultados obtenidos indican que el inconveniente de mayor repercusión recae sobre las demoras al ejecutar los cambios de molde, lo que faculta para incidir en incumplimientos de producción, generalmente provocado por la falta de organización en las estanterías de moldes y al no contar con manuales de procedimientos, por ende, los datos adquiridos reflejan niveles Sigma bajos con un valor de 3,39 en promedio, por lo tanto, el proceso no es el adecuado ya que no cumple con las especificaciones establecidas.

Finalmente, se define que, con ayuda de la implementación del sistema de Reducción del Tiempo de Preparación se logra reducir en un 39,38% el tiempo empleado para el cambio de moldes, lo cual genera una estimación de beneficios anuales de \$17.328,00 dólares.

Palabras clave: Lean, six sigma, desperdicios, capacidad de producción.

ABSTRACT

Mostly, the companies don't have or don't work with the Lean Manufacturing philosophy tools, at the same time, the companies don't think about the possibility of implementing the Six Sigma methodology, as a result is that the organizations are affected by representative economic losses caused by waste and delays of times. For this reason, the purpose of this research is to develop a Lean Six Sigma study in the sole's injection process of the company Beltrán Inyecciones.

Because of the variability that exists in the productive processes of a company, in the present project, the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) was used for the respective analysis of the processes, based on a qualitative-quantitative approach, whereby, is carried out of data collection concerning the cycle times used for mold changes, main problem, essentially oriented in a non-probabilistic sampling for the meticulous study of the performance of the process through the help of the Excel and Minitab softwares. Lastly, an improvement proposal is proposed using the Single-Minute Exchange of Dies (SMED) system and the validation of the proposal is clarified through the simulation of the process in FlexSim 2019.

The results obtained indicate that the drawback with the greatest impact falls on the delays in executing mold changes, generally it's caused by the lack of organization on the mold shelves and by not having manuals of procedures, therefore, the data reflects low Sigma levels with an average value of 3.39, thereby, the process is not adequate as it does not meet established specifications.

Finally, it is defined, with the help of the implementation of the Preparation Time Reduction system, of 39.38% reduction in the time required to change molds is achieved, which generates an estimated annual benefit of \$17,328.00 dollars.

Keywords: Lean, six sigma, waste, production capacity.

INTRODUCCIÓN

El mundo contemporáneo avanza a pasos agigantados en varios aspectos, en el ámbito industrial los progresos tecnológicos en el procesamiento de plásticos y la demanda de calidad en los productos ha ocasionado que el mercado se vuelva más competitivo puesto que varias empresas optan y se orientan en mejorar y estabilizar sus líneas de producción optimizando recursos y costos de producción, empleando una gran cantidad de mecanismos, técnicas, metodologías, y herramientas para el control de sus procesos y procedimientos de tal manera que la entidad se torne más rentable [1].

El aumento en el uso de productos elaborados mediante material plástico ha provocado que incremente la calidad y la producción combinada con una mayor demanda en el área de inyección de termoplásticos ocasionando que los procesos deban tener cada vez mayor capacidad y menor variabilidad [2], pese a las nuevas tecnologías que se dispone existen grandes limitaciones para optimizar los procedimientos, factores causados por la falta de capacitación con respecto al proceso, poca cultura reflejada hacia la mejora continua, sin embargo, se han desarrollado diversas investigaciones meticulosas con el propósito firme de superar dichos inconvenientes mejorando y estabilizando las líneas de producción [1].

Las organizaciones dedicadas a la inyección de plásticos se ven envueltas en diversos problemas en sus procesos productivos [3], estudios demuestran que existen inconvenientes en el rendimiento y en la calidad de sus productos al no trabajar con procesos estandarizados y a su vez porque no cuentan con un sistema de mejora continua que faculta el empleo de herramientas de metodologías de mejora como Lean Manufacturing, por otro lado, presentan dificultades en la organización de sus instalaciones, desperdicio y pérdidas de tiempos, maquinarias defectuosas debido a no contar con un mantenimiento preventivo adecuado [3] [4].

Investigaciones efectuadas en la industria del plástico centradas básicamente en el moldeo por inyección demuestran que sus procesos mantienen un control minucioso por parte de las empresas, asimismo, un control de calidad de sus productos, sin embargo, existe variabilidad en las líneas productivas esto se debe a que dejan de lado factores trascendentales que afectan directamente la rentabilidad del negocio, como

ejemplo se refleja la falta de optimización de las materias primas, la cuantía de reprocesos, el bajo control de tiempos empleados para la ejecución de las actividades pertenecientes al proceso a ejecutar, entre otras circunstancias [5].

El moldeo por inyección de plásticos cubre una gran elaboración de productos entre los cuales destaca las suelas para zapatos [6], el análisis realizado en un entidad ecuatoriana determina que rigurosamente en el proceso de inyección de suelas existe un incumplimiento de los planes de producción, baja eficiencia, poca uniformidad en el desarrollo de sus actividades, de la misma manera alta variabilidad debido al bajo control de sus procesos y de las restricciones que se deben cumplir, derivando plenamente en considerables pérdidas económicas, a pesar de ello, se diseñan estrategias de mejora como la implementación de herramientas pertenecientes a la filosofía Six Sigma, igualmente empleando técnicas convencionales del Lean Manufacturing, con el único propósito de erradicar o mermar actividades que no brindan algún valor agregado al proceso, de igual manera eliminando tiempos muertos con lo cual la línea de producción se estabilice y cumpla con las especificaciones establecidas [7].

La metodología Lean Six Sigma genera beneficios sumamente rentables para toda entidad, dado a su flexibilidad para alcanzar, conservar y aumentar la rentabilidad de un negocio [8], gracias a que es una herramienta sofisticada capaz de incrementar la calidad de productos, la capacidad de producción y la uniformidad de sus procesos, todo lo antes mencionado fundado intrínsecamente en la reducción de la variabilidad de un sistema productivo, el control adecuado de la ocurrencia de defectos, la eliminación de tiempos, desperdicios y actividades innecesarias, de igual forma estandarizando todas las líneas de producción con lo cual se logre cumplir con los objetivos fundados por la entidad y la satisfacción del cliente [9].

Por los motivos antes mencionados respecto a los problemas que evidencian las compañías dedicadas a la inyección con polímeros, es necesario que “Beltrán Inyecciones” efectúe un estudio basado en la metodología Lean Six Sigma en las áreas que presenten un alto índice de variabilidad, con el propósito esencial de mejorar y mermar factores influyentes que provocan dicha variabilidad, del mismo modo eliminar actividades que no aporten valor alguno al producto y tiempos muertos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

“ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA BELTRÁN INYECCIONES”.

1.2 Antecedentes Investigativos

Como referencia bibliográfica se toma a consideración documentos investigativos como tesis y artículos científicos de diversos autores con temas relacionados al trabajo de investigación, dentro de este contexto se resumen las aportaciones investigativas:

En una investigación denominada “Análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”, detalla que los desperdicios y las esperas provocan el desorden en la normal práctica de las actividades productivas, generando pérdidas económicas, inestabilidad en el mercado y la desconfianza en sus clientes, por lo cual se instaura las métricas de la filosofía Lean Six Sigma en el proceso de cambio de molde de suelas, problema que afecta de manera directa al normal desarrollo del plan de producción, mediante el uso de la metodología SMED (Reducción del tiempo de preparación) se propone reducir hasta en un 33,33% el tiempo de ciclo para este cambio de molde, con lo cual el proceso será más eficiente y por ende el producto ostenta mayor calidad [10].

El artículo científico desarrollado denominado una revisión sistemática en la industria de alimentos, detalla claramente que gracias a la implementación del Lean Manufacturing se logra un aumento en la eficiencia de los procesos productivos, debido a que se evidencia mejoras notorias en los indicadores de procesos como: eliminación de tiempos muertos, reducción de costos, secuencia ordenada en producción, mayor calidad de productos, disminución de desperdicios, eliminación de actividades que no aportan valor agregado al producto [11].

El trabajo de investigación denominado “Propuesta de mejora aplicando herramientas de manufactura esbelta para reducir los costos operacionales de manufactura de calzado Handy Shoes”, manifiesta que la mala planificación en el desarrollo de los procesos productivos de cualquier entidad es sinónimo de pérdidas, calidad mermada de sus productos y una gran cantidad de desperdicios, por lo cual enfatiza que al aplicar herramientas o métricas de la manufactura esbelta reduce significativamente los costos operacionales, aumento de la productividad, reducción de los tiempos de ocio y procesos innecesarios, por último cumplir con las especificaciones, requerimientos y satisfacción de los clientes [12].

Se analiza el artículo denominado “Calidad y productividad en los diferentes procesos de Six–Sigma”, donde se enfatiza las ventajas y beneficios que se adquieren con la ayuda de las métricas Six Sigma como; ofertar productos y/o servicios de alta calidad y casi perfectos, además estabilidad sólida en el mercado, todo esto disminuyendo los índices de residuos, tiempos de ciclo ineficientes, con lo cual se logra cubrir con las necesidades y exigencias de los clientes tanto internos como externos que mantiene la empresa [13].

Por otra parte, se estudia el artículo titulado “Estrategia de mejora de procesos Six-Sigma aplicado a la industria textil”, describe que en porcentaje elevado todas las empresas industriales generan grandes fallas y desperdicios que inciden en los costos de producción y en la calidad de sus productos, para contrarrestar dichos problemas aplican métricas de la filosofía Six Sigma como, diagramas SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes), la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar), diagramas de proceso y cartas de control que ayudan favorablemente a la industria, mejorando radicalmente la capacidad de sus procesos, un aumento elevado en su rendimiento y una reducción en la variación, disminuyendo las fallas y defectos de los productos [14].

1.2.1 Contextualización del problema

Hoy en día a nivel mundial a través del progreso y el desarrollo de todas las empresas sin tomar a consideración su sector industrial, lidian constantemente con dificultades en sus procesos y enfrentan continuamente desafíos enfocados a la evolución del mercado en el cual se desempeñan, debido a que estos sectores demandan mayores niveles de eficacia, eficiencia y calidad en sus productos y/o servicios ofertados. Es por ello por lo que varias entidades se enfocan en hallar métodos, sistemas, mecanismos o formas de erradicar problemas, conflictos e inconvenientes que se exhiben en el normal progreso de sus actividades, teniendo como objetivo principal establecer una producción sin demoras y sin contratiempos, además, tratando de utilizar al máximo todos los recursos disponibles [15] .

Las empresas industriales dedicadas a la elaboración de materias primas en un producto terminado, operan mediante una diversidad de procesos con lo cual brinda al consumidor un bien apropiado que cumpla con las necesidades y requerimientos del mismo, sin embargo, este sector industrial incluyendo el de plásticos y calzado poseen problemas típicos en sus procesos productivos, lo cual es un factor influyente para mermar su estabilidad en el mercado y la lealtad del usuario, por ende, es indispensable conservar sus procesos limpios y estandarizados de esta manera imposibilitar pérdidas, desperdicios o rebajas que en un futuro se transcriban en una depreciación de la empresa [10].

La mayor parte de compañías se ven envueltas en una notoriedad de problemas por la gran cantidad de desperdicios que emiten al ejecutar las actividades de sus procesos productivos, esto genera una inestabilidad en sus costos, puesto que se desperdicia y se origina pérdidas de tiempo, asimismo, no se utiliza al máximo todos los recursos con los que se cuenta, de esta manera el proceso se torna vulnerable con altos niveles de variabilidad estableciendo una reducción considerable en la capacidad de producción [16].

Según Lloyd's Register Quality Assurance Limited de Londres, precisa que, en los últimos años debido a la mala ejecución de los procesos productivos en toda empresa, genera un efecto negativo en referencia a costos, tiempos improductivos, defectos y fallos, provocando inestabilidad en el mercado y el descontento del cliente,

argumentando que los factores comunes que lo generan se deben a la mala ejecución de actividades por parte de los operarios, condiciones de trabajo, maquinaria, materia prima y otros aspectos que dificultan el progreso normal de las operaciones dentro de una entidad [8].

Los países de Latinoamérica exhiben una carencia notable en estrategias de mejora continua y no consideran útil estudiar el ambiente en donde se fabrican productos con defectos, lo cual se ve reflejado en el bajo nivel de calidad [8], esto se debe a que estas regiones son vulnerables y poco adaptables a cambios tecnológicos, políticos y económicos [17], lo que produce una alta tasa de desperdicios, tiempos de espera excesivos, actividades que no agregan valor extra al producto y reprocesos, a lo cual se han visto en la necesidad de implantar técnicas y metodologías de mejora como son las 5's, kaizen, Lean Six Sigma, SMED, AMEF, DMAIC, balanceo de líneas, entre otros con la finalidad de obtener resultados favorables [18].

En el Ecuador se han desarrollado varios estudios similares referentes a la filosofía Six Sigma y Lean Manufacturing lo cual ha demostrado la efectividad y resultados prósperos de estas herramientas de mejora, las mismas que al ser implementadas de manera eficiente se obtiene una reducción considerable en sus costos de producción, eliminación de desperdicios y un aumento en su productividad empresarial [18] [19].

En el caso particular de la empresa “BELTRÁN INYECCIONES” específicamente en el departamento de inyección de suelas para calzado se evidencia un índice deficiente referente a su sistema de manufactura, puesto que alojan una gran cantidad de desperdicios y pérdida de tiempos, dado que las instalaciones son nuevas, es decir, operan en esta nueva planta desde el 2019 por ende no cuentan con una gestión de procesos apropiada, es por ello que se han visto envueltos en varios inconvenientes como: paros por fallos provocados por las inyectoras, mala calibración, cambios seguidos de moldes de suelas, cambios constantes de material, mal montaje de moldes y distintos problemas que ocasionan pérdidas de recursos materiales y monetarios.

1.2.2 Fundamentación teórica

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing o manufactura esbelta es un sistema que utiliza varias herramientas que ayudan significativamente a disminuir o erradicar “despilfarros”, minimizar tiempos de proceso y generar más con menos, esta filosofía permite mejorar las operaciones de un proceso productivo, la calidad del producto y/o servicio por ende la satisfacción del cliente, basado mediante el principio de la eliminación de desperdicios [20].

La metodología Toyota Production System cataloga al desperdicio como algo que no genera ningún valor agregado al producto, a su vez describe varias categorías de desperdicios clasificándose de la siguiente manera:

1. **Sobreproducción.** - Se define como la fabricación de productos en cantidades que están por encima de la demanda, generando gran cantidad de desperdicios, grandes inventarios y costos innecesarios.
2. **Tiempo de espera.** - Es calificado como tiempo desperdiciado mientras se espera para desarrollar la siguiente actividad del proceso, de esta manera provoca tiempos de ciclo extensos y operarios o maquinaria estacionados.
3. **Transporte.** – Involucra los movimientos de un producto o materiales de un lugar a otro, habitualmente no incrementa el valor del producto, al contrario, se derrocha una cantidad considerable de recursos físicos y técnicos.
4. **Sobre procesos.** – Son procesos innecesarios (extras) que van por encima de los requerimientos del cliente, agregando costos adicionales al producto.
5. **Inventario.** – Es el acopio desmedido de materia prima, producto en elaboración o terminado, dando lugar a un coste extra puesto que demanda de espacio el cual se podría destinar para otros usos que fomenten cierto beneficio a la empresa.
6. **Movimiento.** - Todo tipo de movimientos ejecutados por los operarios que no son vitales para cumplir una operación (no añaden valor al producto).
7. **Defectos.** - Son deficiencias en los productos de tal manera que no cumplen con las especificaciones determinadas, por ende, estos defectuosos deben ser

corregidos (reprocesados) o desechados en dependencia del daño generado [21].

8. **Desperdicio de la capacidad del personal.** – No explotar al máximo las aptitudes y habilidades del personal [22].

Six Sigma

La filosofía Six Sigma se enfoca directamente en la mejora exhaustiva de la calidad, tratando de erradicar los defectos y la variabilidad, logrando de esta manera cumplir con las exigencias y requisitos de los clientes, Six Sigma gravita en una metodología vigorosa catalogada DMAIC [23].

DMAIC

DMAIC es una metodología rígidamente estructurada y disciplinada que se basa en seguir una serie de fases necesarias para llevar a cabo las investigaciones Six Sigma con la finalidad de generar posibles soluciones y a la vez optimizar sus procesos, las etapas que se deben llevar a cabo están compuestas de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar [24].

Cabe mencionar que DMAIC es básicamente una metodología de mejoramiento que se apoya en el sistema Lean que pretende eliminar todo tipo de desperdicio que se genere en los procesos, a estos reprocesarlos y conseguir que sean más rápidos, ágiles y sobre todo eficientes, a su vez se basa en la filosofía Six Sigma la cual persigue la mejora de los procesos en un contexto mucho más amplio, metodológicamente es más sistemático y usa métricas para entender la actuación de los procesos y con ello identificar mejoras e implementarlas, en la Tabla 1, se detalla la descripción de las etapas que se sigue para desarrollar la metodología DMAIC [25] [26].

Tabla 1. Etapas del DMAIC

Etapa	Descripción	Herramienta
Definir	En esta etapa se inicia el proyecto, se precisa los aspectos claves de la organización, programación de actividades que ayuden a desarrollar la ejecución correcta del proceso.	Lluvia de ideas, diagrama de flujo, diagrama de Pareto.
Medir	En esta fase se identifica la dimensión de los orígenes claves del problema raíz, con ello definir y recolectar los datos necesarios en el proceso que será objeto de estudio.	Fichas de recolección de información, hojas de control.
Analizar	La finalidad de esta etapa es analizar todas las causas posibles o pocas vitales del problema, y establecer la causa potencial con ello continuar con la siguiente etapa.	Diagrama causa efecto, Análisis de Modo y Efecto (AMEF), matriz de relación.
Mejorar	En referencia a la causa potencial reconocida se detallan las posibles soluciones al problema y se implementan las más útiles.	SMED, poka yokes, balanceo de líneas, 5s. Kanban, VSM, M's de calidad.
Controlar	Busca integrar las soluciones establecidas en la etapa anterior con la finalidad de garantizar que dichos problemas no se manifiesten nuevamente.	Gráficos de control, planes de control.

Proceso Productivo

Se la conoce también como cadena productiva que contiene una serie de procesos, tareas y flujos que tienen como propósito transformar insumos (inputs) en productos o servicios (outputs), mediante el uso de maquinaria y recursos humanos, potencializando de manera positiva al producto llegando a satisfacer las necesidades del cliente [27].

Etapas del proceso productivo

Para lograr adquirir un producto final es recurrente seguir una serie de fases ordenadas las cuales pueden variar en dependencia a los requerimientos de producción, en la Figura 1 se destacan las etapas de un proceso productivo.



Figura 1. Etapas del proceso productivo [28].

Herramientas y filosofía del sistema Six Sigma

La filosofía Six Sigma maneja una gran cantidad de herramientas eficaces que van a la vanguardia conforme evoluciona la industria, ayudan a identificar inconvenientes y anomalías en el desarrollo de un proceso productivo, sin embargo, a la vez contribuyen con metodologías y sistemas que reducen o eliminan estos problemas.

Análisis ABC

Este método ABC es una herramienta muy versátil conocida como la regla del 80-20 la misma permite representar y determinar cuáles son los artículos de mayor relevancia o producción, siendo útil para la optimización adecuada de los recursos de inventario y facilita la toma de decisiones. Por lo general el 20% del total de artículos reflejan un

80% del valor del inventario y el 80% del total de artículos corresponde el 20% del total de inventario [29].

Esta metodología designa los productos por categorías, A, B o C, dando lugar a una jerarquización según la prioridad de los diferentes artículos:

- **Artículo A:** Productos de mayor trascendencia y demanda, están sujetos a los efectos de control.
- **Artículo B:** Catalogados de menor importancia y de menor demanda.
- **Artículo C:** Son los productos de importancia menor, debido a su baja rotación, su aporte al beneficio dentro de la empresa es reducido [30].

El análisis ABC ayuda a establecer si algún artículo necesita o requiere asumir más importancia sobre los demás, por ende, su porcentaje de valoración está conformado de la siguiente manera lo cual se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de ABC (rangos) [30]

CLASE	RANGO (%)	VALOR DE VENTAS
A	0-20	80%
B	20-50	15%

La clase B representa el 30% del total de productos almacenados y constituye un valor del 15% del total del stock.

Los productos de la clase C figuran un 50% de todos los artículos que exhibe la empresa con un 5% del valor total dentro del almacén [31].

Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es prácticamente la interpretación gráfica de un proceso productivo, el cual permite mapear e interpretar todos y cada uno de los elementos que componen o intervienen el dicho proceso, SIPOC por sus siglas en inglés y traducido al español significa, proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, a continuación, se detalla estos elementos [32]:

- **Proveedores.** - Es una persona o una entidad encargada de abastecer de insumos y materiales necesarios para el desarrollo del proceso productivo.
- **Entradas.** - Es todo aquello que se necesita para dar inicio con el proceso, esto incluye materiales, información, recursos monetarios y humanos.
- **Proceso.** – Es el conjunto de pasos y acciones que trabajan en las entradas (recursos) para transformarlas en productos y/o servicios cumpliendo con las necesidades del cliente.
- **Salidas.** – Las salidas son los productos y/o servicios que son el resultado de la práctica normal de cada proceso productivo de una entidad.
- **Clientes.** – Los clientes son quienes reciben el resultado de la ejecución de las actividades del proceso, estos pueden ser internos o externos [32].

Histograma

Esta es una representación gráfica en la cual se puede visualizar el comportamiento del proceso productivo, además observar su tendencia central, la dispersión de datos y la relación existente con las especiaciones, se lo simboliza en forma de barras, en ámbitos de calidad es utilizada para determinar el desempeño actual de cierto proceso, obtención de cálculos primordiales de probabilidad, en ciertas ocasiones se lo emplea para validar una mejora realizada [8] [33].

Diagrama Ishikawa

Herramienta conocida también como diagrama causa-efecto o espina de pescado, es una técnica empleada para identificar las posibles razones o causas de un problema potencial existente en un determinado proceso productivo, se la obtiene a partir de una lluvia de ideas con ello resulta más fácil establecer las raíces y las eventuales mejoras al problema central, se lo usa con la finalidad de mejorar procesos y los recursos de una entidad, el diagrama de Ishikawa debe ir de la mano con el análisis de las 6M, siendo estas [34]:

- **Mano de obra**
- **Maquinaria**
- **Métodos**

- **Materiales**
- **Medición**
- **Medio ambiente**

Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una herramienta muy útil con la cual pueden interactuar una o varias personas, aportando opiniones creativas acerca de un problema encontrado en alguna área de trabajo o en cierto proceso productivo, con ello se puede lograr encontrar posibles soluciones al problema generado, siempre tomando a consideración que no se vea afectada la mano de obra o la organización [35].

Hoja de control

Las hojas de control también son conocidas como hojas de registro o recolección de datos, una de las finalidades de esta herramienta es que la obtención de información sea sencilla, sistemática, de fácil análisis y entendimiento, por otra parte, contribuye a la valoración total o detallada de un problema, siempre teniendo como objetivo principal el de evaluar y determinar el desempeño de los distintos procesos de la empresa [36].

Cartas de Control

Las cartas de control son denominadas un método gráfico que tienen como objetivo principal, evaluar, observar y analizar el comportamiento de un proceso, a su vez determinar si este se encuentra en un estado de control estadístico estable y si cumple con las condiciones específicas tanto en sus límites superior o inferior, con ello se puede identificar las posibles causas de variación de las características referentes al proceso, por otra parte, cuando el proceso no se encuentra dentro de las especificaciones se debe a razones comunes no esperadas o especiales [37].

- **Causas comunes:** Están ligadas a las variaciones propias (naturales) del proceso.

- **Causas especiales:** Son causas que son inesperadas como, por ejemplo; mala calibración de la maquinaria, defectos de la materia prima, errores cometidos por el operario.

Los límites de control tanto inferior como superior, definen el inicio y el final del rango de variación de tal forma que se puede determinar si el proceso se encuentra en control estadístico, obteniendo una probabilidad elevada de que todos los valores se hallen dentro de los límites y no generen anomalías (variabilidad) que luego se deban dar solución [37]. En la Figura 2, se denotan los elementos que componen una carta de control.

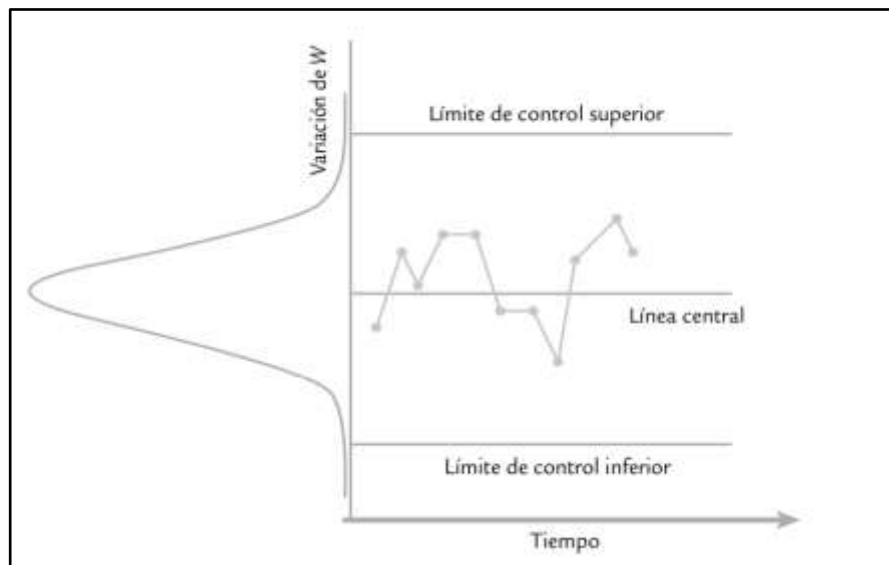


Figura 2. Elementos de una carta de control [37]

Las cartas de control básicamente se dividen en dos grandes grupos, para variables y para atributos:

Cartas de control para variables

Estas cartas esencialmente son aplicadas a particularidades de calidad que requieren una medición, entre las cuales se encuentran: longitud, peso, volumen, tiempo, entre otras, las cartas para variables (Shewhart) más utilizadas se las puntualiza a continuación [37]:

- **Cartas de control \bar{X} -R**
- **Cartas de control \bar{X} -S**
- **Cartas de control Individuales**

Cartas de control para atributos

Estas cartas de control por atributos son del tipo “pasa” o “no pasa”, es decir, si el producto es defectuoso o no defectuoso, las cartas por atributos más representativas son [37]:

- **Carta p (proporción de artículos defectuosos por muestra o sub-grupos)**
- **Carta np (unidades defectuosas por muestra o sub-grupos)**
- **Carta c (número de defectos por muestra o sub-grupos)**
- **Carta u (número de defectos por unidad para tamaño de muestra variable)**

Capacidad del proceso

Los índices de capacidad de un proceso se refieren al análisis del cumplimiento de los parámetros o especificaciones establecidas, de tal manera que se pueda determinar y evaluar si el proceso se está desarrollando de manera adecuada, asimismo, permite conocer la amplitud de la variación normal del proceso con ello se descubre en qué medida se cumplen las especificaciones de calidad y su grado de eficacia [37].

Es importante medir la capacidad del proceso ya que permite cuantificar el ambiente en el que se desarrolla el problema al cual se debe mejorar o erradicar, con ello cumplir con las especificaciones que el cliente demanda [33].

Índice Cp

Este índice es un indicador de la capacidad potencial del proceso [37], también es una comparación que se da entre los límites de especificación (tolerancia) y los límites del proceso sin tomar a consideración la ubicación de este, por otra parte, indica el número de veces que el proceso “cabe” dentro de la restricción [33]. En la Tabla 3 se exterioriza los valores del índice Cp y su respectiva interpretación.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (1)$$

Donde:

- **Cp** = Índice de capacidad del proceso.
- **ES** = Límite de especificación superior.
- **EI** = Límite de especificación inferior.
- **σ** = Desviación estándar del proceso.

Tabla 3. Valores del índice Cp y su interpretación [37]

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (Si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1,33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0,67 < C_p < 1$	3	No es adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Índice de corto plazo

Estos índices de corto plazo se los calcula a partir de la toma de varios datos durante un tiempo muy limitado (corto), con la finalidad de que no exista influencias externas en el proceso o con diversos datos de un período largo [37], este índice se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2)$$

Donde:

- **σ** = Desviación estándar a corto plazo.
- **\bar{R}** = Promedio de los rangos de los subgrupos.
- **d_2** = Constante que depende del tamaño del subgrupo.

Se destaca que los índices Cp, Cpi y Cps se los valora e interpreta en base a la Tabla 4 la cual detalla los valores del índice a corto plazo.

Tabla 4. Índices Cp, Cpi, y Cps en términos de cantidad de piezas malas [37].

Valor del índice (Corto Plazo)	Proceso con doble especificación (Índice Cp)		Con referencia a una sola especificación (Cpi, Cps, Cpk)	
	% Fuera de las dos especificaciones	Parte por millón fuera (PPM)	%Fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506 %	548 506,130	27,43%	274 253,065
0.3	36,8120%	368 120,183	18,41%	184 060,092
0.4	23,0139%	230 139,463	11,51%	115 069,732
0.5	13,3614%	133 614,458	6,68%	66 807,229
0.6	7,1861%	71 860,531	3,59%	35 930,266
0.7	3,5729%	35 728,715	1,79%	17 864,357
0.8	1,6395%	16 395,058	0,82%	8 197,529
0.9	0,6934%	6 934,046	0,35%	3 467,023
1.0	0,2700%	2 699,934	0,14%	1 349,967
1.1	0,0967%	966,965	0,05%	483,483
1.2	0,0318%	318,291	0,02%	159,146
1.3	0,0096%	96,231	0,00%	48,116
1.4	0,0027%	26,708	0,00%	13,354
1.5	0,0007%	6,802	0,00%	3,401
1.6	0,0002%	1,589	0,00%	0,794
1.7	0,0000%	0,34	0,00%	0,17
1.8	0,0000%	0,067	0,00%	0,033
1.9	0,0000%	0,012	0,00%	0,006
2.0	0,0000%	0,002	0,00%	0,001

Índice de largo plazo

Este índice se lo calcula mediante la toma de muchos datos durante un período extenso, con el propósito primordial de que los factores externos influyan directamente en el proceso [37], dicho índice se lo determina con la siguiente expresión:

$$\sigma = S \quad (3)$$

Donde:

- σ = Desviación estándar a largo plazo.
- S = Desviación estándar de los datos.

Índice Cpk

El índice Cpk es conocido también como índice de capacidad real del proceso, de igual manera es catalogado como una versión corregida del Cp, puesto que este si toma a consideración el centrado del proceso [37]. La forma más común para calcularlo se lo detalla en la siguiente ecuación:

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] \quad (4)$$

Donde:

- **Cpk** = Índice de capacidad real del proceso.
- **μ** = Media del proceso.
- **ES** = Límite de especificación superior.
- **EI** = Límite de especificación inferior.
- **σ** = Desviación estándar del proceso.

Si el valor del índice Cpk es mayor a 1,25 se dice que el proceso en realidad es satisfactorio y es capaz, al contrario, si el valor de Cpk es menor a 1, entonces se dice que el proceso no cumple con las especificaciones [37], por ende, es necesario plantear medidas correctivas para mejorar o erradicar los problemas que afectan al proceso, con ello conseguir la capacidad ideal definida por el índice Cp.

Para precisar el valor de los índices Cp y Cpk, es recurrente calcular en primera instancia la variación del proceso, conocida también como la desviación estándar para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n}} \quad (5)$$

Donde:

- **σ** = Desviación estándar del proceso.
- **Xi** = Valores Individuales.
- **\bar{X}** = Media del proceso.
- **n** = Número de datos tomados del proceso.

Métricas Six Sigma

Estas métricas Six Sigma hacen referencia a un criterio que propone una aspiración u objetivo común basado en la calidad para cada uno de los procesos de una organización, existen índices específicos para poder determinar el valor de Sigma de un proceso [37].

- **Índice Z**

El índice Z es básicamente la métrica de capacidad de procesos que más se utiliza en Six Sigma, este índice se obtiene mediante el cálculo de la distancia entre la media y las especificaciones tanto superior como inferior, al final esta distancia se divide para la desviación estándar [37].

- **Índice Z_c**

Valor del índice Z en el cual se emplea la desviación estándar del proceso de corto plazo [37].

- **Índice Z_L**

Valor del índice Z en el cual se emplea la desviación estándar del proceso de largo plazo [37].

- **PPM (Partes por Millón)**

Las partes por millón se aplica cuando la parte cumple o no cumple (pasa o no pasa), empleada para controlar los productos que son defectuosos o rechazados, destacando que mientras más bajo sea el grado de las partes por millón el proceso de producción será óptimo y eficiente, de esta manera se obtendrá productos con alta calidad y se cumplirá con los requerimientos que demanda el mercado y los clientes [37].

- **DPU (Defectos por unidad)**

El DPU es una métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados en referencia al número de unidades inspeccionadas [37].







Rendimiento del proceso (yield)

Es una medida de rendimiento del proceso que establece el porcentaje de productos que se encuentran libres de defectos, es decir, que cuentan con las especificaciones determinadas por el cliente [37].

Diagrama de flujo

Herramienta gráfica que permite observar la secuencia estándar de las etapas, fases, actividades o ciclos de un determinado proceso, con ello se logra comprender de mejor manera el proceso productivo, todo esto mediante el uso de símbolos entre los cuales incluye esperas, inspecciones, transportes y almacenamientos. En la Tabla 5 se aprecia lo antes mencionado [38].

Tabla 5. Simbología para diagramas de flujo [39].






Símbolo	Significado	Descripción
	Operación	Representa la actividad llevada a cabo dentro del proceso.
	Línea de flujo	Indica la dirección en la que se mueven los operarios o materiales de un sitio a otro.
	Archivo	Se refiere a que cierto documento debe ser almacenado permanentemente o de manera temporal.
	Decisión	Simboliza la toma de una decisión del tipo “SI”, “NO”.
	Inicio-Fin	Señala el inicio o la finalización del proceso.
	Inspección	Destaca la revisión técnica del producto, en cuestiones de fallas.

Cursograma Analítico

Esta herramienta ayuda a representar y analizar las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes de manera ordenada en la que se ejecuta cierto procedimiento o proceso, es decir muestra la trayectoria en la que se deben realizar los hechos de forma secuencial y sistemática, todo esto mediante el uso de una simbología estandarizada [40].

A continuación, en la Tabla 6 se presenta la simbología de un cursograma analítico y su respectiva descripción.

Tabla 6. Simbología de un cursograma analítico

Símbolo	Actividad	Descripción
	Operación	Indica los ciclos más importantes del proceso, ya sea esta una tarea en la cual se cambie o se añada un valor agregado al producto.
	Inspección	Verifica si el producto se encuentra en óptimas condiciones tanto en calidad y en cantidad.
	Transporte	Señala los movimientos generados por el personal o maquinaria al trasladar material de un sitio a otro.
	Espera	Representa una tardanza en el normal flujo del proceso.
	Almacenamiento	Indica cuando un material o producto terminado es depositado en un sitio para ser procesado posteriormente o a su vez despachado.

AMEF

El sistema AMEF o análisis de modo y efecto de fallas, suministra la distribución y la secuencia que un grupo de personas debe seguir con la finalidad de precisar y valorar los fallos eventuales originados en un proceso o en un producto, juntamente con el efecto que producen, de manera que se pueda estructurar métodos para su eliminación o disminuir la frecuencia con la que ocurren [41].

SMED

La herramienta SMED conocida también como cambio rápido de trabajo o reducción a un solo dígito de tiempo en la preparación para la ejecución de una actividad, es de gran ayuda ya que este sistema posibilita la reducción de tiempos hasta en un 50% de lo habitual, por ende, genera grandes beneficios para la empresa como; mayor productividad, reducción de tiempos muertos, un aumento considerable de la rentabilidad en el mercado y la satisfacción completa de sus clientes [42].

La metodología SMED faculta a que las actividades o procesos se tornen más flexibles además brinda grandes utilidades a la empresa las cuales se citan a continuación:

- Disminuir los tiempos de cada ciclo hasta poder casi erradicarlos.
- Obtener mayor productividad con el mismo o menor costo.
- Reducción considerable en los niveles de inventario.
- Reducir los lotes de producción [43].

FlexSim

El software FlexSim es utilizado en la simulación de eventos discretos, permite modelar, analizar y entender con extrema claridad todo tipo de proceso industrial, llevándolo a una realidad muy cercana a lo que se puede palpar en una planta industrial, ya que se puede generar a partir de dimensiones reales de las instalaciones, maquinaria que exhibe, operadores y además definir los turnos de trabajo con lo cual se desarrolla una simulación en un ambiente 3D [44].

Este software es usado por múltiples empresas con la finalidad de simular sus procesos productivos, administrativos y la operación de sus recursos humanos, diferentes corporaciones a nivel mundial se han acogido a este programa con la finalidad de solucionar o plantear respuestas idóneas a problemas identificados en sus procesos, tal es el caso de AVON, Volkswagen, Apple, Toyota, Caterpillar entre otras [44]. En la Figura 3 se clarifica una simulación 3D realizada en el software FlexSim.

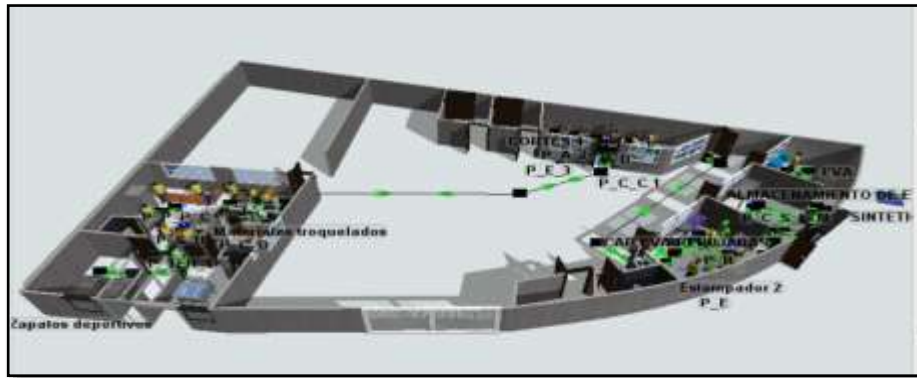


Figura 3. Simulación 3D FlexSim 2019 [45].

Por otra parte, este programa, es de suma utilidad ya que, gracias a sus gráficas y estadísticas se puede identificar de manera fácil cuellos de botella, actividades ineficientes, a su vez nos brinda la facilidad de analizar el costo-beneficio de la propuesta de un proyecto, de esta manera determinar si es factible o no su implementación [46].

ExpertFit

ExpertFit es un paquete o complemento de FlexSim, el cual contribuye al ajuste de la distribución de la probabilidad de todo un conjunto de datos, esta herramienta es utilizada por varios expertos al momento de realizar análisis de simulación de eventos discretos referentes al sector industrial, médico, turístico, construcción entre otros sectores empresariales [47].

Minitab

El software Minitab es una herramienta muy útil al momento de procesar y analizar datos estadísticos, además contribuye con la mejora de productos y servicios de una entidad puesto que permite implementar proyectos basados en el control de la calidad y la filosofía Six Sigma [48], además por medio de la interpretación de las gráficas se puede observar de manera más clara el comportamiento de un proceso productivo, este programa genera una confiabilidad muy alta debido a que sus resultados con sumamente exactos [49]. La gráfica correspondiente a un histograma realizado en el software Minitab se lo visualiza en la Figura 4.

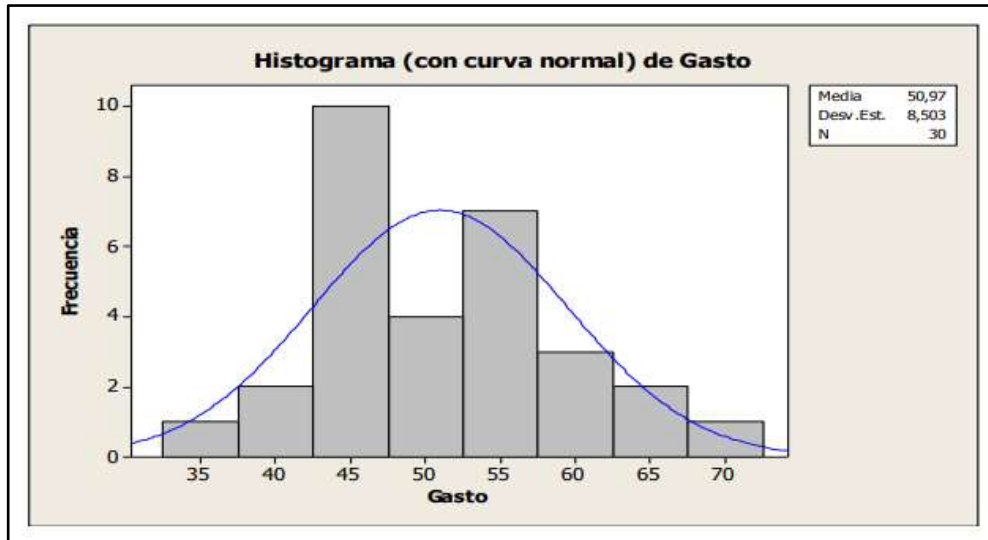


Figura 4. Histograma generado en Minitab 16 [49].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un estudio de la metodología Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de la empresa “Beltrán Inyecciones”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de la situación actual del proceso productivo de inyección de suelas en la empresa “BELTRÁN INYECCIONES”.
- Emplear las herramientas de la filosofía Six Sigma en el proceso de inyección de suelas.
- Diseñar una propuesta de mejora en el proceso de fabricación de suelas para calzado haciendo uso de las métricas del Lean Six Sigma.






CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del trabajo investigativo se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Materiales empleados en la investigación

Material	Gráfico	Descripción
Cámara fotográfica		Instrumento utilizado para el registro de evidencia de toda la información indispensable del proceso productivo de inyección de suelas.
Cronómetro		Equipo empleado para la toma de tiempos referentes al cambio de moldes.
Ficha de recolección de información		Esquema dispuesto para la toma de datos e información del proceso de inyección de suelas.
Ficha de toma de tiempos		Documento utilizado para el registro de tiempos de cada una de las tareas ejecutadas en el proceso de inyección.
Excel		Herramienta utilizada para la generación de tablas y procesamiento de datos.

Autocad		Software usado para diseñar el layout de la empresa.
Minitab 19		Software informático empleado para diseñar gráficas de control y determinar el desempeño del proceso.
FlexSim		Software usado para realizar la simulación del proceso de inyección de suelas de la empresa “Beltrán Inyecciones”

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La presente investigación conservó un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, de tipo cualitativo ya que se desplegó una recolección amplia de toda la información de la empresa, a su vez datos acertados del área productiva basado en la elaboración de suelas para calzado. Por otra parte, con el enfoque cuantitativo se desarrolló la medición de los estándares del proceso de inyección de suelas y se utilizó la estadística con la cual se estableció un análisis la capacidad actual del proceso [50].

2.2.2 Modalidad de Investigación

Con la finalidad de proveer una solución a la problemática mostrada se recurrió a las siguientes modalidades de investigación:

Investigación aplicada.

Mediante esta modalidad se propuso una solución adecuada y óptima a la problemática trazada en el proceso de inyección de suelas para calzado de la entidad “Beltrán Inyecciones”, a través de los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida universitaria, de igual forma se utilizó la investigación bibliográfica y documental [51].

Investigación Bibliográfica – Documental

La presente investigación se presidió bajo la modalidad bibliográfica documental, ya que la información fue sustentada y recopilada por estudios previamente realizados, a su vez en fuentes confiables como; libros, revistas, páginas web, artículos científicos, tesis de pre y post grado, con la finalidad de contar con un soporte técnico preciso referente a la filosofía Lean Six Sigma.

Investigación de campo

Se utilizó la modalidad de campo puesto que el estudio y su respectivo desarrollo se realizó dentro de la infraestructura de la entidad “Beltrán Inyecciones”, por lo cual se manejó técnicas y herramientas de observación directa que permitió recopilar información necesaria de las actividades y procesos productivos de la empresa delimitando un diagrama de flujo dinámico del proyecto.

2.2.3 Población y muestra

La actual investigación se la realizó en el proceso productivo de inyección de suelas referente a la actividad de cambios de moldes de la empresa “Beltrán Inyecciones”, para lo cual se analizó los datos históricos concernientes a este procedimiento correspondientes al período 2021, por ende, en este análisis se involucró los cambios de molde efectuados durante cada semana de trabajo.

2.2.4 Recolección de Información

Para la recolección de la información referente al proceso de fabricación de suelas para calzado de la empresa “Beltrán Inyecciones”, se realizó exclusivamente en las instalaciones de la entidad, por otra parte, se utilizó metodologías tanto cuantitativas como cualitativas para recopilar información relevante, además, fue necesario hacer el uso de técnicas y herramientas eficientes que se detallan a continuación:

Técnicas:

Entrevista. - Enfocada a los operarios del proceso productivo de inyección de suelas, ya que los mismos conocen en su totalidad las actividades que se desarrollan en esta

área de producción, a su vez se realizó una entrevista a la persona encargada del departamento administrativo con lo cual se obtuvo información relevante acerca de las metodologías y logísticas con las que se maneja la organización.

Observación directa. – Se estudió directamente la empresa “Beltrán Inyecciones” con lo cual se obtuvo una apreciación real del proceso de inyección de suelas, de esta manera se logró generar soluciones y gestiones que optimizaron la productividad, a la vez se erradicaron ciertos problemas permisibles, todo ello se basó en la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Six Sigma.

Medición. - Esta técnica se utilizó puesto que se obtuvo variables continuas entre las cuales se menciona, el nivel sigma del proceso, índices K, Cp, métricas de calidad todas ellas basadas en la filosofía Six Sigma y otras variables que conservaron la necesidad de ser medidas.

Herramientas:

Ficha para la recolección de información: con esta ficha se adjuntaron los datos e información referente al proceso de inyección de suelas para calzado.

Diagramas de procesos y flujogramas: su propósito fue caracterizar cada uno de los pasos necesarios para la respectiva inyección de suelas y la secuencia ordenada con la que se rigen para obtener el producto final, además se detalló de manera idónea las actividades que se realizan para ejecutar un cambio de molde.

Por otra parte, se utilizó la metodología DMAIC herramienta que es partícipe de la filosofía Lean Six Sigma, la Tabla 8, detalla las técnicas y métodos empleados en la ejecución del proyecto:

Tabla 8. Técnica y métodos de recolección de información

Técnicas y/o herramientas para la recolección de información		
Etapa	Técnica-Método	Herramienta
Análisis del estado actual de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación bibliográfica documental • Entrevistas • Observación directa 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de información • Fichas de observación
Definición	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas de control de producción • Lluvia de ideas • Diagrama de Ishikawa 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de información • Formato lluvia de ideas • Diagrama SIPOC • Project Charter
Medición	<ul style="list-style-type: none"> • Observación directa del proceso de inyección de suelas • Cronometraje de tiempos 	<ul style="list-style-type: none"> • Check List para cambio de moldes • Cursogramas • Registro de toma de tiempos • Cronómetro
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Observación de los problemas del proceso • Entrevistas 	<ul style="list-style-type: none"> • AMEF • Lluvia de ideas • Diagrama de Ishikawa • Fichas de recolección de información
Mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de mejora 	<ul style="list-style-type: none"> • 5w y 2h • Sistema SMED
Control	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de control 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control de mejora

2.2.5 Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos y la información recolectada para el desarrollo de la presente investigación fueron analizados mediante las siguientes actividades:

- Se analizó todos los datos recolectados con el objetivo de perfeccionar la información que así lo requiera, a su vez, se separó los fundamentos que no aportaron a la investigación, es decir, aquellos datos que no fueron relevantes en los lineamientos del tema propuesto.

- Con la información seleccionada se logró establecer las anotaciones de los datos cualitativos y cuantitativos del proceso de inyección de suelas para calzado, haciendo uso de los softwares Microsoft Excel y Word, con ello se realizó el procesamiento de datos con la ayuda de fórmulas matemáticas y estadísticas.
- En este apartado se detalló la situación actual del proceso de inyección de suelas a través de mapas de procesos, flujogramas y cursogramas analíticos.
- Se tabuló la información obtenida.

Para el procesamiento de la información obtenida además de hacer uso de los softwares Excel y Word, se utilizaron programas informáticos como Minitab y FlexSim.

- Minitab se utilizó para analizar y procesar los datos pertenecientes a las métricas de calidad Six Sigma con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:
 - Gráficas de control
 - Pruebas de normalidad
 - Capacidad del proceso
- Con la ayuda de FlexSim se consiguió los siguientes beneficios:
 - Simulación 3D del proceso productivo de inyección de suelas
 - Análisis de capacidad
 - Eficiencia del proceso productivo
 - Diseñar la propuesta de mejora
- Se analizó e interpretó los resultados que se obtuvieron.
- Al final del proyecto se estableció la propuesta de mejora basada en la validez de los resultados conseguidos a través del software FlexSim.

Para el desarrollo del presente proyecto se ejecutaron las siguientes actividades tomando a consideración la filosofía DMAIC como se indica en la Tabla 9:

Tabla 9. Filosofía DMAIC empleada para la investigación

ETAPA	Actividad	Entregables
Evaluación actual de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Información de la empresa; reseña histórica, misión, visión, políticas y reglamentos internos. ❖ Productos que ofrece al mercado. ❖ Se realizó la descripción de las actividades referentes al proceso de inyección de suelas. ❖ Observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Análisis ABC de los productos ofertados ❖ Mapa de procesos ❖ Flujogramas y cursogramas analíticos del proceso productivo de inyección de suelas
DMAIC		
Definición	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se identificó las entradas y salidas del proceso de inyección. ❖ Estado actual de la producción de suelas. ❖ Se logró identificar los problemas cruciales del proceso de inyección de suelas. ❖ Se elaboró un análisis de pérdidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Diagrama SIPOC ❖ Project Charter ❖ Procesos y variables para tratar
Medición	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se consiguió identificar y validar el método de medición. ❖ Métricas Six Sigma en donde se determinó el desempeño y el nivel sigma del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Plan de muestreo ❖ Cursograma analítico cambio de molde actual ❖ Métricas Six Sigma
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se determinó las razones por las cuales se generó el problema. ❖ Se logró validar las causas permisibles del problema. ❖ Se consiguió priorizar y seleccionar las causas más relevantes a estudiar. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Diagrama causa – efecto ❖ AMEF ❖ Causas potenciales de los problemas de la empresa
Mejora	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Acciones de mejora. ❖ Viabilidad y coste de la propuesta. ❖ Con ayuda del software FlexSim se consiguió validar los resultados de mejora. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Plan de mejora ❖ 5 w y 2h ❖ Sistema SMED ❖ Simulación FlexSim 2019
Control	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se normalizó e integró la mejora. ❖ Mecanismos de control. ❖ Finalización del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Plan de control

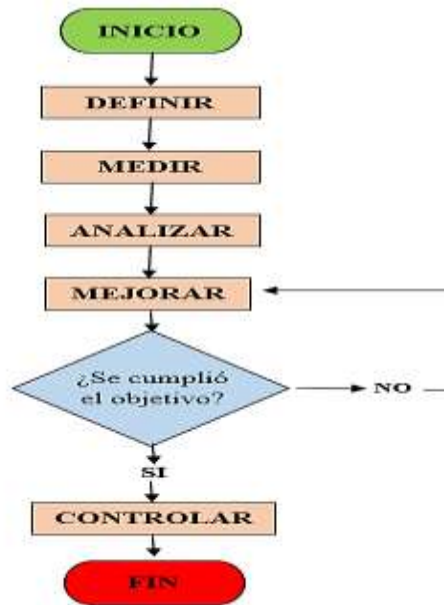


Figura 5. Etapas del proceso DMAIC

La Figura 5, muestra los ciclos que se cumplieron para la ejecución efectiva de la metodología DMAIC.

Descripción de la metodología DMAIC

Valoración actual de la empresa

Esta fase fue preliminar a la metodología DMAIC, en donde se desarrolló la descripción global del proceso de inyección de suelas para calzado y se mencionaron datos importantes referentes a la entidad “Beltrán Inyecciones”, detallando las siguientes actividades:

- En esta etapa se precisó la información relevante de la empresa concerniente a su historia, misión, visión, políticas y reglamentos a los cuales se acogen, todo esto mediante una entrevista que se realizó al gerente propietario.
- Se llevo a cabo un estudio de los productos (suelas) que la entidad fabrica por medio de un diagrama ABC, en donde se especificó los artículos que generan mayor demanda, juntamente con su costo de producción y porcentajes de frecuencia, estos datos fueron proporcionados por parte de la administración de la empresa referentes al año 2021, posteriormente estos valores se los procesó en el software Excel con lo cual se obtuvo el diagrama con sus respectivas zonas A, B y C.

- Mediante la observación directa se especificó cada una de las actividades que se ejecutan en el área de inyección de suelas, además, se consiguió determinar las peculiaridades técnicas que poseen las máquinas inyectoras.
- Posteriormente se diseñó un mapa de procesos y un flujograma los cuales constan de acciones que se realizan en el área de inyección de suelas, todo esto con ayuda de la ficha de recolección de información del Anexo 1.

Etapa de definición

Esta etapa definió el problema de mayor relevancia, para ello fue necesario realizar las siguientes acciones:

- El desarrollo de un diagrama SIPOC permitió visualizar el proceso de manera más clara, identificando las partes que lo conforman; entradas y salidas, de esta forma se logró conocer su impacto sistémico en la cadena de valor.
- Se diagnosticó la situación actual de la producción de suelas, de esta manera se consiguió precisar el problema que más afecta al normal desempeño de su fabricación, basado en una tabulación de datos a través de las hojas de registro de producción del año 2021, con lo cual se obtuvo la verificación del cumplimiento de los pares determinados a elaborar con relación a los pares de suelas producidos por cada turno de trabajo y por cada operario.
- En este ítem se determinó los problemas críticos del proceso, registrando las causas que generan el problema potencial mediante el uso de la herramienta Lluvia de Ideas, con ayuda de los operarios del área de inyección de suelas, asimismo, se diseñó un diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa) para priorizar los defectos más notables y fijar las dificultades de mayor reiteración en el proceso, con lo cual se enfatizó en corregir al más característico.
- Se procedió a elaborar un análisis minucioso en el cual se evidenció y clarificó las pérdidas económicas que se produjeron por las demoras ocasionadas debido a los cambios de molde, basados fijamente en los tiempos estándares con los que se maneja la organización para el desarrollo natural de esta actividad.
- Para finalizar la etapa de definición se desarrolló el Project Charter o carta del proyecto con la información cimentada en el nivel de prioridades que la

organización requería, exposición del problema, metas, objetivo, las métricas y requerimientos necesarios para ejecutarlo [52].

Etapa de medición

En esta etapa se observó con mayor exactitud el problema a estudiar, definiendo una línea base como punto inicial para posteriormente evaluar la efectividad de las mejoras que se realizaron, de igual manera, se validó el sistema de medición y las métricas implicadas en el proceso, en esta fase de medición fue necesario desarrollar las siguientes tareas [53]:

- Se precisó la medición desarrollada referente al tipo de cambios de molde que se realiza en el proceso de inyección de suelas.
- En función de los criterios de muestreo se procedió a determinar el plan de recolección de datos, con lo cual se logró recopilar información del tiempo de ciclo de cada uno de los cambios de molde en las 3 máquinas inyectoras, por medio del cronometraje de tiempos vuelta a cero.
- Basado en todas las actividades que se ejecutan en el procedimiento de cambio de molde se elaboró un cursograma analítico referente a este proceso.
- Por medio de los datos de tiempos de ciclo para el cambio de molde correspondientes a cada una de las máquinas inyectoras, se elaboró las respectivas cartas de control, con la ayuda del software Minitab 19, de esta manera se logró estimar el desempeño y el nivel sigma del proceso.

Necesariamente para el cálculo de los parámetros de las gráficas de control para datos continuos, fue preciso determinar la media y la desviación estándar de los valores recolectados, lo cual hace referencia a la medición individual de cada maquinaria (X), con ello se estableció los límites de control, a través de la expresión $\mu X \pm 3\sigma X$ [37], en donde μX y σX son la media y la desviación estándar de proceso respectivamente, por ende, nos permitió utilizar la siguiente ecuación:

$$\mu x = \bar{X} \text{ y } \sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1,128} \quad (6)$$

Donde:

- \bar{X} = Media de las mediciones.
- σ_x = Desviación estándar.
- μ_x = Es la media.
- \bar{R} = Media de los rangos móviles de orden 2.

Cuando se divide el rango promedio para la constante d2 se alcanza una estimación de la desviación estándar del proceso, por consiguiente, los límites de control tanto superior como inferior están dados por las siguientes expresiones [37]:

$$LCS = \bar{X} + 3 \left(\frac{\bar{R}}{1,128} \right) \quad (7)$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \left(\frac{\bar{R}}{1,128} \right) \quad (8)$$

- Se desarrolló una prueba de normalidad para cada maquinaria con los datos individuales recolectados mediante el uso del software Minitab, basados en la prueba Anderson Darling donde se determinó la hipótesis de normalidad del proceso, todo esto fundado en los criterios para el valor de **P** que se obtenga:
 - ❖ **P ≤ α**: En este caso si el valor de **p** es menor o igual al valor de alfa (**α**) de 0,05, entonces se dice que los datos no siguen o se asemejan a una distribución normal, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se recae en una hipótesis alternativa [54].
 - ❖ **P > α**: En este caso si el valor de **p** es mayor al valor de alfa (**α**) que es de 0,05, entonces se menciona que los datos se encuentran en una distribución normal por lo cual se acepta la hipótesis nula [54].
- Para los índices de capacidad se efectuó un análisis minucioso del proceso cuando se sostiene una sola especificación, tomando a consideración que la finalidad es obtener valores que sean mayores a la especificación menor (EI), dicho en otras palabras, lo que se pretende es que los datos no sobrepasen el valor máximo (ES), para lo cual se hizo uso de las siguientes ecuaciones [37]:

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad O \quad Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad (9)$$

$$Cpk = Cps \text{ o } Cpk = Cpi \quad (10)$$

Donde:

- μ = Media.
- σ = Desviación estándar de corto plazo.
- **ES** = Especificación superior.
- **EI** = Especificación inferior.
- **Cps** = Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación superior de una característica de calidad o del proceso.
- **Cpi** = Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación inferior de una característica de calidad o del proceso.
- **Cpk** = Indicar de la capacidad real de un proceso.

Cuando en el proceso se trabaja con una sola especificación no se posee el índice Cp [37].

- En relación con las normas y la valoración detalladas en la Tabla 3, se analizó los índices de corto plazo, como ya se mencionó el proceso se evaluó mediante una sola especificación, por lo tanto, el valor para Cp viene dado por los valores de Cpi, Cps y Cpk [37]. Con ayuda de la Tabla 4 se precisó el porcentaje fuera de especificación en función de los índices mencionados, con lo cual de igual forma se los interpretó con los criterios de la Tabla 3, tomando a consideración el centrado y la variación del proceso.

En lo que respecta al índice Cpk se indica que se justifica en base al centrado del proceso y se lo interpretó con los siguientes principios:

- ❖ Si Cpk es menor que 1 entonces se dice que el proceso no cumple con las especificaciones.
- ❖ Si Cpk es mayor a 1,25 se menciona que el proceso mantiene una capacidad satisfactoria, todo esto para un proceso ya existente, para un proceso nuevo se demanda que el valor de Cpk supere el valor de 1.45.
- ❖ En ciertos casos se puede obtener valores de Cpk iguales a cero o negativos, los cuales indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones [37].

- Los índices reales actuales del proceso se los estableció no solo basado en su capacidad, si no también orientados al desempeño del proceso a largo plazo, para determinarlos se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{pk} \text{ mínimo} = \left[\frac{\mu - EI}{3 \sigma_L}, \frac{ES - \mu}{3 \sigma_L} \right] \quad (11)$$

Donde:

- **Ppk** = Indicador del desempeño real del proceso.

Las especificaciones para este índice se detallan a continuación:

- ❖ Cuando Ppk es menor a 1 se dice que el proceso no adquiere los requerimientos mínimos de capacidad funcional.
- ❖ Cuando Ppk es igual a 1 significa que el proceso alcanza solamente los requerimientos mínimos.
- ❖ Cuando Ppk es mayor a 1 se menciona que el proceso sobrepasa los requerimientos mínimos [37].
- Con la finalidad de conocer qué tan centrada se encuentra la distribución del proceso respecto a las especificaciones de una sola particularidad se determinó el índice K, para dicho cálculo se empleó la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100 \quad (12)$$

Donde:

- **K** = Indicador del centrado de la distribución.
- **N** = Valor objetivo.
- **μ** = Media.
- **ES** = Especificación superior.
- **EI** = Especificación inferior.

La interpretación para el índice K se basó en los siguientes parámetros:

- ❖ Los valores de K menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, sin embargo, si el valor supera al 20% se dice que el proceso se

encuentra descentrado, lo cual favorece para que la capacidad del proceso sea baja en cuestiones de cumplir las especificaciones.

- ❖ Si el signo del valor de K es positivo se menciona que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando μ sea menor que N.
 - ❖ Se detalla que N es el valor nominal, es la calidad objetivo y óptima, por ello cuando un proceso se encuentre descentrado se deben realizar mejoras para centrarlo, por lo regular lo más factible es reducir la variabilidad [37].
- Con el fin de validar los valores de los índices de capacidad se procedió a calcular los intervalos de confianza y el rendimiento del proceso, para lo cual se manejó las siguientes ecuaciones:

Intervalo de confianza para Ppk con un 95% de confianza

$$P_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{P_{pk}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}} \quad (13)$$

Donde:

- P_{pk} = Valor del índice a largo plazo.
- $Z_{\alpha/2} = 1,96$
- n = Tamaño de los datos.

Intervalo de confianza para Cpk con un 95% de confianza

$$C_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{C_{pk}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}} \quad (14)$$

Donde:

- C_{pk} = Valor del índice a corto plazo.
- $Z_{\alpha/2} = 1,96$
- n = Tamaño de los datos.

Para la estimación de los intervalos de confianza se lo realizó en base a los siguientes parámetros:

- ❖ Si el valor de límite inferior de los intervalos de confianza para los índices de capacidad es mayor a 1,33 o a su vez por lo menos 1 se dice que se tiene un proceso con una muy buena capacidad.
 - ❖ Cuando el límite superior de los intervalos de confianza para los índices de capacidad es menor a 1, se dice que el proceso tiene muy mala capacidad.
 - ❖ Cuando no se recae en ninguna de las dos situaciones anteriores, es decir, el intervalo contiene al número 1 o 1,33, por lo tanto, se tiene un proceso con una capacidad intermedia sobre su capacidad global, por ende, es necesario monitorear el proceso hasta obtener un tamaño mayor de muestra [37].
- El cálculo del índice Z en referencia a la desviación a largo plazo, permitió precisar las métricas Six Sigma a través de las siguientes ecuaciones:

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \quad (15)$$

$$Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma} \quad (16)$$

Donde:

- Z_s = Nivel Z superior.
- Z_i = Nivel Z inferior.
- **ES** = Especificación superior.
- **EI** = Especificación inferior.
- σ = Desviación estándar.
- μ = Media.

Para definir la capacidad real en la que se encontraba el proceso, se determinó el valor más pequeño existente entre los dos niveles Z, es decir, entre el nivel superior e inferior, lo cual se evidencia en la ecuación (17).

$$Z_{min} = [Z_s, Z_i] \quad (17)$$

- Se determinó las partes por millón (PPM), las cuales fijan las partes no conformes del proceso, dicho en otras palabras, los elementos que exceden las

especificaciones, además se dice que mientras más pequeñas sean las partes por millón el proceso será mucho más eficiente, básicamente se emplea cuando el artículo pasa o no pasa, con lo cual se estableció el rendimiento del proceso, detallando claramente los elementos que lograron cubrir con las especificaciones del cliente, las ecuaciones que se describen a continuación se utilizaron para lograr calcular estos valores.

Partes por millón (PPM)

$$PPM = \frac{\text{Cantidad de piezas defectuosas}}{\text{Cantidad de piezas inspeccionadas}} * 100000 \quad (18)$$

Rendimiento real del proceso

$$Rendimiento = \frac{1000000 - PPM_{total}}{1000000} * 100 \quad (19)$$

Para interpretar los datos referentes a los defectos por millón para definir los valores del nivel sigma que posee el proceso y a su vez el rendimiento de este, se hizo uso de los datos descritos en la Tabla 10.

Tabla 10. Tabla de rendimiento, partes por millón y el nivel sigma

Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón	Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón
99,9997	6	3.4	93,32	3	66 800
99,9995	5,9	5	91,92	2,9	80 800
99,9992	5,8	8	90,32	2,8	96 800
99,999	5,7	10	88,5	2,7	115 000
99,998	5,6	20	86,5	2,6	135 000
99,997	5,5	30	84,2	2,5	158 000
99,996	5,4	40	81,6	2,4	184 000
99,993	5,3	70	78,8	2,3	212 000
99,99	5,2	100	75,8	2,2	242 000
99,985	5,1	150	72,6	2,1	274 000
99,977	5	230	69,2	2	308 000
99,967	4,9	330	65,6	1,9	344 000
99,952	4,8	480	61,8	1,8	382 000
99,932	4,7	680	58	1,7	420 000
99,904	4,6	960	54	1,6	460 000
99,865	4,5	1350	50	1,5	500 000
99,814	4,4	1860	46	1,4	540 000

Tabla 10. Tabla de rendimiento, partes por millón y el nivel sigma (continuación)

Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón	Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón
99,745	4,3	2550	43	1,3	570 000
99,654	4,2	3460	39	1,2	610 000
99,534	4,1	4660	35	1,1	650 000
99,379	4	6210	31	1	690 000
98,181	3,9	8190	28	0,9	720 000
98,93	3,8	10700	25	0,8	750 000
98,61	3,7	13900	22	0,7	780 000
98,22	3,6	17800	19	0,6	810 000
97,73	3,5	22700	16	0,5	840 000
97,13	3,4	28700	14	0,4	860 000
96,41	3,3	35900	12	0,3	880 000
95,54	3,2	44600	10	0,2	900 000
94,52	3,1	54800	8	0,1	920 000

Etapas de análisis

En esta etapa plenamente se reconoció la causa vital del problema luego de realizar un análisis sistemático a todas las causas potenciales, de igual manera el propósito de esta fase fue entender cómo es que estas causas generaron el problema, para validar este proceso fue necesario cumplir con las siguientes actividades claves:

- Para plasmar todas las causas permisibles que se lograron reconocer en el proceso de inyección de suelas, fue necesario elaborar un diagrama causa-efecto (Ishikawa), todo esto basado en el método de las 6M y sus parámetros principales:
 - 1. Mano de Obra**
 - 2. Maquinaria**
 - 3. Material**
 - 4. Método**
 - 5. Medio Ambiente**
 - 6. Medición**
- Se desarrolló un análisis de modo efecto de los fallos (AMEF), lo cual permitió identificar claramente las causas (fallos) potenciales que se presentan en el proceso de inyección de suelas, de esta manera se logró eliminar la grieta encontrada entre el desarrollo del proceso actual y el objetivo anhelado, basado

en un estudio de la frecuencia de ocurrencia en el proceso, las formas de detección y el resultado adverso que lo originan, esta herramienta AMEF se fundamenta en el estudio realizado para la industria automotriz por parte de Chrysler, GM Y Ford [37], las actividades que se siguieron para desarrollar de forma idónea este formato se las describe a continuación:

1. Para definir la manera en la cual se puedan generar fallas en el proceso, se identificó y examinó los modos de fallos posibles.
2. Para cada una de las fallas, se identificó sus efectos potenciales y estimó su grado de severidad.
3. Se estableció las causas potenciales de falla y la frecuencia con la que ocurre el fallo.
4. Se concretaron los controles o mecanismos para la detección de ocurrencia del fallo y la estimación de la probabilidad de que los controles detecten la falla.
5. Se consiguió calcular el índice de riesgo (NPR), el cual viene dado por; severidad * ocurrencia * detección.
6. Se logró priorizar los NPR de mayor relevancia, de esta manera se alcanzó a precisar las operaciones y acciones que se ejecutaron con la finalidad de reducir el efecto o la probabilidad de que este ocurra.
7. Se revisó los resultados de acción obtenidos [37].

Cálculo del NPR (Número de prioridad de riesgo)

El NPR elementalmente muestra la dirección y el valor que permitió priorizar los modos de fallo y sus causas potenciales, para la obtención de este valor se empleó la siguiente ecuación [55]:

$$NPR = SEV * OCU * DET \quad (20)$$

Donde:

- **SEV** = Índice de severidad o gravedad.
- **OCU** = Índice de ocurrencia.
- **DET** = Índice de detección con escala de valoración.

Los criterios tanto para la severidad (**SEV**), ocurrencia (**OCU**) y para la detección (**DET**) se encuentran especificados en los anexos 5, 6 y 7 respectivamente, cabe destacar que una de las ventajas primordiales de AMEF es que dicha herramienta se la puede emplear antes, durante y después del estudio de los eventos, de esta manera se sustentó una valoración con una visión objetiva en todo momento en que los riesgos puedan surgir [56].

Interpretación del NPR (Numero de prioridad de riesgo)

Con el valor del número de prioridad de riesgo calculado a través del uso de la ecuación (5), fue preciso determinar las acciones que se ejecutaron y con lo cual se consiguió neutralizar y mejorar los problemas, la Tabla 11, indica las acciones empleadas acorde al número del NPR.

Tabla 11. Calificación NPR [56]

PRIORIDAD DEL NPR	NIVEL DE RIESGO	ACCIÓN
Por encima de 500 hasta 100	Alto riesgo de falla	Implementación de acción inmediata.
De 125 a 499	Riesgo de falla medio	Acción requerida.
De 1 a 124	Riesgo de falla bajo	Ninguna acción requerida.

- Para precisar las causas y detallar las metodologías o estrategias de mejora en un Diagrama de Pareto, fue necesario determinar el riesgo o problema potencial en referencia al nivel de prioridad de riesgo.

Etapas de mejora

En esta fase se expuso y se plantearon los cambios y acciones de mejora continua para tratar los fallos y problemas raíz que se encontraron en las etapas anteriores, de esta manera se redujo de forma significativa la variabilidad existente en las actividades críticas del proceso [57], las acciones de mejora se las propuso sustentado en algunas herramientas de Lean Manufacturing para lo cual fue recurrente ejecutar las siguientes actividades:

- Con el propósito de contribuir de manera significativa al progreso y aumento de la calidad de los procesos y productos de la empresa, se desplegó soluciones de ayuda y mejora para el problema potencial encontrado.

- Se detalló el plan de acción del proyecto mediante el análisis de varios aspectos de la mejora, como; la factibilidad, el costo que tiene la mejora, los beneficiarios, detalles técnicos y legales.
- Para el presupuesto de las mejoras a emplear y su normal desarrollo, se estimó el valor tomando a consideración los materiales, factor humano y otros gastos.
- Con el fin de asumir una mejor visión acerca de las acciones que ejecutan los operarios para un cambio de molde se diseñó un diagrama de recorrido.
- Se logró reconocer al operario que mayor destreza presentaba al ejecutar las actividades del cambio de molde, es decir a la persona que empleó menor tiempo para realizar dicha acción, de esta manera se lo definió como el obrero más certificado tomándolo como línea base para efectuar la toma de ciclos del cambio de molde con ayuda de un cronómetro de medición del tipo vuelta a cero.
- El estudio de tiempos y movimientos se efectuó detallando inicialmente el número de mediciones a realizar, para lo cual fue oportuno utilizar los parámetros y recomendaciones de la General Electric descritos en la Tabla 12.

Tabla 12. Observaciones recomendadas según la General Electric [58]

General Electric	
Tiempo de ciclo (min)	Número recomendado de observaciones
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1	30
2	20
2-5	15
5-10	10
10-20	8
20-40	5
40 o más	3

- Se determinó la valoración del ritmo de trabajo del operario más calificado, es decir, se estableció su desempeño, tomando a consideración la puntuación de la tabla de valoración británica, criterios que se especifican en la Tabla 13.

Tabla 13. Criterios de evaluación según la norma británica [59]

Valoración Tabla Británica	
Escala	Descripción del desempeño del operario
0	Actividad nula.
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, el operador parece dormido y sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, como obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado, parece lento, pero no pierde tiempo voluntariamente.
100 (ritmo tipo)	Trabajador activo y capaz, operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intensos sin probabilidad de durar así por períodos largos de tiempo.

- El suplemento del operario se determinó basado en los criterios y características del porcentaje de holgura de Niebel, con esto se logró indicar el tiempo estándar destinado para el proceso de cambio de molde con la siguiente ecuación:

$$Ts = T_N(1 + s) \quad (21)$$

Donde:

- **Ts** = Tiempo estándar.
- **Tn** = Tiempo normal.
- **S** = Suplemento.

- Se definió la capacidad de producción perteneciente al proceso de inyección de suelas, para lo cual fue necesario utilizar la siguiente ecuación [57]:

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (22)$$

Donde:

- **Cp** = Capacidad de producción.
 - **Tn** = Tiempo estándar.
- El sistema SMED o también llamado reducción del tiempo de preparación, fue efectuado centrado en las actividades que se muestran en la Figura 6.

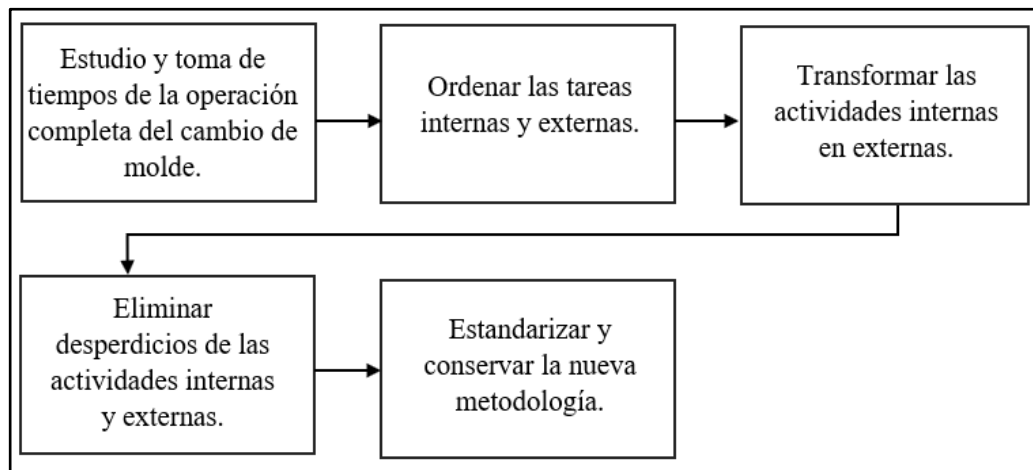


Figura 6. Actividades para el desarrollo del sistema SMED [60]

- Se elaboró un cursograma analítico detallando claramente las acciones que se deben seguir para realizar un cambio de molde, lo cual ayudó a desarrollar de manera idónea el sistema SMED.
- La simulación del proceso productivo fue realizada con ayuda del software FlexSim 2019, la misma que contiene las propuestas de mejora a través de la cual se verificó su viabilidad.
- El análisis de capacidad y sus respectivas gráficas de control tanto de la situación real actual de la empresa y la propuesta de mejora fueron detalladas para facilitar una comparativa entre estas dos situaciones, para la elaboración del mismo fue necesario hacer uso del software Minitab19.
- Se efectuó un estudio ameno de los resultados obtenidos.

Etapa de control

Esta fase final se enfocó en desarrollar normas, procedimientos, técnicas, tácticas o estrategias de cómo conservar y estandarizar las mejoras a implantar, por ende, fue ineludible establecer métricas, mecanismos y un sistema de control que facilite el seguimiento y la conversación de estas propuestas a lo largo del tiempo, para conseguir los siguientes beneficios:

- Se evitó que los problemas que afectan al proceso vuelvan a generar inconvenientes (mantener ganancias).
- Conservación referente al desempeño del proceso.
- Se estimuló a poseer una ideología vanguardista referente a la mejora continua.

Para cumplir con las propuestas de mejora se efectuó las siguientes actividades:

- Se estandarizó las operaciones referentes al cambio de molde basado en los tiempos estándar calculados para cada una de las actividades y también sustentado en las herramientas de Lean Manufacturing adicionales que se van a manejar, con lo cual se logró disminuir en gran proporción los tiempos que no generan o agregan ningún valor al procedimiento.
- Una vez desarrollada la metodología DMAIC se logró proponer el mecanismo de control juntamente con los respectivos encargados y delegados, a su vez garantizar que la mejora se mantenga con el tiempo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Evaluación actual de la empresa



Figura 7. Logotipo de la empresa

Descripción de la empresa

Beltrán Inyecciones, es una empresa dedicada principalmente a la fabricación de suelas para calzado, añadiendo un valor agregado a sus productos a través de la innovación, investigación y siempre pensando en la comodidad y satisfacción del cliente, la empresa inicia a fabricar suelas para calzado en el año 2012 como un proyecto complementario ante el cierre de la fábrica de calzado “Beltronic” emprendimiento creado y dirigido por el gerente propietario Sr. Patricio Beltrán, hoy en día la empresa se ha logrado afianzar en la industria del calzado en la ciudad de Ambato gracias a su perseverancia, constancia y sobre todo a su visión basada en la mejora continua, lo cual ha establecido una buena imagen ante la visión del cliente.

Se destaca que, además de fabricar suelas para zapatos, la empresa brinda el servicio de inyección de suelas con las especificaciones y necesidades que el cliente requiera para cubrir un mercado mayor, la planta de producción se encuentra ubicada en Ambato exactamente en la parroquia Santa Rosa.



Figura 8. Empresa Beltrán Inyecciones

Tabla 14. Datos de la empresa Beltrán Inyecciones

“Beltrán Inyecciones”	
Datos	Detalle
Propietario	Sr. Patricio Beltrán
Provincia	Tungurahua
Ciudad	Ambato
Dirección	Parroquia Santa Rosa
Contactos	032825936-0968231374
Ruc	1803965068001

La naturaleza de nuestros principios organizacionales radica en la satisfacción de todos quienes conforman Beltrán Inyecciones, proveedores, colaboradores, clientes, personal administrativo y gerencia general; los cuales deben caracterizarse y cumplir con nuestra misión, visión, valores y reglamentos.

Misión

Ser una empresa con un entorno familiar dedicada a fabricar suelas de excelente calidad, innovando siempre en las nuevas tendencias del calzado.

Visión

Beltrán Inyecciones para el 2023 se convertirá en una de las 3 empresas principales de fabricación de suelas del país.

Políticas de la empresa

- Proteger la integridad física de los trabajadores, así como el normal desenvolvimiento de sus actividades sea dentro o fuera del establecimiento de trabajo.
- Implementar normas enfocadas en la Seguridad y Salud de sus trabajadores, para satisfacer las exigencias propias y de los organismos de control del país: como es el Ministerio de Trabajo, la Dirección Provincial de Riesgos del Trabajo del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) y cualquier otra entidad que tenga injerencia en las actividades del gerente propietario Sr. Patricio Beltrán.
- Cumplir con las leyes y reglamentaciones nacionales sobre Seguridad y Salud del Trabajo.
- Mejorar la seguridad y buscar métodos o programas para promover y optimizar la salud de nuestros trabajadores.
- Capacitar a los trabajadores y proveer los recursos para cumplir con esta Política.
- Mantener un mejoramiento continuo en todas las actividades de la empresa, de protección ambiental, equipos, condiciones de trabajo y en seguridad laboral.
- Crear una cultura de prevención de riesgos laborales con la aplicación de este reglamento a todos los trabajadores.
- Mejorar la armonía entre el trabajador, el ambiente y las condiciones de trabajo.

Productos ofertados

Beltrán Inyecciones se enfoca radicalmente en la fabricación de suelas cómodas y de alta calidad, la Tabla 15, detalla los productos que elabora y oferta la empresa, además, las suelas son producidas en base a la demanda existente o en dependencia al cambio de temporada en la cual que se encuentre. El área administrativa se encarga de planificar semanalmente la producción. Por otra parte, se indica que debido a la

emergencia sanitaria por la cual estamos viviendo y que en el año 2021 existieron varias restricciones tanto de movilidad, como el cierre de establecimientos educativos, centros comerciales y limitaciones en la actividad laboral, razones por las cuales la empresa se vio mermada en su producción puesto que no existió demandas significativas como años pasados antes de iniciar con la pandemia.

Tabla 15. Productos elaborados por la empresa Beltrán Inyecciones










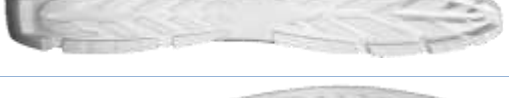






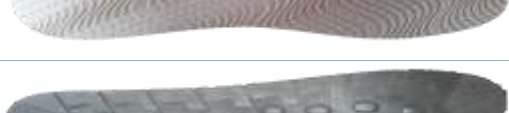
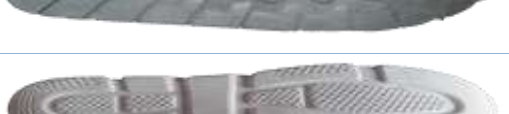



Suelas elaboradas por la empresa “Beltrán Inyecciones”		
Modelo	Tallas	Ilustración
MAFER	27-38	
CELESTE	27-41	
FER	21-40	
ADIDAS	37-43	
DANIELA	34-39	
AIRVIP	33-42	
KRISS	21-40	
ANAHÍ	26-40	
RENATA	33-39	
ANGELY	34-42	
CHELITA EXP BEIGE	34-39	

Tabla 15. Productos elaborados por la empresa Beltrán Inyecciones (continuación)

Modelo	Tallas	Ilustración
AIRCONFORT	33-42	
DIAMANTE	33-38	
TORNILLO	37-42	
NIKY	35-40	
PAULA	34-39	
PAMELA	34-38	
SANDRA	27-41	
LIA	34-39	
MK	33-42	
OLAFO	34-42	

Análisis ABC de suelas para calzado

Se realizó un Análisis ABC de los productos que elabora la empresa “Beltrán Inyecciones”, la Tabla 16, evidencia los datos adecuados como; el total de producción ejecutada en el año 2021 de cada modelo, el costo de cada par de suelas y sus respectivos porcentajes de frecuencia, datos tomados de la alta dirección de la empresa.

Tabla 16. Análisis ABC de la producción de suelas del año 2021

N°	MODELO	Cantidad (pares)	Precio por par	Precio Total	%Frec.	%Frec. Acum.	Zona
1	CELESTE	109.824	\$1,85	\$203.174,40	35,92%	35,92%	A
2	MAFER	28.680	\$2,20	\$63.096,00	11,16%	47,08%	
3	FER	33.911	\$1,60	\$54.257,60	9,59%	56,67%	
4	KRISS	23.545	\$1,80	\$42.381,00	7,49%	64,16%	
5	DANIELA	19.830	\$1,70	\$33.711,00	5,96%	70,12%	
6	ANGELY	11.200	\$2,30	\$25.760,00	4,55%	74,68%	
7	SANDRA	15.560	\$1,60	\$24.896,00	4,40%	79,08%	
8	AIRCONFORT	11.990	\$1,90	\$22.781,00	4,03%	83,11%	B
10	AIRVIP	10.431	\$1,75	\$18.254,25	3,23%	86,33%	
11	DIAMANTE	7.710	\$2,30	\$17.733,00	3,14%	89,47%	
12	OLAFO	4.700	\$3,20	\$15.040,00	2,66%	92,13%	
13	ANAHÍ	7.301	\$1,90	\$13.871,90	2,45%	94,58%	
16	CHELITA EXP BEIGE	3.500	\$1,50	\$5.250,00	0,93%	95,51%	C
17	LIA	2.530	\$1,80	\$4.554,00	0,81%	96,31%	
18	PAULA	2.040	\$2,20	\$4.488,00	0,79%	97,11%	
19	MK	2.640	\$1,60	\$4.224,00	0,75%	97,85%	
20	TORNILLO	2.070	\$1,60	\$3.312,00	0,59%	98,44%	
21	NIKY	1.860	\$1,70	\$3.162,00	0,56%	99,00%	
22	FILA	1.710	\$1,50	\$2.565,00	0,45%	99,45%	
23	RENATA	950	\$2,20	\$2.090,00	0,37%	99,82%	
24	ADIDAS	630	\$1,60	\$1.008,00	0,18%	100,00%	
TOTAL		302.612	\$39,80	\$565.609,15	100,00%		
PROMEDIO			\$1,90				

En la Tabla 16, se observa los productos de mayor, media y menor demanda de la empresa en el año 2021, además, se muestra el costo promedio de las suelas con un valor de \$1,90 por cada par, la Figura 9, detalla el esquema ABC de los productos identificados.

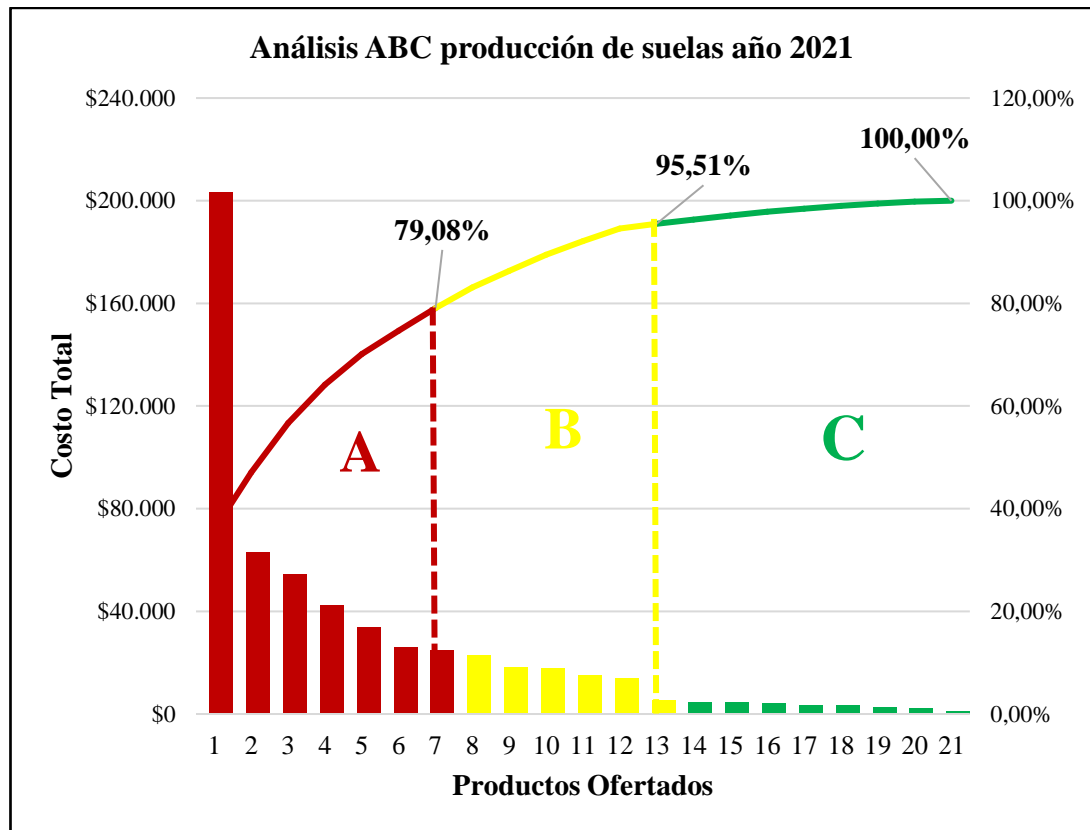


Figura 9. Gráfico ABC producción de suelas del año 2021

En el gráfico ABC se presenta los productos elaborados en la empresa Beltrán Inyecciones correspondientes al año 2021, se determinó las suelas de mayor demanda lo cual se estima con un 80% del total de la frecuencia acumulada, a este porcentaje se lo cataloga como la zona A, del 80% al 95% se denomina la zona B y el 5% restante se encuentra en la zona C.

Análisis del gráfico ABC

De acuerdo con el análisis del gráfico ABC sobre los productos fabricados por la organización, se define que el 79,08% contiene siete productos más representativos para la empresa en el año 2021 para identificar el producto estrella, estos modelos son; Celeste con un 35,92%, con un 11,16% se tiene al modelo Mafer y por último con un 9,59% la suela Fer, que, en conjunto constituyen el 56,67% del total de producción e ingresos para la entidad.

Interpretación gráfico ABC

Con la ayuda del análisis y el gráfico ABC se determinó que las suelas que tuvieron mayor producción en la empresa Beltrán Inyecciones fueron; Celeste, Mafer, Fer, Kriss, Daniela, Angely y Sandra, productos que se encuentran en la zona A, afirmando que la suela Celeste es el producto de mayor relevancia y que mayores beneficios brinda a la entidad con una producción total de 109.824 pares de suelas correspondientes al año 2021. La Figura 10, muestra el diseño final de la suela Celeste.



Figura 10. Suela modelo “Celeste”

Descripción del proceso de inyección suelas para calzado

Para un mayor detalle de la línea de producción, fue necesario observar las actividades que se ejecutan en la empresa, asimismo, la maquinaria con la que cuentan.

Proceso de inyección de suelas

El proceso de inyección de suelas se realiza en un área determinada dentro de las instalaciones de la empresa, esta área cuenta con tres máquinas inyectoras rotativas, una de marca: KCLKA de origen chino, y las otras dos de la marca BENLONG de igual manera procedentes de china, estas inyectoras son destinadas netamente para la elaboración de las suelas que la empresa produce, puesto que, existen 3 máquinas inyectoras adicionales, dos de ellas estacionarias y una rotativa, utilizadas para el desarrollo de producción referente al servicio de inyección de suelas que la empresa oferta.

El proceso inicia cuando el operario de turno recibe la hoja de producción, luego, se realiza actividades de preparación en la maquinaria para cumplir con especificaciones técnicas como; color, molde, peso, temperatura de inyección, tiempo de enfriamiento y calibración en general, todo esto en base a los modelos que se requieran producir, luego de esta fase preparatoria se efectúa la inyección de las suelas, a continuación, el operario retira las rebabas y la suela inyectada, en seguida se cerciora que no exista

ninguna anomalía, mediante la verificación de la calidad de la suela, de ser este el caso, las suelas se acomodan en una mesa para posteriormente ser trasladadas al área de empaque, en el caso que exista fallas las suelas son colocadas en gavetas para luego ser transportadas al área de bodega en donde se las tritura y se las mezcla con el material virgen para reutilizar este material.



Figura 11. Área de inyección de suelas

La Tabla 17, muestra el personal presente en el área de inyección de suelas donde se precisa que por cada jornada de trabajo existen cuatro obreros, asimismo, se recalca que la empresa dispone de dos jornadas únicas de trabajo, en cuanto a los obreros uno de ellos es el líder, los tres restantes son operarios de las máquinas inyectoras.

Tabla 17. Trabajadores en el área de inyección de suelas

Nº	Obrero	Turno	Cargo
1	Operario 1	Jornada 1	Líder
2	Operario 2	Jornada 1	Inyector
3	Operario 3	Jornada 1	Inyector
4	Operario 4	Jornada 1	Inyector
5	Operario 5	Jornada 2	Líder
6	Operario 6	Jornada 2	Inyector
7	Operario 7	Jornada 2	Inyector
8	Operario 8	Jornada 2	Inyector

La tabla 18, exhibe la distribución de actividades que desarrolla cada uno de los operarios.

Tabla 18. Actividades que realiza el personal del área de inyección de suelas

Obrero	Descripción
Líder	Es el encargado de entregar las hojas de producción a los operarios, abastecer de material a las máquinas inyectoras, cambiar los moldes, verificar que el proceso se esté ejecutando de manera adecuada, revisar que las suelas cumplan con las especificaciones requeridas, esto como un segundo filtro de calidad luego de la valoración previa del operario, a su vez, este obrero realiza mantenimientos correctivos a la maquinaria que ostente fallos, además, efectúa acciones que demande el área.
Operario	Es el responsable de operar la máquina inyectora, vale aclarar que existe un operario por cada maquinaria, además se encarga de realizar las actividades preparatorias de la máquina inyectora para su posterior funcionamiento, sin embargo, en ciertas ocasiones realiza actividades que demanda el área, todo esto debido a diversas circunstancias, por otra parte, es el primer filtro de calidad ya que avala o desacredita el producto. Adicionalmente este operario describe la producción que elaboró durante su jornada de trabajo en las hojas de control, juntamente con las anomalías que se presentaron en dicha jornada, ya sean estos cambios de moldes, cambios de color, fallos en la maquinaria, entre otras circunstancias.

Para la identificación de la maquinaria existente en el área de inyección de suelas, se determinó el estado de situación inicial basado en tres de las seis máquinas inyectoras que la organización posee en esta área de inyección de suelas, tres de ellas están limitadas a la elaboración de la producción de modelos referentes al servicio de inyección de suelas que la empresa oferta que, en pedidos puntuales se utiliza estas máquinas para elaborar producción faltante, retrasada o próxima a su fecha de entrega.

En la Tabla 19, se describe las características relevantes correspondientes a la máquina inyectora rotativa de la marca KCLKA, donde, se menciona que el área de inyección de suelas contiene una máquina de esta marca.

Tabla 19. Descripción de la máquina inyectora marca KCLKA

Máquina Inyectora marca KCLKA	
Ilustración	Descripción
	<ul style="list-style-type: none">• KCLKA es una máquina rotativa automática de inyección directa de PVC con origen chino, cuenta con 24 moldes o estaciones de trabajo.• Esta maquinaria es ideal para inyectar todo tipo de materias primas como; PVC, termoplásticos, expansor, espuma o no espuma [61].• Se puede utilizar con un tornillo de diámetro en espiral, con el fin de lograr un gran volumen de inyección y alta capacidad de producción, posee un control digital automático [61].• La pantalla de interfaz hombre-máquina es táctil.• Su contenedor (tolva) es relativamente grande.

En la Tabla 20, se describe las características relevantes correspondientes a la máquina inyectora rotativa de 6 estaciones marca BENLONG y los beneficios que tiene, asimismo, se acota que en el área de inyección de suelas existen dos máquinas de esta marca.

Tabla 20. Descripción de la máquina inyectora marca BENLONG

Máquina Inyectora marca BENLONG	
Ilustración	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • Esta máquina posee 6 estaciones de trabajo. • Maquinaria ideal para inyectar materias primas como; PVC, termoplásticos, expansor entre otras [62]. • Para la programación de las estaciones de trabajo se cuenta con una pantalla táctil (interfaz hombre-máquina) [62]. • Posee un control automático digital.

Mapa de procesos para la producción de suelas

La Figura 12, distribuye el mapa de procesos de la producción de suelas de la empresa Beltrán inyecciones.

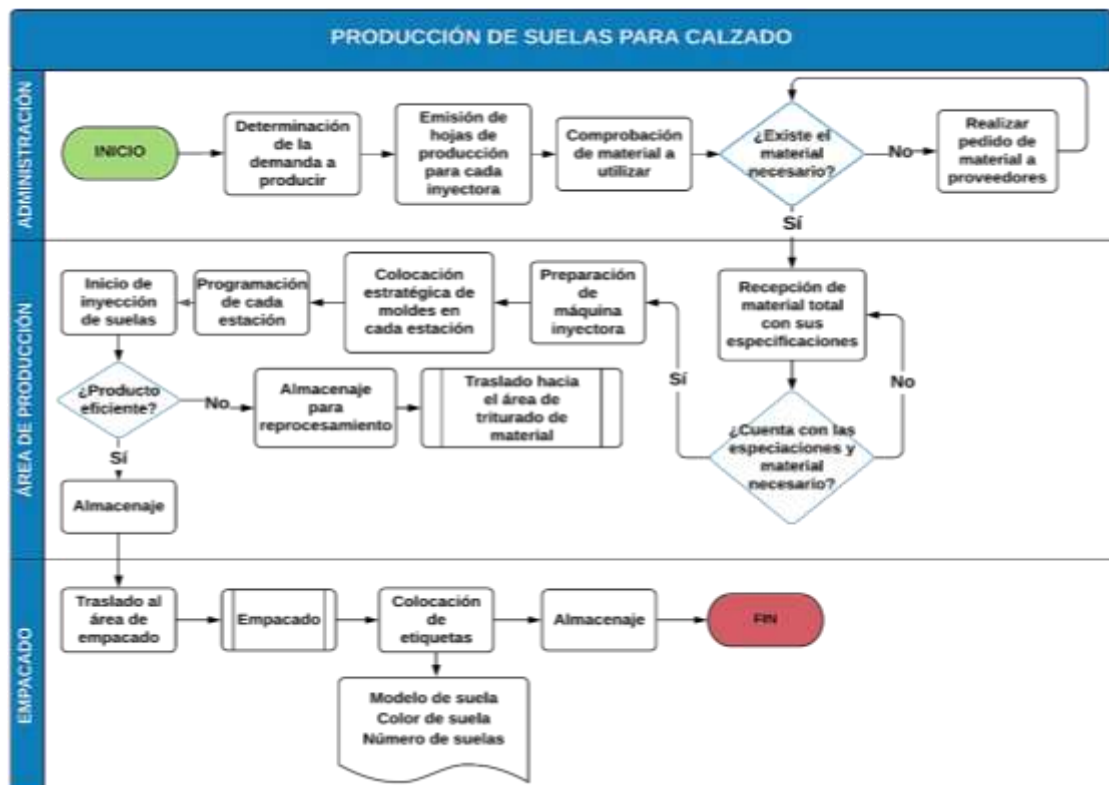


Figura 12. Mapa de procesos para la producción de suelas

Flujograma del proceso de inyección de suelas

La Figura 13, relaciona los procesos ordenados para la ejecución de la inyección de suelas de la empresa, se toma en consideración que cada máquina realiza las mismas actividades.

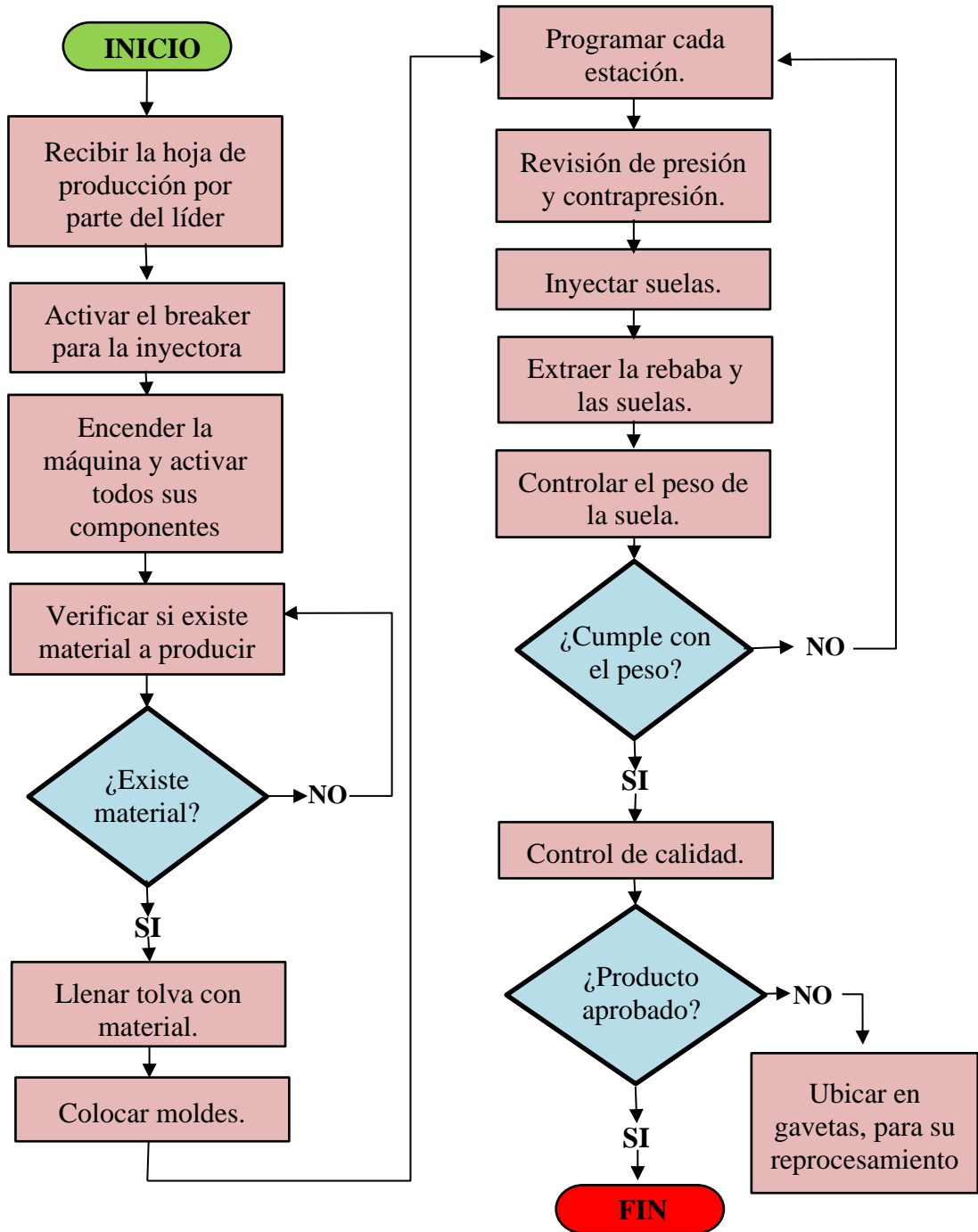


Figura 13. Flujograma inyección de suelas

Tabla 21. Proceso de inyección de suelas


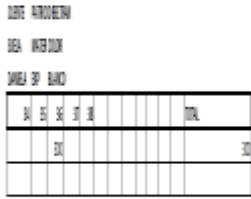




Fecha de elaboración:	26/01/2022	PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS MÁQUINAS ROTATIVAS KCLKA Y BENLONG		
Elaborado por:	Quisintuña Angel			
Aprobado por:	Ing. Freddy Lema			
Actividad	Definición	Ilustración	Observación	
Recibir la hoja de producción por parte del líder	La administración se encarga de generar las órdenes de producción que son otorgadas al líder de turno, este a su vez entrega a cada operario, además verifica que moldes y qué tipo de material se requiere.		Ninguna	
Activar el breaker para la inyectora	Cada una de las inyectoras posee su propio breaker, el cual hay que activarlo (modo ON) para posteriormente encender la máquina.		Ninguna	
Encender la máquina	Es necesario girar la perilla al estado (/), de la misma forma se lo hace para activar la ventilación (bomba) y la presión de aire, seguido se pulsa los botones verde y amarillos del tablero para encender la pantalla, la rotación de los moldes y la mesa respectivamente, los cañones de temperatura se activan accionando los switches colocándolos en modo ON.		Ninguna	
Verificar si existe material a producir	El operario espera un estimado de 3 minutos hasta que se calienten las resistencias, mientras tanto el líder se cerciora si existe el material necesario para la producción requerida.		En el caso de no existir el material necesario el líder se encarga de abastecerse del mismo, transportándolo desde la bodega.	
Llenar tolva con material	El líder es el encargado de depositar los sacos de material en la tolva de la máquina inyectora.		El líder se encarga de abastecer de material cada vez que se lo requiera, esto lo hace para las 3 máquinas inyectoras.	

Tabla 21. Proceso de inyección de suelas (continuación)

Colocar moldes	El líder coloca los moldes estratégicamente para que el operario tenga tiempo y pueda retirar las suelas producidas.		Revisar que no existan fallos en la colocación del molde para que no exista desperdicio de material, cuando se requiera cambiar un molde el encargado es el líder de ejecutar dicha acción.
Programar cada estación	Cada estación en donde se ubicó el molde debe ser programada la carga, el tiempo de enfriamiento, el tiempo de inyección y la temperatura a la que se va a trabajar.		Estas configuraciones se las realiza en la pantalla táctil de la máquina.
Revisión de presión y contrapresión	Se debe constatar que la presión y contrapresión sea la adecuada en referencia al molde que se va a producir. En el tablero se debe revisar el valor con el cual se va a trabajar.		Ninguna
Inyectar suelas	Se gira el selector al modo automático para iniciar con la inyección de la suela.		Ninguna
Extraer la rebaba y las suelas	Una vez que ha terminado la inyección y el molde ha llegado al puesto de trabajo se extrae primero la rebaba y posteriormente las suelas.		Las rebabas se las coloca en una gaveta para su posterior reprocesamiento.
Controlar el peso de la suela	Cuando se inicia la producción del día es necesario controlar el peso de la suela para cumplir con los estándares de calidad. Este control se realiza con la ayuda de una balanza.		Si el peso no es el ideal se vuelve a configurar los parámetros de la estación y nuevamente se repite el proceso hasta que la suela cumpla con las especificaciones.
Control de calidad	Se revisa que la suela no tenga fallas como manchas o exceso de material.		Si la suela es aceptable se la coloca en la mesa para que luego los productos sean transportados al área de empaque. Si no es aprobada se la coloca en gavetas para su posterior reproceso.

En la Tabla 21, se observa las actividades del proceso de inyección de suelas, sus entradas y salidas hasta obtener el producto final.

3.1.2 Etapa de Definición

Esta fase se enfocó en determinar el problema central que afecta directamente al proceso de inyección de suelas, con la finalidad de obtener soluciones de mejora, en donde se analizó factores que existen y que influyen en el cumplimiento mínimo programado de la producción diaria.

Diagrama SIPOC

Se empleó un diagrama SIPOC con el propósito de comprender de mejor manera los factores que intervienen en el proceso de inyección de suelas, asociando las entradas, requerimientos y salidas [33], es decir los suministros que solicita el proceso, a continuación, se presenta el diagrama con sus respectivas variables y sus fases generales del proceso en la Figura 14.

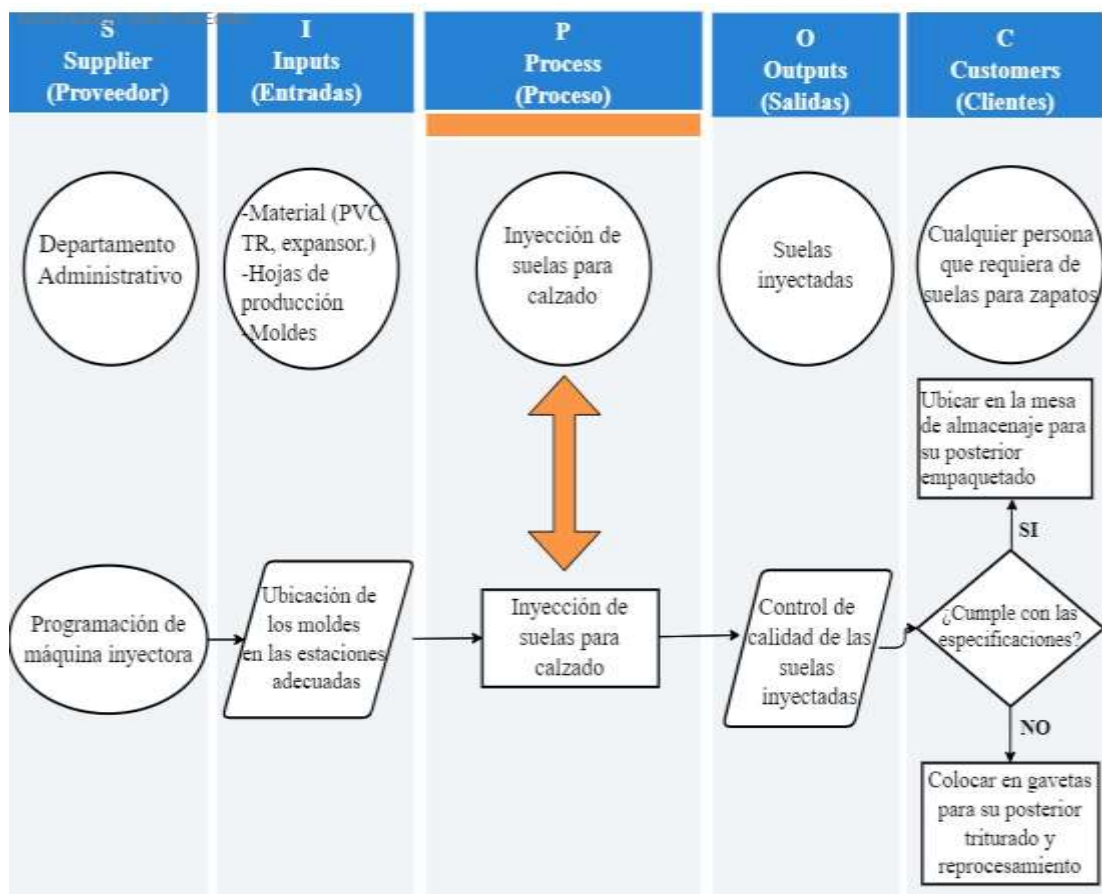


Figura 14. Diagrama SIPOC del proceso de inyección de suelas

Las máquinas inyectoras rotativas objeto de estudio pese a poder inyectar con materiales como; PVC y TR, la empresa no opta por realizar la producción de suelas con estos materiales en estas maquinarias, puesto que, el tiempo de enfriamiento de estos materiales son relativamente rápidos, por ende, si el tiempo de enfriamiento no es configurado adecuadamente puede ocasionar fallos internos lo cual conlleva a recurrir al servicio técnico efectuando gastos innecesarios, es por ello que, la entidad no corre con este riesgo de modo que las tres máquinas rotativas descritas en las Tablas 19 y 20, describen un trabajo con el material Expansor en diferentes colores.

Situación actual de la producción de suelas

Con ayuda de la administración de la entidad “Beltrán Inyecciones” se obtuvo antecedentes históricos referentes a los controles diarios de los planes de producción, este consta con las suelas producidas durante la jornada laboral especificando tallas, material, color y modelo elaborado, de igual manera, en este registro se detalla los problemas que se suscitaron en el turno de trabajo correspondiente, así mismo, se especifica la maquinaria en la cual se ejecutó la producción, este registro es redactado por el operario del área que maneja la maquinaria y posteriormente verificado por parte del departamento de empaquetado concerniente a los pares de suelas fabricadas durante una jornada de trabajo.

Para tener una mejor visión del estado actual de la producción de suelas, se tabuló 267 hojas de control correspondientes al año 2021 por todos los turnos de trabajo, cada una de estas hojas contiene la producción elaborada durante toda la semana por el operario, el Anexo 3, presenta cada registro que contiene la producción efectuada por cada día laborado, obteniendo un total de 1292 datos, con ello se definió la frecuencia con la cual se cumplen los planes de producción, de esta manera se verificó que se cumpla con los pares de suelas planificados diarios por el departamento administrativo con los pares de suelas producidos por cada operario, a continuación, la Tabla 22, representa el cumplimiento de las órdenes de producción del año 2021 por cada uno de los turnos. La entidad se maneja mediante un rango del 97,5% al 100% para el cumplimiento de la producción y con un valor menor al 97,5% para el incumplimiento del plan de producción.

Tabla 22. Cumplimiento del plan de producción de suelas del año 2021, turno 1

Estado	Cumple con el plan de producción	No cumple con el plan de producción	Total
Rango	$97,5\% \geq X \leq 100\%$	$< 97,5\%$	
Turno 1	672	93	765
Porcentaje	52,01%	7,20%	59,21%

La tabla muestra que, de los 1292 datos totales se tabularon 765 datos los cuales corresponden al turno uno, obteniendo como resultado 672 órdenes de producción cumplidas y 93 de ellas que no se lograron cumplir en su totalidad. A continuación, en la Figura 15 se visualiza como se encuentra el cumplimiento del plan de producción del turno número uno.

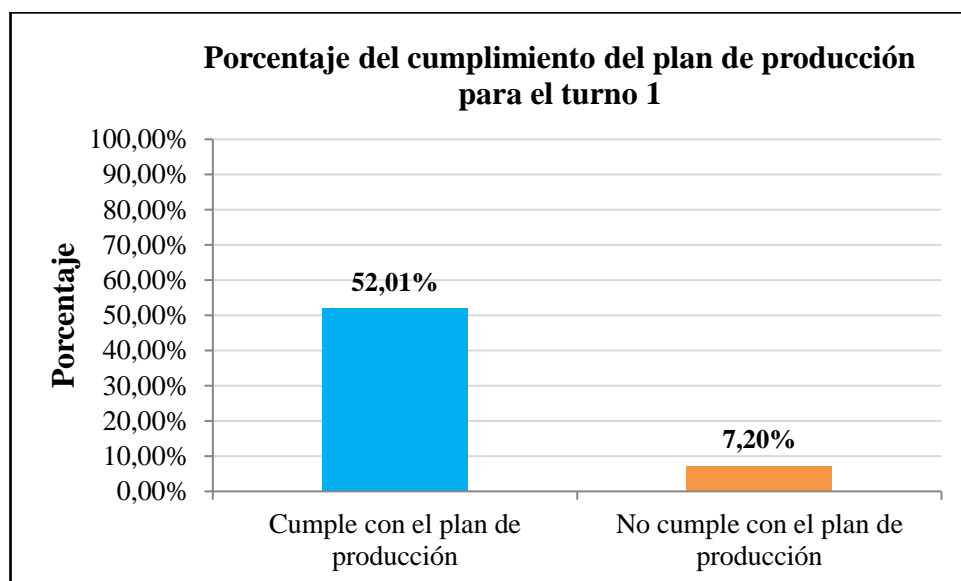


Figura 15. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 1

Análisis

La Figura 15, muestra que, el 52,01% se obtiene del cumplimiento del plan de producción y un 7,20% pertenece al incumplimiento de la orden de producción asignada al turno número uno de trabajo.

Interpretación

Las órdenes de producción son generadas en base a la demanda que la entidad posee y respecto a su tiempo de entrega, entonces, en el turno uno es en donde mayormente se emiten dichas órdenes, debido a que la entidad receipta pedidos de producción durante el turno uno, horario en el cual labora el departamento administrativo, otra razón para que se de este particular se debe a que si existen pedidos inesperados se emiten nuevas órdenes de producción y estas mismas órdenes son utilizadas en el siguiente turno, obviamente si la producción es extensa, por ende en el turno dos esta orden de producción no es cuantificada.

La Tabla 23, muestra el cumplimiento de las órdenes de producción correspondientes al año 2021 para el turno dos.

Tabla 23. Cumplimiento del plan de producción de suelas del año 2021, turno 2

Estado	Cumple con el plan de producción	No cumple con el plan de producción	Total
Rango	$97,5\% \geq X \leq 100\%$	$< 97,5\%$	
Turno 2	465	62	527
Porcentaje	35,99%	4,80%	40,79%

La tabla muestra que, de 527 datos correspondientes al turno dos, se define 465 órdenes de producción que han sido cumplidas en su totalidad y 62 fueron ordenes no cumplidas, todo esto en dependencia de los 1292 datos totales de las 267 hojas de control. En la Gráfica 16, se representa el cumplimiento del plan de producción para el turno dos.

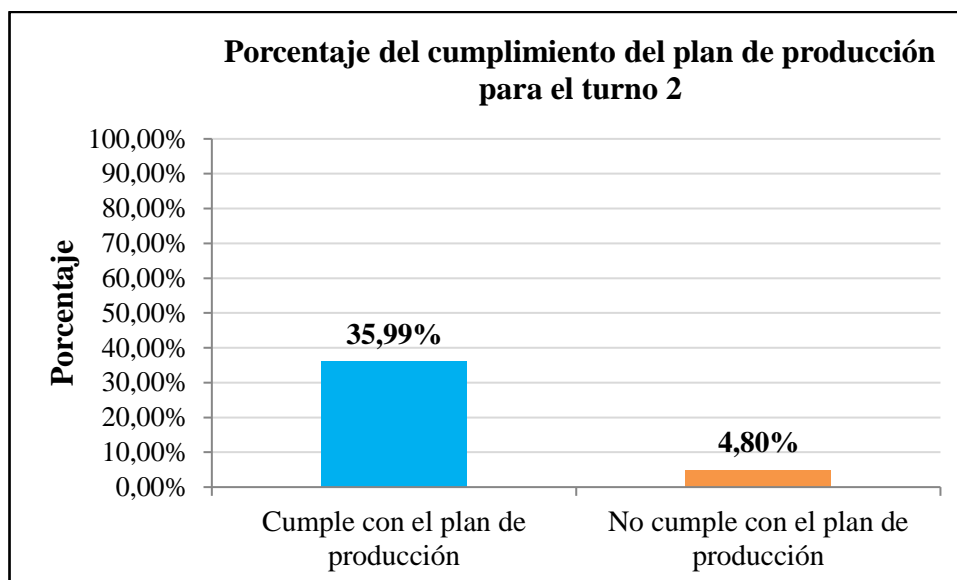


Figura 16. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 2

Análisis

Se evidencia que el 35,99% pertenece al cumplimiento de producción y un 4,80% corresponde al no cumplimiento, estos valores conciernen al turno número dos de la jornada de trabajo.

Interpretación

En el turno de trabajo número dos se observó una menor cantidad de órdenes de producción emitidas debido a la falta de cumplimiento de las ordenes de producción del turno uno por lo que, el segundo turno cubre la producción faltante previo al inicio de la producción planificada, por otra parte, en este ciclo se elaboran pedidos que están próximos a culminar la fecha de entrega, por lo cual, estas actividades hacen que la alta dirección retenga lotes de producción hasta terminar los pedidos pendientes.

La Tabla 24, muestra los datos totales obtenidos del cumplimiento de los planes de producción tanto del turno uno como del turno dos.

Tabla 24. Cumplimiento del plan de producción de la inyección de suelas del año 2021, turno 1 y 2

Estado	Cumple con el plan de producción	No cumple con el plan de producción	Total
Rango	$97,5\% \geq X \leq 100\%$	$< 97,5\%$	
Turno 1	672	93	765
Turno 2	465	62	527
Total	1137	155	1292
Porcentaje Total	88%	12%	100,00%

Una vez tabulados todos los datos se evidenció que existe un gran porcentaje de cumplimiento del plan de producción con un total de 1137 órdenes cumplidas y una mínima proporción de incumplimiento con un total de 155 órdenes, todo esto basado en los 267 registros de control, además, para verificar este cumplimiento, se realizó una comparativa entre la producción realizada en cada turno de trabajo por parte del operario destinado y las órdenes de producción planificadas. La Figura 17, denota el porcentaje del cumplimiento del plan de producción total.

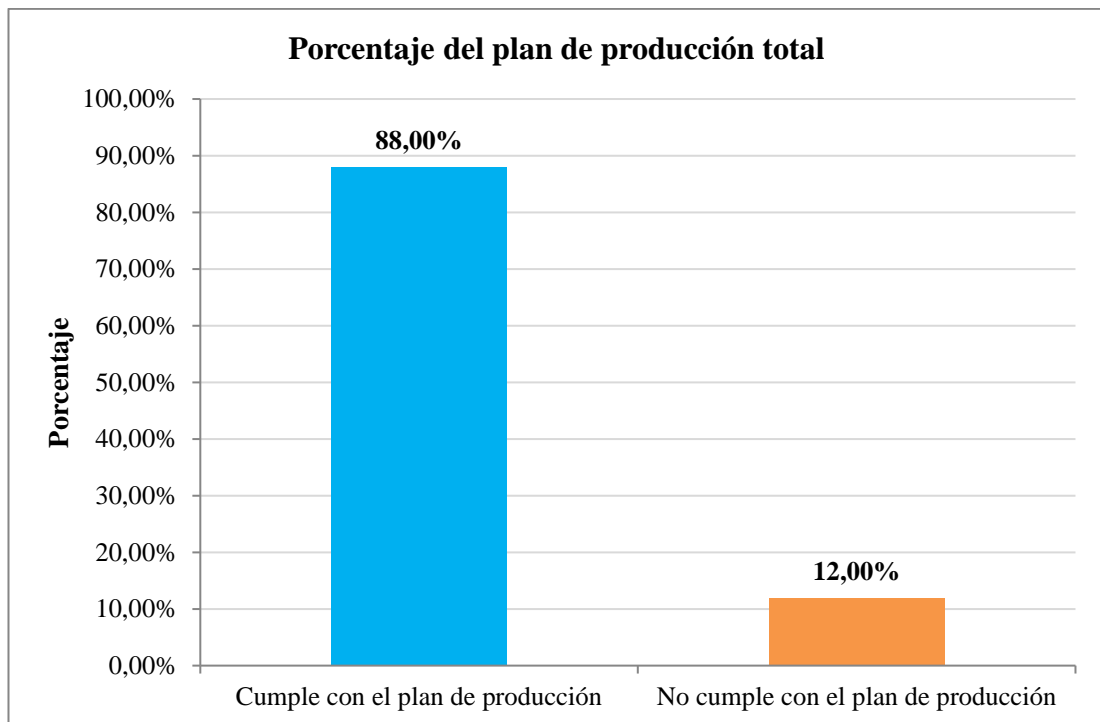


Figura 17. Esquema del cumplimiento del plan de producción del año 2021, turno 1 y 2

Análisis

Los datos obtenidos de los turnos de trabajo de la empresa relacionaron el cumplimiento del plan de producción, donde, el 88% cumple con la producción establecida y un 12% de los turnos se determinaron como el nivel de incumplimiento del plan de producción, esto definió el indicador potencial de este análisis señalando que, la producción se cumple en gran parte, finalmente, existe un porcentaje mínimo de incumplimiento que requiere soluciones efectivas.

Interpretación

Los turnos de trabajo existentes en la empresa “Beltrán Inyecciones” cumplen en gran medida el plan de producción establecido, esto representa un total de 1137 datos positivos frente a los 1292 datos tomados, sin embargo, existe un porcentaje que no cumple con la producción señalada, por factores identificados como; fallos de la maquinaria, problemas de logística, elaboración de nuevos modelos, colores y tallas, razones por las cuales la producción se retrasa parcialmente.

La Tabla 25, muestra el indicador basado en el análisis obtenido de los datos semanales para medir el cumplimiento de las órdenes de producción, de igual manera, se presenta la variabilidad del proceso.

Tabla 25. Indicador del cumplimiento del plan de producción semanal año 2021

Mes-Semana	Semana	Suelas Planificadas (Pares)	Suelas producidas (Pares)	Porcentaje de cumplimiento
enero-1	1	1270	1270	100,00%
enero-2	2	1830	1830	100,00%
enero-3	3	1560	1560	100,00%
enero-4	4	1470	1408	95,78%
febrero-1	5	1960	1910	97,45%
febrero-2	6	2218	2218	100,00%
febrero-3	7	2100	2220	105,71%
febrero-4	8	1640	1640	100,00%

Tabla 25. Indicador del cumplimiento del plan de producción semanal año 2021 (continuación)

Mes-Semana	Semana	Suelas Planificadas (Pares)	Suelas producidas (Pares)	Porcentaje de cumplimiento
marzo-1	9	3670	3239	88,26%
marzo-2	10	1990	1990	100,00%
marzo-3	11	2620	2600	99,24%
marzo-4	12	3300	3293	99,79%
abril-1	13	16450	16442	99,95%
abril-2	14	13515	13504	99,92%
abril-3	15	10370	10368	99,98%
abril-4	16	10310	10029	97,27%
mayo-1	17	11780	11748	99,73%
mayo-2	18	9380	9380	100,00%
mayo-3	19	10201	10190	99,89%
mayo-4	20	8724	8724	100,00%
junio-1	21	3330	3318	99,64%
junio-2	22	1765	1761	99,77%
junio-3	23	1170	1170	100,00%
junio-4	24	2490	2490	100,00%
julio-1	25	3290	2692	81,82%
julio-2	26	4025	3998	99,33%
julio-3	27	4330	4286	98,98%
julio-4	28	3740	3740	100,00%
agosto-1	29	4230	4144	97,97%
agosto-2	30	3810	3810	100,00%
agosto-3	31	3565	3550	99,58%
agosto-4	32	6990	6964	99,63%
septiembre-1	33	16285	16268	99,90%
septiembre-2	34	11880	11880	100,00%
septiembre-3	35	10780	10769	99,90%
septiembre-4	36	9530	9528	99,98%
octubre-1	37	9190	9187	99,97%
octubre-2	38	9520	9512	99,92%
octubre-3	39	9735	9735	100,00%
octubre-4	40	9730	9730	100,00%
noviembre-1	41	10554	10432	98,84%
noviembre-2	42	10540	10537	99,97%
noviembre-3	43	9495	9489	99,94%
noviembre-4	44	9970	9961	99,91%
diciembre-1	45	5670	4820	85,01%
diciembre-2	46	3536	3284	92,87%
diciembre-3	47	2918	2918	100,00%
diciembre-4	48	3790	3790	100,00%
Total		302216	299326	99,04%
Promedio		6296,17	6235,96	98,66%

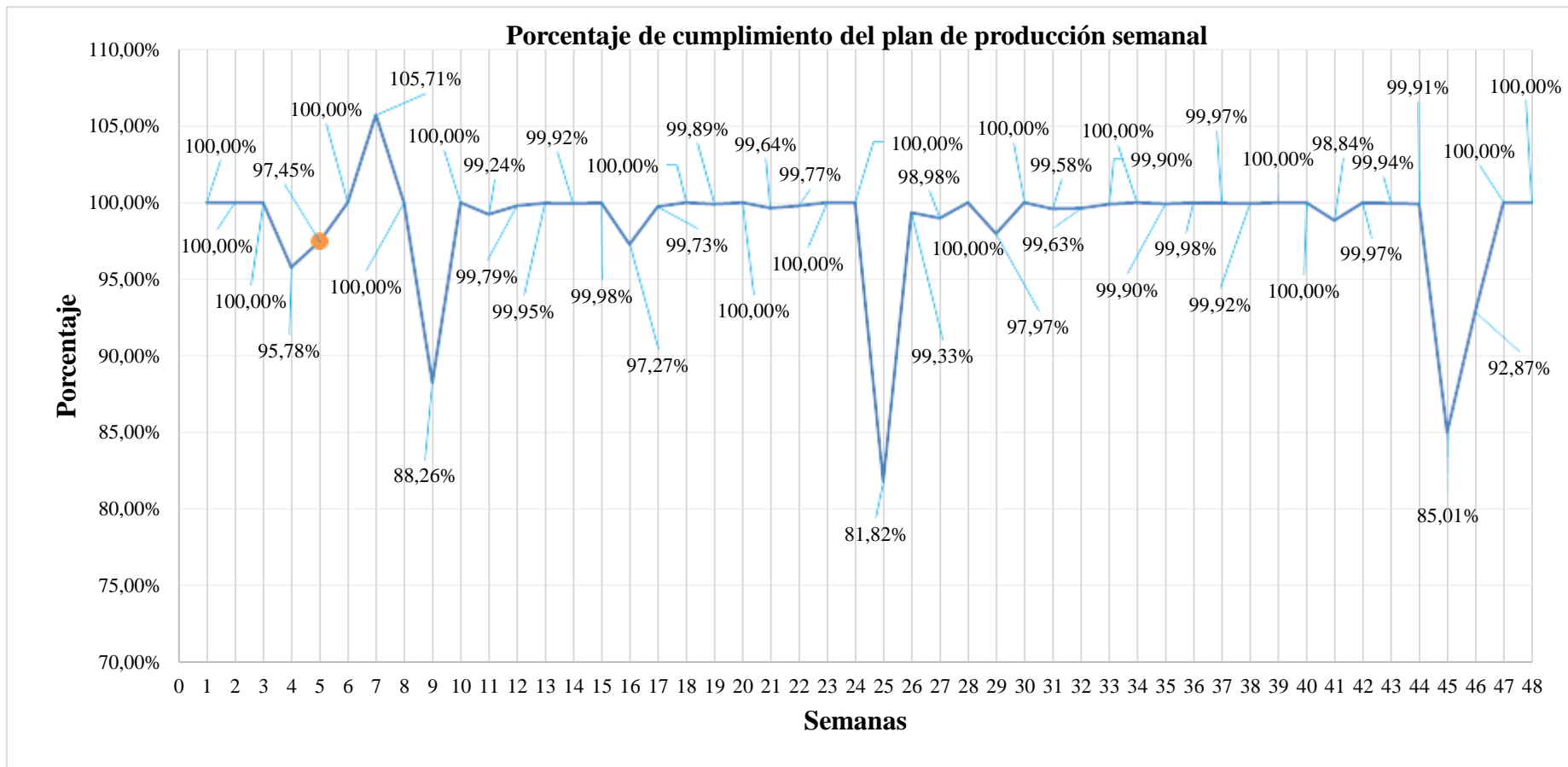


Figura 18. Gráfico del cumplimiento del plan de producción semanal de la inyección de suelas del año 2021

Análisis

La Figura 18, muestra la variabilidad que posee el proceso de inyección de suelas respecto al indicador semanal del cumplimiento de las órdenes de producción correspondientes a todas las semanas del año 2021, desde la primera semana de enero hasta la última semana de diciembre, esto definió que el cumplimiento del plan de producción semanal se encuentra en un rango aceptable entre el 98,66% al 99,04% por su tendencia de aceptación final, también, se visualiza que en la semana 25 fue el punto crítico de incumplimiento por daños inesperados en la máquina KCLKA retrasando la inyección de las suelas y provocando que no se cumpla con la producción planificada.

Problemas críticos del proceso de inyección de suelas

Para identificar los problemas críticos del proceso de inyección de suelas se utilizó la herramienta lluvia de ideas o brainstorming que, con ayuda del personal, se recopilaron ideas e información que afectan el cumplimiento normal de la producción. Las ideas proporcionadas por parte de los operarios se recolectaron en base al personal del área de inyección, estas ideas se detallaron en el Anexo 4, con ello, se elaboró un mapa mental en el cual constan los distintos problemas agrupados de manera adecuada:

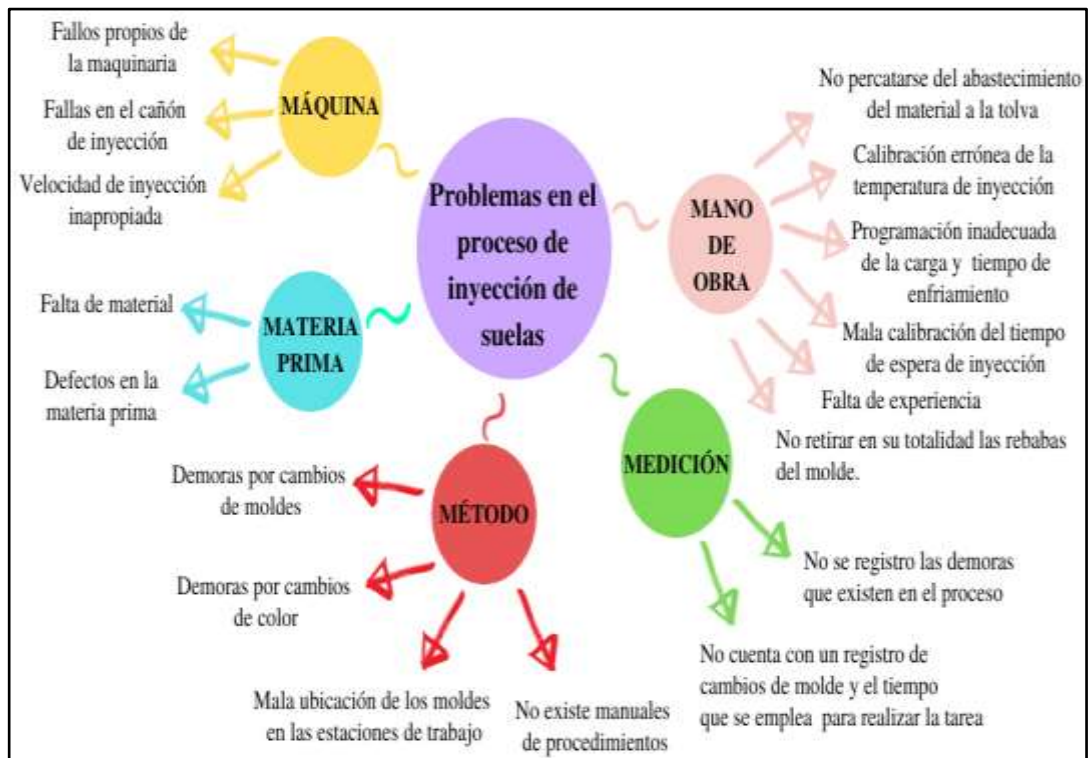


Figura 19. Mapa mental de los problemas en la inyección de suelas

En la Figura 19, mediante las ideas generadas por parte de los operarios se elaboró un mapa mental en el cual se agrupan los distintos problemas producidos por la mano de obra, maquinaria, método de trabajo, medición y la materia prima, determinando que la gran mayoría de problemas se generan por fallas referentes a los métodos de trabajo utilizado y por la mano de obra.

Para una mejor identificación de los problemas críticos que se producen en el área de inyección de suelas se elaboró un diagrama de Ishikawa partiendo de la información recolectada y plasmada en el mapa mental.

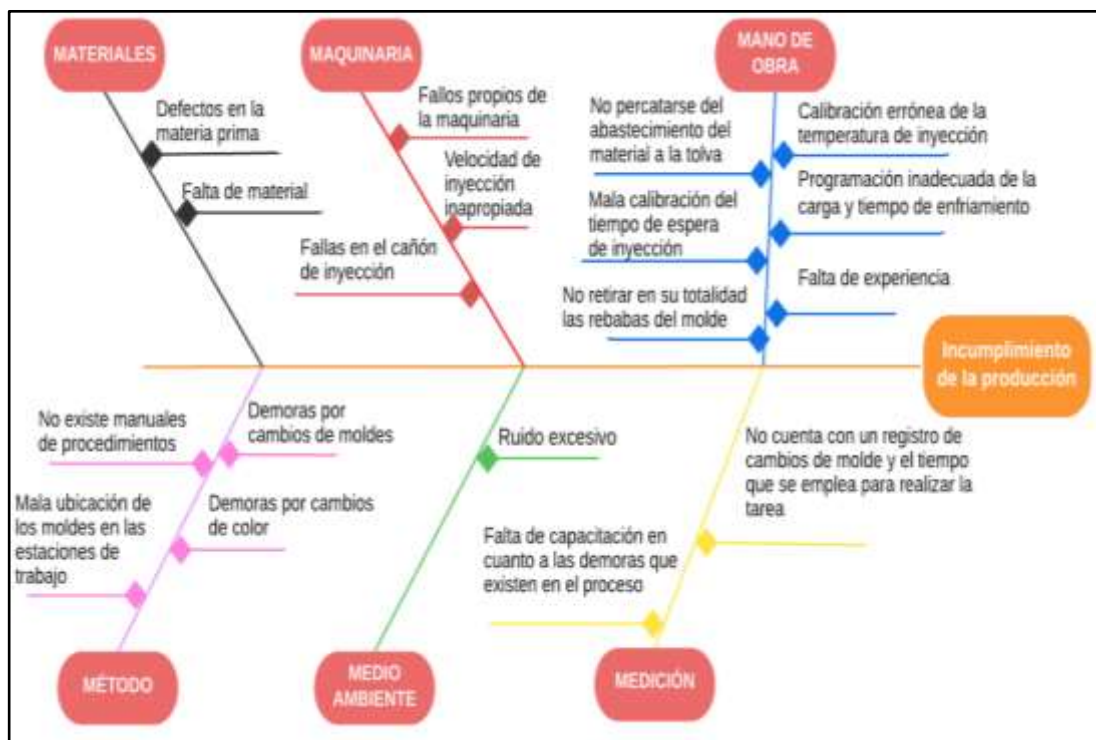


Figura 20. Diagrama de Ishikawa del incumplimiento de la producción

En el diagrama de Ishikawa (Figura 20) se evidencia los problemas que afectan el cumplimiento apropiado de las órdenes de producción planificadas, tomando a consideración que el cambio de moldes, la mala ubicación de los moldes en las estaciones de trabajo (estanterías), los fallos inesperados por parte de la máquina y los cambios de color son los inconvenientes más frecuentes, esta información se sustentó bajo las experiencias propias de los trabajadores del área de inyección de suelas, sin embargo, existen otros factores que son inusuales y que afectan al normal funcionamiento del proceso. La falta de capacitación y manuales de procedimientos reducen la capacidad de los operarios ya que, al elaborar un nuevo diseño de suela o

suelas con nuevos colores, los operarios deben realizar varias pruebas de calidad hasta obtener el producto esencial que cumpla con todas las características necesarias que requiere el cliente, lo que genera pérdidas de tiempo provocando que no se cumpla con la producción planificada. La Tabla 26, describe los problemas notorios y característicos que se generaron en el proceso de inyección de suelas desde el punto de vista de manejo de actividades de trabajo.

Tabla 26. Problemas suscitados en la inyección de suelas del año 2021

Problema	Detalle
Fallos repentinos en la maquinaria	Refiere a los inconvenientes suscitados de manera inesperada, por lo cual la inyectora se para debido a fallos mecánicos o eléctricos, lo cual genera que se requiera la intervención del servicio de mantenimiento.
Demoras en los cambios de molde	Este evento se genera al perder tiempo en el cambio de moldes, ocasionado por factores como; ubicación inadecuada de los moldes en la estantería, moldes muy pesados, poca experiencia, entre otros.
Problemas de logística en el abastecimiento de material	Se debe a la falta de material provocado por la mala logística entre la administración y los proveedores, generando paros innecesarios, por ende, se recurre a elaborar suelas con otro color lo que implica pérdida de tiempo.
Demoras por la mala calibración de la inyectora	Ocurre cuando los parámetros de inyección como, tiempo de enfriamiento, peso, temperatura, entre otros, no son los idóneos, lo cual provoca que se pierda tiempo al volver a configurar la máquina.
Trabajo sin líder	Esto sucede cuando el líder de turno no acude a trabajar, entonces cada uno de los operarios debe realizar el abastecimiento de material en la tolva, y a su vez el cambio de molde lo que provoca gran pérdida de tiempo.
Demoras por cambios de color	Se deja de producir por un cierto tiempo hasta que se cambie el color del material a elaborar.
Demoras por cambios de material	Se debe parar la producción para cambiar de material ya sea este Expansor, TR o PVC, este tiempo no es muy considerable, pero se incurre en una pérdida de tiempo.
Inconvenientes con el molde	Es provocado cuando los moldes no son colocados de manera adecuada, lo que genera que la suela no se inyecte de la forma correcta con los parámetros necesarios.
Problemas con la fabricación de nuevos modelos.	Existen demoras de producción debido a las pruebas que se realizan cuando se elaboran nuevos modelos de suelas o nuevos colores.
Fallos con el material	Se produce cuando el material tiene defectos o a su vez no se encuentra con el porcentaje adecuado entre el material virgen y el material reprocesado.
Demoras en el encendido de la maquinaria	Existen demoras en el arranque de la maquinaria, ya que se deben configurar varios parámetros, a su vez esperar que la máquina este totalmente adecuada en su temperatura para iniciar con la producción.

Los problemas más comunes en el área de inyección de suelas se presentaron en la Tabla 26, donde, se sustenta en base a experiencias de los operarios, de igual manera, se evidenció la descripción de estos eventos en las hojas de control de producción correspondientes al año 2021, estos problemas fueron expuestos por los operarios de cada una de las maquinarias, la Tabla 27, muestra la tabulación de los problemas identificados en las 267 hojas de control de producción otorgados por la empresa, del total existen 1292 datos contenidos en estos registros de control.

Tabla 27. Porcentaje de ocurrencia de problemas en la inyección de suelas del año 2021

Problema	Valor	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
Demoras en los cambios de molde	1286	73,15%	73,15%
Demoras por cambios de color	143	8,13%	81,29%
Fallos repentinos en la maquinaria	117	6,66%	87,94%
Inconvenientes con el molde	79	4,49%	92,43%
Demoras en el encendido de la maquinaria	67	3,81%	96,25%
Problemas con la fabricación de nuevos modelos.	38	2,16%	98,41%
Demoras por la mala calibración de la inyectora	12	0,68%	99,09%
Problemas de logística en el abastecimiento de material	7	0,40%	99,49%
Trabajo sin líder	5	0,28%	99,77%
Fallos con el material	4	0,23%	100,00%
TOTAL	1758	100%	

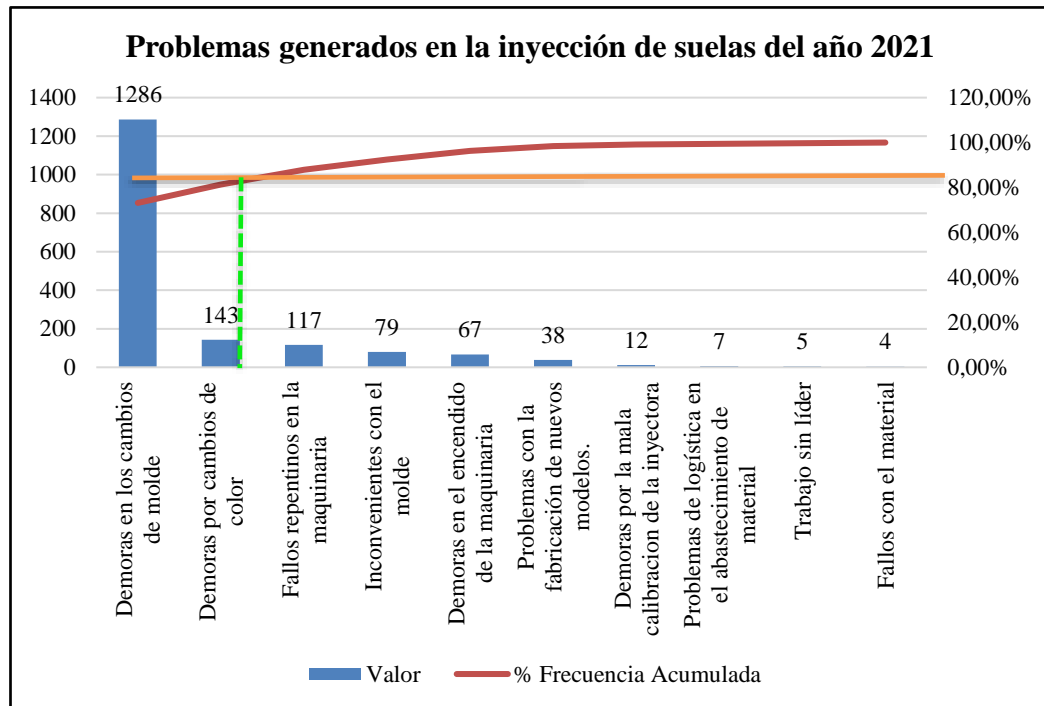


Figura 21. Diagrama de Pareto de los problemas generados en la inyección de suelas del año 2021

Análisis

Con el porcentaje de ocurrencia de los problemas generados en el proceso de inyección de suelas se desarrolló en un diagrama de Pareto, con lo cual se determinó los problemas potenciales que se suman de alguna manera al incumplimiento de los planes de producción, con estos indicios se consiguió desplegar formas y estrategias para mejorar el proceso, asumiendo como finalidad principal el reducir tiempos muertos que afectan directamente al normal cumplimiento de los planes de producción.

La Figura 21, representa los problemas de mayor relevancia que afectan al cumplimiento del plan de producción, entre los cuales se tiene un 73,15% determinado en demoras por cambios de molde, un 8,13% determinado en demoras por cambios de color, por último, con un 6,66% se determinó por fallos repentinos en la maquinaria, estos inconvenientes definidos denotaron problemas directamente sobre el incumplimiento de los planes de producción.

Interpretación

El problema de mayor relevancia y ocurrencia reincidió en los cambios de molde, factor que se debía a la falta de orden en las estanterías en donde reposan los moldes, al igual de la poca experiencia que ciertos operarios poseen para la ejecución de esta tarea se refiere, a su vez este problema se debe a la falta de manuales de procedimientos, a pesar de ello subsisten otros contratiempos que facultan a que la empresa incurra a poseer tiempos y actividades ineficaces, entre ellos se tiene, los cambios de color, fallos imprevistos de la maquinaria e inconvenientes con los moldes.

Estudio de los pocos vitales

Demoras por cambios de molde

El tiempo determinado para realizar un cambio de molde es de 8 minutos como máximo, este valor es fijado por parte de la organización con registros de estudios previos donde, el tiempo se basó en un análisis de tiempos desarrollado con los operarios, en este tiempo incluye la distancia que posee cada inyectora en referencia a la estantería.

A pesar de que la entidad cuenta con el tiempo estándar para el cambio de moldes, no cuenta con un registro acerca del tiempo que cada operario se demoró en realizar el cambio o los cambios respectivos, solo poseen registros donde consta el número de cambios realizados y no los tiempos empleados para el proceso, finalmente, no es posible detallar de manera concreta que, en un turno de trabajo se utilizó más tiempo para ejecutar esta labor, sin embargo, la Tabla 28, define el tiempo total de los cambios de molde por cada uno de los turnos basados en el tiempo estándar destinado para esta actividad.

Tabla 28. Tiempo total de cambios de molde por turno durante el año 2021

CAMBIOS DE MOLDE			
Turno	# de cambios	Tiempo (Min)	%Participación
Mañana	727	5816	56,53%
Noche	559	4472	43,47%
Total	1286	10288	100%

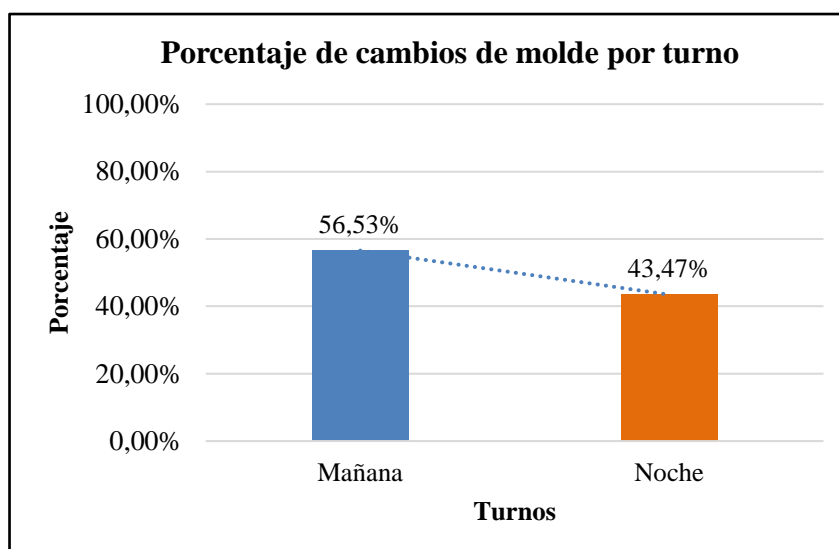


Figura 22. Porcentaje del tiempo total de cambios de molde por turno del año 2021

Análisis

La Figura 22, muestra que el turno uno tiene una mayor cantidad de tiempo empleado para la realización del cambio de molde con un total del 56,53%, al turno de la noche le corresponde el 43,47%, con lo cual se afirma que en la jornada de la mañana se realizaron más cambios de molde en referencia a la jornada de la noche.

Interpretación

Mediante la tabulación efectuada en base a los registros diarios referente a los cambios de molde realizados, se obtuvo que 727 fueron ejecutados en la mañana, dando lugar a que se empleó mayor cantidad de tiempo en relación al turno de la noche, sin embargo, en el análisis previo, se obtuvo que estos datos son cercanos, puesto que, el cálculo se lo efectuó en base al tiempo estándar al cual se acoge la entidad (8 minutos) y no a datos precisos del tiempo utilizado en cada uno de los cambios de molde, ya que por afirmaciones de los propios trabajadores, algunos operarios destacan más que otros por factores como la experiencia y la práctica diaria del proceso, además, al conocimiento referente a la ubicación de los distintos moldes en las estanterías, lo cual provoca que el tiempo de cambio de molde varíe en superioridad o en menor cantidad al tiempo estándar.

La Tabla 29, evidencia el tiempo dedicado para la ejecución de los cambios de molde por cada una de las máquinas inyectoras, datos correspondientes al año 2021, basados en el tiempo estándar con el cual se maneja la empresa.

Tabla 29. Tiempo total de cambios de molde por máquina durante el año 2021

CAMBIOS DE MOLDE POR MÁQUINA			
Inyectora	# de cambios	Tiempo (Min)	%Participación
KCLKA	483	3864	37,56%
BENLONG 1	374	2992	29,08%
BENLONG 2	429	3432	33,36%
Total	1286	10288	100%

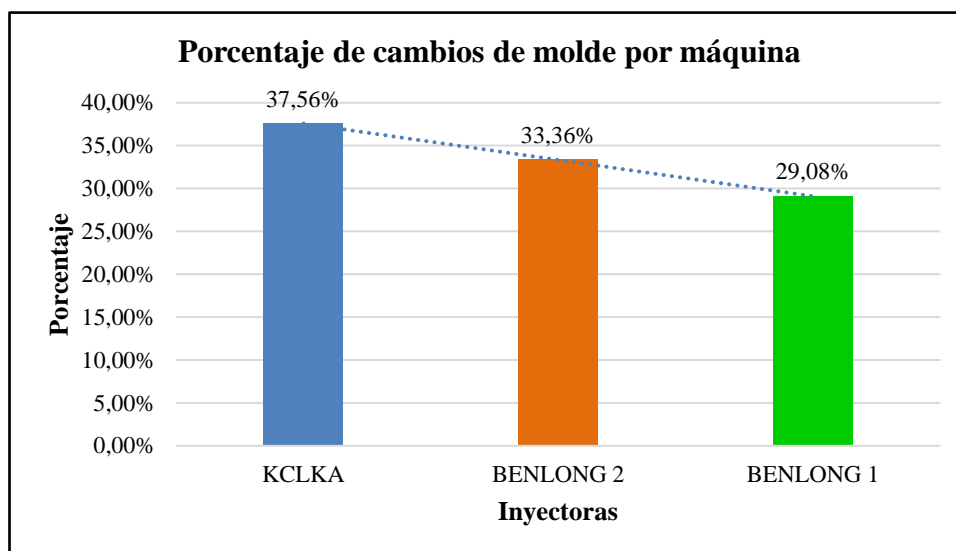


Figura 23. Porcentaje del tiempo total de cambios de molde por máquina del año 2021

Análisis

La Figura 23, muestra que la inyectora KCLKA es la máquina en la cual existe mayor aglomeración de tiempo para el cambio de moldes con un total de 3864 minutos, lo cual representa el 37,56% del total, el 33,36% sobre la inyectora BENLONG 2, por su parte el 29,08% restante pertenece a la inyectora BENLONG 1.

Interpretación

La mayor cantidad de tiempo empleado para el cambio de moldes se lo atribuye a la máquina inyectora KCLKA, señalando que el valor obtenido es una estimación realizada en base al tiempo estándar que son 8 minutos, por otro lado, se plasmó que esta máquina posee 24 estaciones de trabajo a diferencia de las inyectoras BENLONG que poseen 6, además, en esta inyectora es en la cual se realizan las pruebas de los parámetros para los nuevos modelos de suelas, de igual forma para los nuevos colores y tallas, por lo cual existe una gran cantidad de cambios de moldes realizados en esta máquina, sin embargo, estos datos son aproximados a la realidad por la falta de registros exactos del tiempo empleado para el cambio de molde en cada máquina.

Demoras por cambio de color

Estas demoras por cambios de color se los efectuó cuando el modelo de suela con el que se está trabajando también requiere ser producido en un diferente color al actual, otros factores por los cuales se incide en los cambios de color se deben a retrasos en los planes de producción, por ende, es necesario dejar de realizar la producción normal y fabricar estos faltantes, de igual modo sucede con los pedidos de última hora, que en muchas ocasiones son de diferentes modelos con distintos colores a los que actualmente se está produciendo. Además, se menciona que estas demoras no son catalogadas como un problema potencial en el proceso, ya que esta actividad no se la efectúa de manera frecuente y a su vez el tiempo destinado para esta labor básicamente depende de la maquinaria, lo cual faculta para definir que este suceso no incide directamente en la normal ejecución del proceso productivo.

Para la correcta ejecución de un cambio de color es recurrente purgar el material sobrante del color anterior, el mismo que se encontró dentro del cañón de la inyectora, esto se efectúa con la finalidad de no contaminar el material nuevo a procesar, seguidamente se ingresa el nuevo material con el color respectivo en la tolva, posterior a ello se calibra la temperatura idónea para trabajar con el color que se requiera producir, por último, se ejecuta la inyección de la suela normalmente, sin embargo, en ocasiones es necesario realizar pruebas de “error” ya que en muchos casos se sigue inyectando sobrantes del material anterior.

Fallos repentinos en la maquinaria

Basados en los registros semanales de producción y a su vez en la tabulación de los problemas generados en el área de inyección de suelas, se definió que, los fallos repentinos de la maquinaria se han suscitado en 117 ocasiones, señalando que varios de ellos han sido de mínima importancia, información adquirida por parte de los operarios de acuerdo a sus experiencias pasadas, la mayoría de problemas han sido solucionados por los mismos operarios. La Tabla 30, señala la frecuencia con la cual se han presentado los problemas en cada una de las inyectoras y su porcentaje de ocurrencia.

Tabla 30. Fallos repentinos en la maquinaria

Máquina	Frecuencia	% de Frecuencia
KCLKA	49	41,88%
BENLONG 1	31	26,50%
BENLONG 2	37	31,62%
TOTAL	117	100,00%

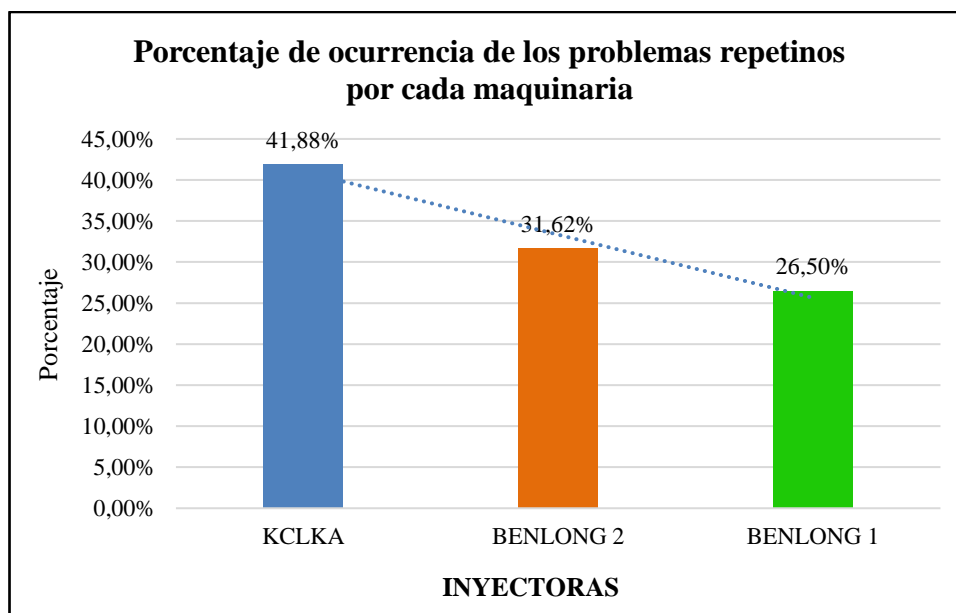


Figura 24. Gráfico del porcentaje de los problemas repentinos por cada máquina

Análisis

La Figura 24, visualiza que la inyectora KCLKA posee un 41,88% de incidencia de la totalidad de problemas que se generan en las máquinas inyectoras, con el 31,62% tenemos a la inyectora BENLONG 2 y por último con un 26,50% del total de problemas pertenecientes a la máquina BENLONG 1.

Interpretación

A través de los registros de control de producción se definió la cantidad de fallos inesperados ocurridos en las inyectoras, determinando que la mayor parte de estos altercados pertenecen a la máquina KCLKA con un total de 49 problemas, sin embargo, se indica que en un alto porcentaje estos problemas han sido solucionados por los mismos operarios puesto que no han existido fallos severos, salvo casos especiales en cuales se tuvo que recurrir a un técnico especialista, esta información es fundamentada en la experiencia real de los trabajadores y en las observaciones colocadas en los registros semanales de producción.

En la Tabla 31 se detalló los fallos de las paradas de planta inesperadas producto de las máquinas inyectoras y se determinó la frecuencia con la cuál ocurrieron, la Figura 25 representa el nivel de fallos identificados.

Tabla 31. Fallos producidos en las inyectoras de suelas durante el período 2021

Ítem	Problema	Ocurrencia	% de Frec.	% Frec. Acum.
1	Problemas con los filtros	18	16,67%	16,67%
2	Fallas por la configuración de las estaciones	16	13,89%	30,56%
3	Fugas debido al desgaste de los empaques de la inyectora.	15	11,11%	41,67%
4	Fallos en las resistencias	11	10,19%	51,85%
5	Problemas con el termorregulador	11	7,41%	59,26%
6	Fallo en los tanques de lubricación.	8	6,48%	65,74%
7	Fallo de contrapresión	8	6,48%	72,22%
8	Fallo en el tornillo del inyector	6	5,56%	77,78%
9	Recalentamiento del aceite	5	4,63%	82,41%
10	Fallo en el sensor de temperatura	5	4,63%	87,04%

Tabla 31. Fallos producidos en las inyectoras de suelas durante el período 2021 (continuación)

Ítem	Problema	Ocurrencia	% de Frec.	% Frec. Acum.
11	Daños en el movimiento normal de la mesa	5	3,70%	90,74%
12	Fallo en el cañón de inyección	2	2,78%	93,52%
13	Fallo eléctrico	1	0,93%	94,44%
14	Daños en la manguera de aceite	1	0,93%	95,37%
15	Daños en la manguera de agua	1	0,93%	96,30%
16	Falla mecánica	1	0,93%	97,22%
17	Daño en el ventilador	1	0,93%	98,15%
18	Problema del variador	1	0,93%	99,07%
19	Daño en el movimiento de la punta	1	0,93%	100,00%
Total		117	100,00%	
Datos Totales		1292		
Probabilidad de ocurrencia de un problema		9,06%		

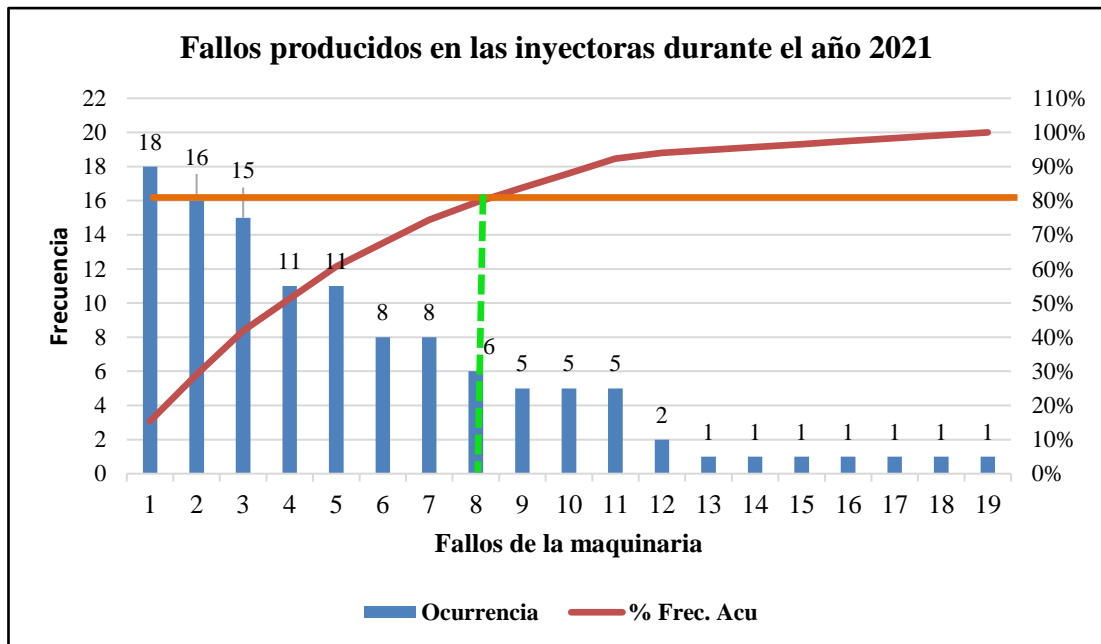


Figura 25. Diagrama de Pareto de los fallos de las inyectoras en el período 2021

Análisis

A través de la identificación de los distintos fallos inesperados originados por las máquinas inyectoras, se determinó que el inconveniente que tiene mayor ocurrencia corresponde a los problemas con los filtros, ya que conserva una frecuencia de 18 ocasiones, lo cual representa el 15,38%, con un 13,68% se tiene fallas por la

configuración de las estaciones, las fugas por desgaste de los empaques de la máquina inyectora tiene un valor de 12,82%, los fallos de las resistencias y los problemas con el termorregulador con un valor de 9,40%.

Interpretación

Con los datos analizados de los fallos inesperados por las máquinas inyectoras, referentes a los turnos de trabajo desarrollados en el año 2021, se identificó que existe una probabilidad del 9,06% de recurrencia de problemas en los turnos de trabajo, dichos imprevistos son catalogados como paros no planificados, de igual manera se enfatizó que la entidad no cuenta con un plan estratégico de mantenimiento, sin embargo, realizan revisiones semanales a la maquinaria para realiza un mantenimiento preventivo por mes, destacando que esta información no es documentada, estas acciones de mantenimiento contribuyen a que estos problemas reduzcan su frecuencia.

Delimitación del problema crítico a tratar

Una vez que se ha realizado la respectiva tabulación de los datos concernientes a los problemas que se producen en el área de inyección de suelas, se puntualizó que el incidente de mayor magnitud se relaciona con el cambio de moldes, de esta manera la investigación se centra en mejorar o disminuir el tiempo de ciclo para el desarrollo de esta actividad, con ello obtener mejores resultados en el cumplimiento normal de los planes de producción y de manera significativa optimizar la productividad de la empresa, además, se enfatizó que los problemas o demoras por cambios color se los excluye al no ser muy notorios y tener poca frecuencia, por otro lado, estas actividades forman parte del proceso estándar para la inyección de suelas en dependencia del modelo de suela a elaborarse, omitiendo problemas provocados por fallos inesperados en la maquinaria solventados por los propios operarios, existieron ocasiones en las cuales se ha visto en la necesidad de recurrir a un técnico especialista.

De esta manera la investigación se enfocó en el problema potencial de las demoras producidas en el proceso de cambios de molde.

Análisis de pérdidas

La Tabla 32, muestra información necesaria referente a los estándares de producción para cada uno de los modelos de suelas que la entidad produce para establecer el promedio de par de suelas que se produce por cada minuto, esta información se basó en un estudio y análisis desarrollado por la entidad con ayuda de los operarios del área de inyección de suelas, en se detalla todos estos parámetros.

Tabla 32. Estándar de producción de suelas del año 2021

Modelo	Tallas	Estándar (Pares)	Horas de trabajo	Pares/Hora	Pares/Minuto
MAFER	27-38	800	8	100,00	1,67
CELESTE	27-41	670	8	83,75	1,40
FER	21-40	1000	8	125,00	2,08
ADIDAS	37-43	875	8	109,38	1,82
DANIELA	34-39	1000	8	125,00	2,08
AIRVIP	33-42	930	8	116,25	1,94
KRISS	21-40	280	8	35,00	0,58
ANAHÍ	26-40	670	8	83,75	1,40
RENATA	33-39	670	8	83,75	1,40
ANGELY	34-42	600	8	75,00	1,25
CHELITA EXP BEIGE	34-39	800	8	100,00	1,67
AIRCONFORT	33-42	670	8	83,75	1,40
DIAMANTE	33-38	670	8	83,75	1,40
TORNILLO	37-42	270	8	33,75	0,56
NIKY	35-40	1000	8	125,00	2,08
PAULA	34-39	670	8	83,75	1,40
PAMELA	34-38	670	8	83,75	1,40
SANDRA	27-41	800	8	100,00	1,67
LIA	34-39	670	8	83,75	1,40
MK	33-42	1000	8	125,00	2,08
OLAFO	34-42	475	8	59,38	0,99
PROMEDIO		723,33	8	90,42	1,51

En la tabla mostrada se determinó que el promedio estándar de producción es de 1,51 pares por minuto, dato que contribuyen sobre el cálculo de la pérdida de pares de suelas semanal provocado por cada una de las máquinas inyectoras, basado específicamente en el tiempo de cambios de molde total empleado en cada maquinaria.

En la Tabla 33, puntualiza los pares de suelas perdidos por cada semana durante el año 2021.

Tabla 33. Pares perdidos de suelas por cambios de molde semanales durante el año 2021

Mes-Semana	Semana	Tiempo de cambio de molde (min)			Pares perdidos por cambios de molde		
		INYECTORA			INYECTORA		
		KCLKA	BENLONG 2	BENLONG 1	KCLKA	BENLONG 2	BENLONG 1
enero-1	1	16	16	8	23	23	11
enero-2	2	16	8	8	23	11	11
enero-3	3	32	40	8	46	57	11
enero-4	4	16	24	8	23	34	11
febrero-1	5	8	16	8	11	23	11
febrero-2	6	16	24	8	23	34	11
febrero-3	7	8	8	8	11	11	11
febrero-4	8	8	16	8	11	23	11
marzo-1	9	16	8	24	23	11	34
marzo-2	10	8	8	16	11	11	23
marzo-3	11	8	8	8	11	11	11
marzo-4	12	16	16	8	23	23	11
abril-1	13	80	48	32	114	68	46
abril-2	14	64	56	48	91	80	68
abril-3	15	48	48	40	68	68	57
abril-4	16	48	64	48	68	91	68
mayo-1	17	32	24	24	46	34	34
mayo-2	18	32	40	40	46	57	57
mayo-3	19	16	32	48	23	46	68
mayo-4	20	16	24	56	23	34	80
junio-1	21	24	56	24	34	80	34
junio-2	22	8	24	16	11	34	23
junio-3	23	16	8	16	23	11	23
junio-4	24	8	16	8	11	23	11
julio-1	25	32	8	8	46	11	11
julio-2	26	32	24	8	46	34	11
julio-3	27	16	24	16	23	34	23
julio-4	28	16	16	16	23	23	23
agosto-1	29	24	16	16	34	23	23
agosto-2	30	64	24	8	91	34	11
agosto-3	31	64	24	8	91	34	11
agosto-4	32	32	24	8	46	34	11
septiembre-1	33	96	64	32	137	91	46
septiembre-2	34	104	72	32	148	102	46
septiembre-3	35	88	72	32	125	102	46

Tabla 33. Pares perdidos de suelas por cambios de molde semanales durante el año 2021
(continuación)

Mes-Semana	Semana	Tiempo de cambio de molde (min)			Pares perdidos por cambios de molde		
		INYECTORA			INYECTORA		
		KCLKA	BENLONG 2	BENLONG 1	KCLKA	BENLONG 2	BENLONG 1
septiembre-4	36	32	40	40	46	57	57
octubre-1	37	64	24	24	91	34	34
octubre-2	38	80	48	16	114	68	23
octubre-3	39	24	8	8	34	11	11
octubre-4	40	80	56	24	114	80	34
noviembre-1	41	72	32	16	102	46	23
noviembre-2	42	16	16	16	23	23	23
noviembre-3	43	32	16	16	46	23	23
noviembre-4	44	72	48	24	102	68	34
diciembre-1	45	16	8	8	23	11	11
diciembre-2	46	32	16	8	46	23	11
diciembre-3	47	16	16	8	23	23	11
diciembre-4	48	24	8	8	34	11	11
Total		3864	3432	2992	5497	4883	4257
Promedio		80,50	71,50	62,33	115	102	89

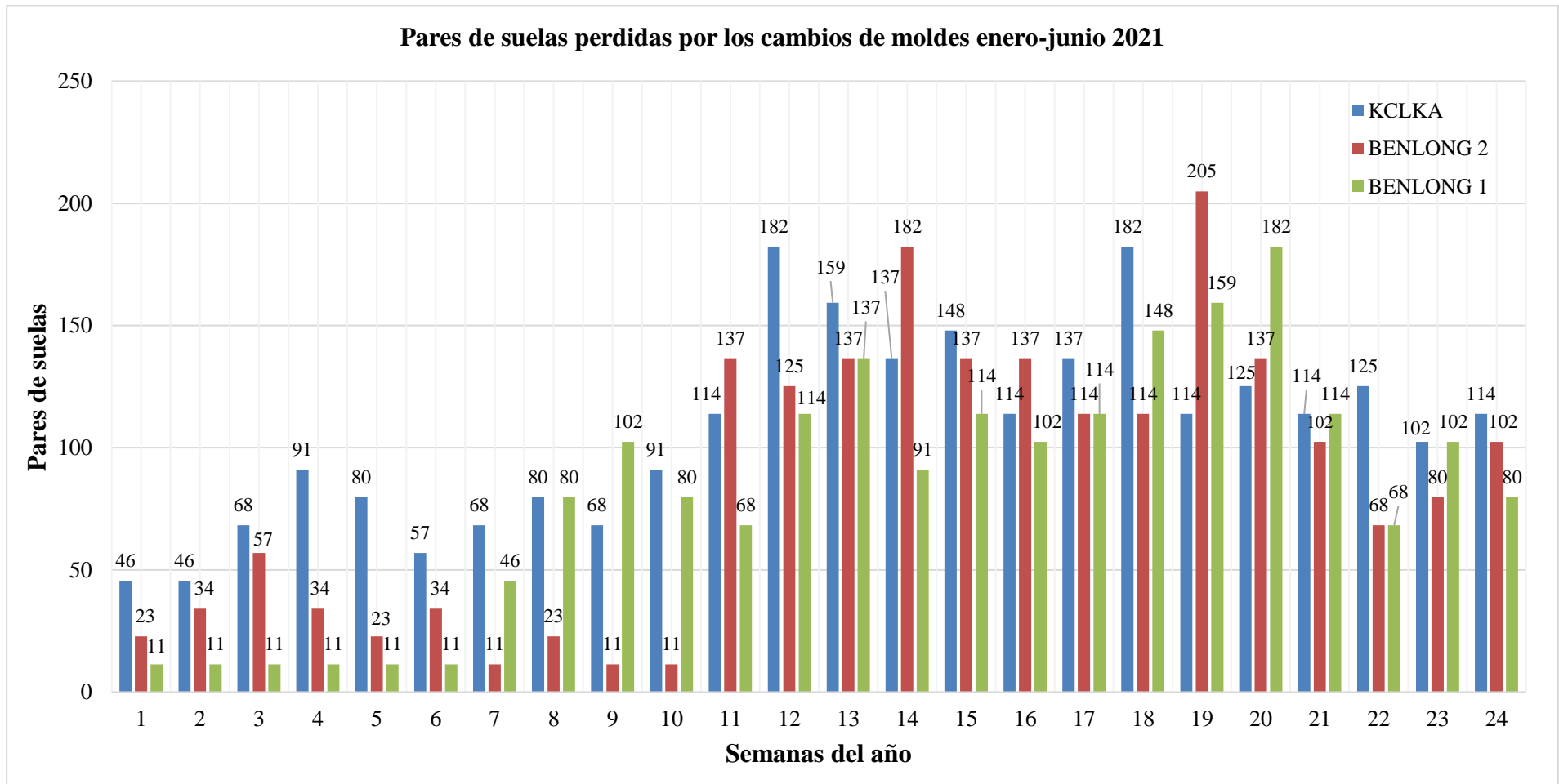


Figura 26. Gráfico de columnas de las pérdidas de pares de suelas semanales enero-junio 2021

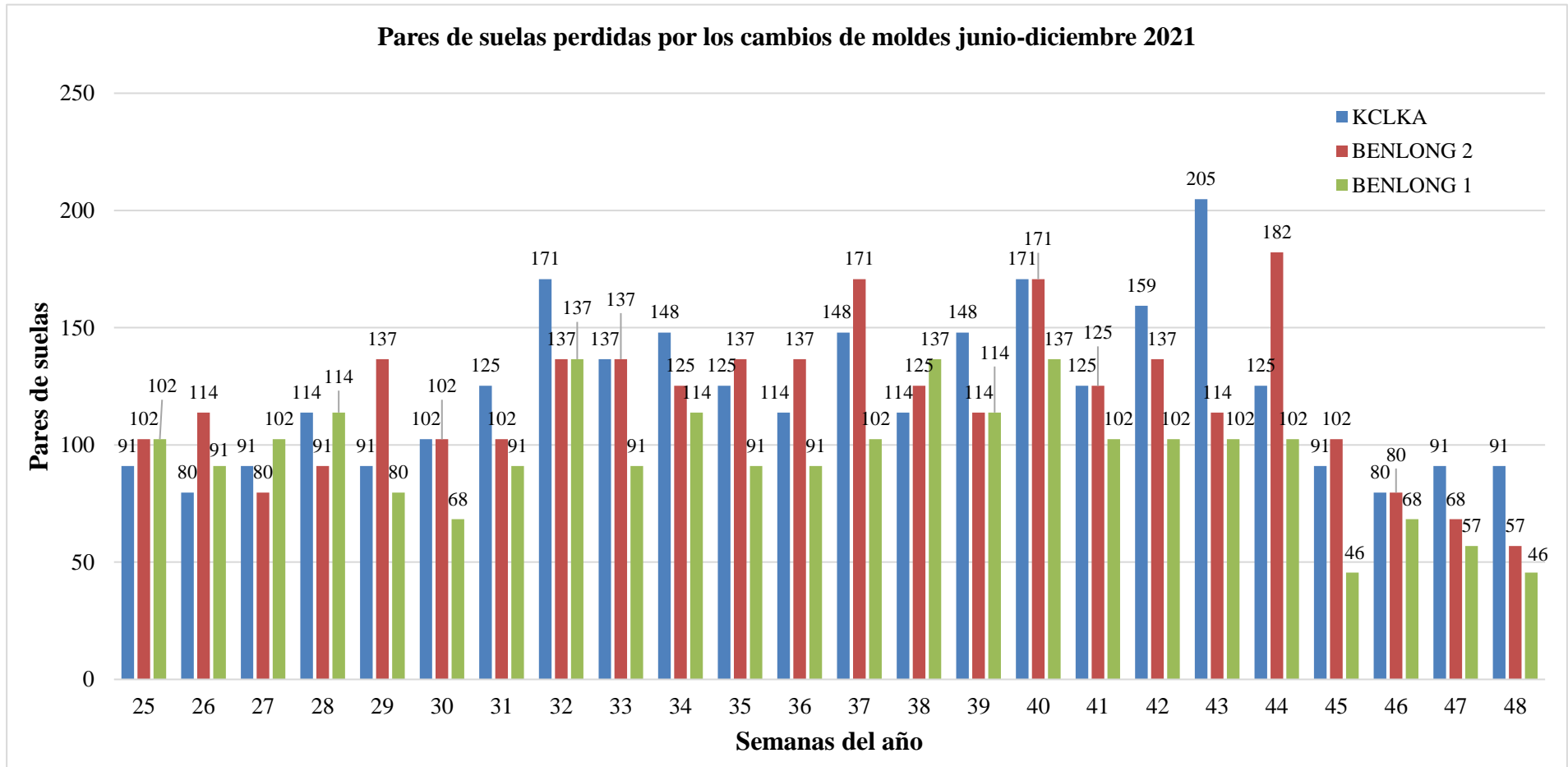


Figura 27. Gráfico de columnas de las pérdidas de pares de suelas semanales junio-diciembre 2021

La Tabla 33 y las Figuras 26 y 27, muestran que, en base al tiempo empleado por cada maquinaria para el cambio de moldes durante el año 2021 y la producción estándar de pares de suelas por minuto, se obtiene un promedio de 115 pares de suelas pérdidas por semana en la máquina inyectora KCLKA, 102 pares se atribuye a la máquina BENLONG 2 y 89 pares pertenece a la inyectora BENLONG 1, la variabilidad del cumplimiento de los planes de producción es visible debido a la demora en la ejecución de los cambios de molde, para analizar un mejor panorama, acerca del efecto adverso que provoca esta complicación, se realizó un análisis minucioso de las pérdidas monetarias, La Tabla 34, muestra las pérdidas semanal y anual del período 2021, acotando que el precio promedio para producir un par de suelas es de \$1,90, valor derivado del estudio ABC del costo de las suelas desarrollado en la Tabla 16.

Tabla 34. Valores monetarios de pérdidas en el año 2021

Detalle	INECTORAS			Total
	KCLKA	BENLONG 1	BENLONG 2	
Pares perdidos semanalmente	115	102	89	305
Pérdida por semana	\$ 217,61	\$ 193,28	\$ 168,50	\$ 579,39
Pares perdidos en el año 2021	5497	4883	4257	14637
Pérdidas año 2021	\$ 10.444,30	\$ 9.277,70	\$ 8.088,30	\$27.810,30

Una vez realizado el análisis de pérdidas monetarias perteneciente al período 2021, se determinó que la empresa mantuvo una pérdida de \$ 27.810,30 dólares procedente de la actividad de cambios de molde, este valor estimado es representativo para la organización por lo cual es necesario reducir los estándares de los cambios de molde, para ello se desarrolló la carta de proyecto con las respectivas prioridades que la entidad demanda, métricas, alcance, metas y requerimientos necesarios para poder ejecutar la solución al problema.

Project Charter (Carta del Proyecto)

Luego de que se ha desarrollado el análisis de estado de situación actual donde se determinó el problema que más aqueja al proceso de inyección de suelas, se realizó la carta de proyecto Lean Six Sigma en la Tabla 35, esta carta se la efectúa al culminar la etapa de definición de las causas que producen el problema.

Tabla 35. Carta del proyecto de Lean Six Sigma


		
Nombre del proyecto:	PROYECTO DE MEJORA LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE LA EMPRESA “BELTRÁN INYECCIONES”	
Versión: 01	Elaborado por:	Quisintuña Toalombo Angel Klever
Fecha: 06/4/2022	Aprobado por:	Ing. Freddy Lema
REQUERIMIENTOS DEL NEGOCIO		
En el área de inyección de suelas para calzado de la empresa “Beltrán Inyecciones” se aprecia y determina que el principal inconveniente que contribuye para incurrir en el incumplimiento de los planes de producción se debe al tiempo empleado en la ejecución de los cambios de molde, debido a la falta de experiencia y agilidad por parte de ciertos operarios, a su vez al desorden existente en las estanterías en donde se encuentran los moldes y a la falta de manuales de procedimientos que indiquen la forma idónea de realizar esta actividad.		
OBJETIVO DEL PROYECTO		
Disminuir el tiempo empleado en cada uno de los cambios de molde, con la finalidad de optimizar el proceso con ello aumentar la productividad y mejorar la variabilidad del cumplimiento de los planes de producción.		
ALCANCE		
La propuesta de mejora basada en la metodología Lean Six Sigma y la aplicación de la herramienta DMAIC se realizará directamente en el proceso de inyección de suelas el cual básicamente posee un nivel de eficiencia elevado, sin embargo, es necesario dar solución y mejorar el desempeño del proceso destinando los esfuerzos a la minimización del tiempo de cambios de molde.		

Tabla 35. Carta del proyecto de Lean Six Sigma (continuación)

ROLES Y RESPONSABILIDADES			
ROL	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES		
Gerente general	Revisar y aprobar las propuestas de mejora para contribuir al desarrollo de la empresa.		
Administrador de la empresa	Verifica el cumplimiento de los parámetros aplicados referentes a la mejora del proceso.		
Líder del área de inyección de suelas	Capacitar al personal referente a las mejoras a implementar.		
Operarios	Acatar las resoluciones y disposiciones dispuestas por la administración y por el líder del área con el propósito de cumplir con los requerimientos de mejora.		
Recursos			
<ul style="list-style-type: none"> • Información técnica de los registros de producción. • Software de análisis estadístico Excel y Minitab 19. • Software de simulación 3D FlexSim 2019. 			
Métricas			
Métrica	Especificación Actual	Especificación Objetiva	Detalle
Reducción del tiempo para el cambio de molde de las máquinas inyectoras.	8 minutos	5 minutos	Cambio individual

3.1.3 Etapa de Medición

Esta fase se orientó al análisis y cuantificación de la dimensión del problema y las circunstancias actuales del proceso, además, se instaura minuciosamente a detalle la validez del sistema de medición y las métricas que se evaluaron con la intención de garantizar que las métricas puedan medirse correctamente y aclarar que, se analizó la línea base como punto de partida para el inicio del proyecto.

Identificación de la medición

El objetivo esencial definido en el Project Charter (carta de proyecto) fue disminuir el tiempo empleado para efectuar el cambio de moldes indicando que la entidad cuenta con 2 tipos de cambios de molde, el cambio “normal” de molde y el cambio por “cajas” dividido en caja alta o caja baja, el estudio se enfocó en el cambio de moldes normal ya que el otro tipo de cambios se los efectuó únicamente bajo los requerimientos de los clientes que adquieren el servicio de inyección de suelas, por consiguiente, se determinó que el 100% de cambios de moldes de suelas producidos por la organización fueron parte del objeto de estudio.

Plan de muestreo y toma de datos

Para establecer el plan de muestreo fue necesario utilizar los datos históricos de la empresa referentes a los registros de producción, de los cuales se extrajo los cambios de moldes totales realizados durante el año 2021. La Tabla 36, muestra que se determinó un promedio del cambio de moldes de cada máquina y en cada turno de trabajo.

Tabla 36. Promedio de cambios de molde por máquina

Cambios de molde por máquina	
Total, cambios de molde	1286
Total, turnos de trabajo	466
Cambios de molde por turno	2,76 \cong 3
Cambio de molde por máquina	1

La Tabla 37, muestra el valor estimado de cambios de molde por cada maquinaria y basado en análisis previos se determinó que, en la mayor cantidad de cambios de molde se realiza en el turno número uno.

Población estimada

Tabla 37. Valores para el cálculo de la población estimada

Detalle	Valor
Cambios de molde por máquina	1
Número de turnos	2
Días laborales a la semana	5
Semanas al mes	4
Número de inyectoras	3

Población finita = #Cambios por máquina * #Turnos * # Días * # Semanas * #Máquinas **(23)**

$$Población = 120 \frac{\text{cambios de molde}}{\text{mes}}$$

Se determinó la población estimada evidenciada con un valor total de 120 datos obtenidos de las tres máquinas inyectoras por un mes de observación, con este dato se estableció el plan de muestreo establecido en la Tabla 38.

Tabla 38. Criterios para el cálculo de muestras (Plan de muestreo)

Plan de muestreo		
Descripción	Valor	Variable
¿Qué medir?	Minutos con centésimas de minuto	Unidades
Tamaño de la población	120 datos	N
Error admisible	0,005	D
Nivel de confianza para un 95%	1,96	Z
Probabilidad de éxito	0,5	P
Probabilidad de fracaso	0,5	Q
Medición	Tiempo de cambio de molde	-

Los cambios de molde no poseen una estimación estadística puesto que se la efectúa cada vez que se realiza un cambio de molde en base a la planificación establecida dando lugar a un muestreo no probabilístico.

Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se emplea la siguiente ecuación [63]:

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{D^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q} \quad (24)$$

$$n = 122,59 \cong 123 \text{ cambios de molde}$$


Una vez calculado el tamaño de la muestra se estableció que para cada una de las inyectoras fue preciso realizar la toma de 41 datos, misma cantidad de datos tomados para la inyectora KCLKA y para las máquinas BENLONG 1 y 2 respectivamente.

Período de medición (frecuencia)

La periodicidad de la medición o toma de datos se estableció durante un mes en días laborables, con el propósito de que los datos sean lo más confiables posibles, para lo cual se toma los tiempos de cambio de molde una muestra diaria por cada una de las maquinarias.

Instrumento de medición

Tabla 39. Características del instrumento de medición

Instrumento de medición		
Datos		Ilustración
Marca	Elicrom	
Tipo de instrumento	Cronómetro vuelta a cero	
Características		
Cronómetro 1-100 segundos - 10 horas Dimensiones: 62 x 63,50 x 17 mm Peso: 40,30 g		

Con el valor del tamaño de la muestra, la Tabla 40, presenta el plan de registro de muestreo para recolectar los 123 datos repartidos entre las tres máquinas inyectoras.

Tabla 40. Parámetros para la recolección de datos











Responsable	Número de muestras	Técnica de recopilación (Herramientas)	Medición	Frecuencia de medición	Modo operacional
Investigador	41 datos por maquinaria con un total de 123 datos	Registro de tiempos Anexo 8 Cronómetro (datos en segundos y centésimas de segundos)	Tiempos de cambio de molde	Diariamente en días laborables durante un mes (marzo)	Tiempo en segundos y centésimas de segundo, transformado a minutos y centésimas de minuto

Cursograma analítico del proceso actual para el cambio de molde

El cursograma analítico actual con todas las actividades pertenecientes al proceso de cambios de molde fue desarrollado por el investigador ya que la entidad no cuenta con esta herramienta, de esta manera se indicó que el tiempo empleado para este proceso fue cronometrado sobre el operario de menor experiencia encargado de la máquina BENLONG 1, con la finalidad de determinar el tiempo estándar para el cambio de moldes se realizó un análisis a los operarios menos capacitados para establecer un promedio de valores reales.

La Tabla 41, muestra el cursograma analítico del proceso actual para el cambio de molde, tiempos y distancias correspondientes a las acciones que se realizan para el correcto cambio de moldes.

Tabla 41. Cursograma analítico del proceso de cambio de molde

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Entidad:	Beltrán Inyecciones		Resumen						
Actividad	Cambio de Molde		Actividad	Actual	Propuesta				
Responsable:	Quisintuña Angel		Operación		9				
			Inspección		3				
			Espera		2				
Método:	Actual	✓	Transporte		4				
	Propuesto		Almacenamiento		-				
Lugar:	Inyección de suelas		Distancia	(m)	37				
			Tiempo	(min)	7,33				
N.	Descripción	Tiempo (seg.)	Distancia (m)	Símbolo		Detalle			
									
1	Trasladarse a la sección de herramientas	4,03	5						
2	Tomar la herramienta hexagonal	2,73							
3	Dirigirse a la estantería de los moldes	20,59	15						
4	Buscar el molde que se requiera	190,08							
5	Recoger el molde de la estantería	9,46							
6	Transportar el molde hacia la inyectora	17,23	15						
7	Colocar el molde en el piso (junto a la inyectora)	2,48							
8	Seleccionar la estación en la cual colocar el molde	36,96							
9	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	12,56							
10	Retirar el molde y colocarlo en el piso	4,03							
11	Levantar y colocar el nuevo molde en la estación	4,32							
12	Verificar la alineación y posición del molde	4,21							
13	Ajustar el perno del molde con la hexagonal	14,68							
14	Verificar que el molde esté correctamente colocado	8,45							
15	Dirigirse al tablero de control	2,04	2						
16	Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado	48,25							
17	Iniciar la producción de ese modelo de suela	5							
18	Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal	52,98							

Desempeño del proceso

Para efectuar un estudio que precise datos reales fue necesario validar el sistema de medición bajo el control de la alta dirección en el cual, se observó las falencias y aspectos negativos que incidieron en el proceso de los cambios de molde. La toma de decisiones y la planeación de estrategias que se presentaron, fueron tácticas de mejora que ayudaron a mitigar el problema latente. Para restablecer el tiempo estándar del operario fue necesario observar todas las actividades que engloba el proceso desde que se identifica la orden de producción hasta que finaliza el cambio de moldes de suela.

Durante el estudio se realizó el proceso de medición durante 123 ocasiones sobre las tres máquinas inyectoras, los Anexos 9, 10 y 11, muestran los tiempos planteados que fueron necesarios para analizar la capacidad de producción basada en la línea primaria del proceso.

- **Línea base en la inyectora KCLKA**

La Figura 28, presenta la gráfica de control referente a las observaciones particulares que se desarrollaron en la máquina inyectora KCLKA concerniente al tiempo de ciclo empleado para el cambio de moldes, obteniendo un total de 41 datos tomados durante el mes de marzo, valores registrados y validados por los líderes de cada turno de trabajo y en ocasiones a los operarios de la maquinaria.

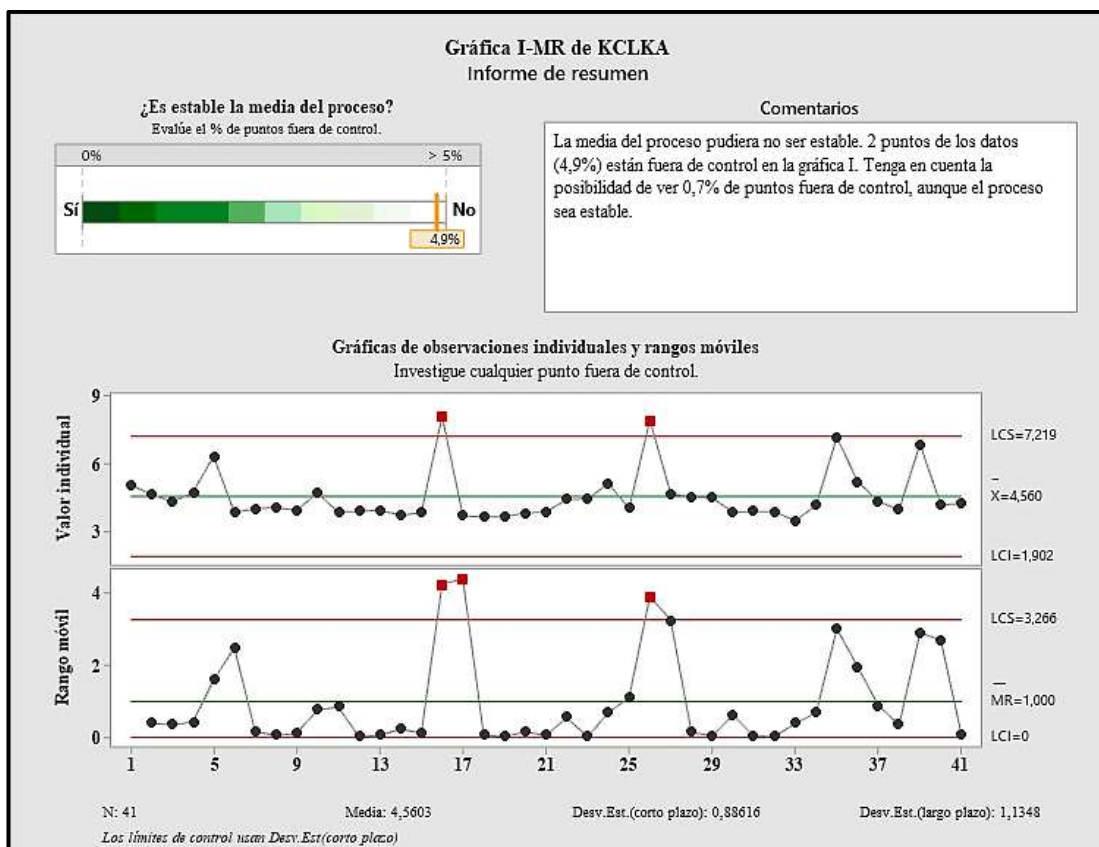


Figura 28. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde KCKLA (Minitab)

Análisis

La Figura 28, visualiza la gráfica de control que es catalogada la línea base de la máquina inyectora KCLKA, con lo cual se obtuvo como resultado una media de 4,56 minutos, con una desviación estándar de 0,89 minutos, por su parte, los límites de control superior e inferior poseen un valor de 7,21 y 1,90 minutos respectivamente, en consecuencia, se logró definir que el proceso no puede ser considerado como estable por excedencia de valores sobre los límites de control, estos datos pertenecen al punto 16 y 26, sin embargo, se argumenta que existen otros puntos que contribuyen a que en el proceso exista variabilidad, su sustento es basado en la experiencia que sostiene cada operario sobre los métodos de trabajo, estos valores encajan y se encuentran dentro de los estándares de la empresa, es decir, dentro de los 8 minutos destinados para esta actividad [64].

Por otra parte, la Figura 28, visualiza los puntos pertenecientes al diagrama de rangos móviles en donde se detectó los cambios generados en la desviación estándar entre las mediciones que poseen idénticas características.

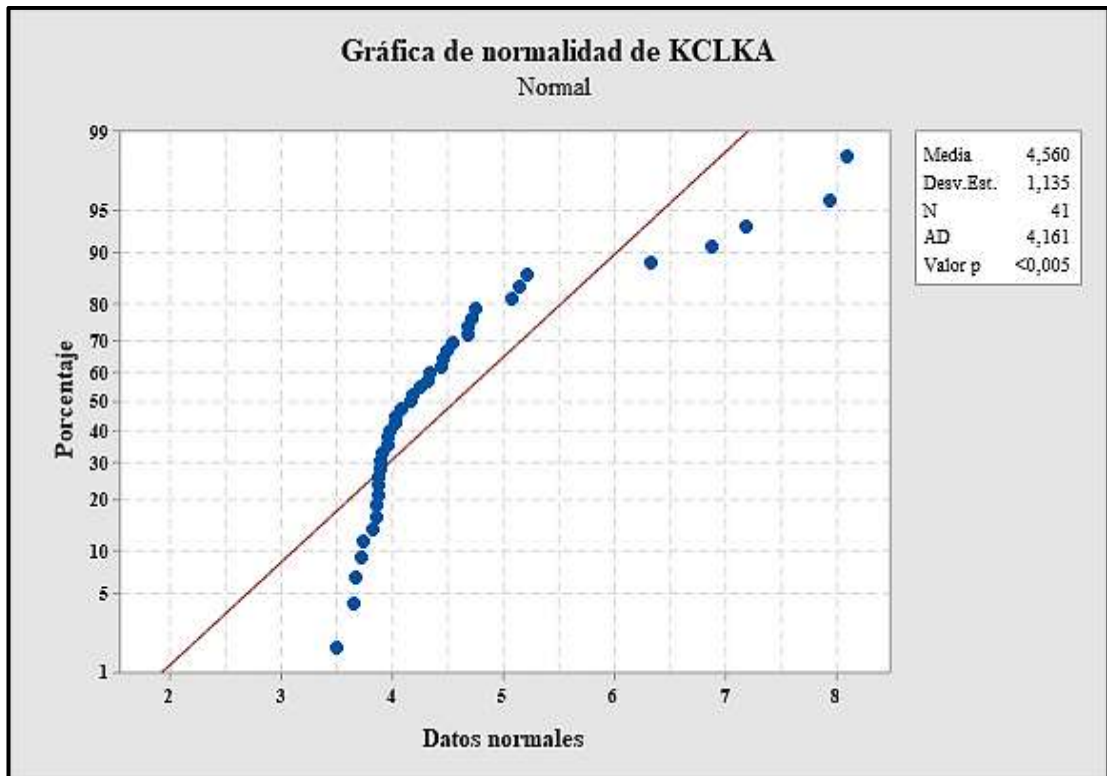


Figura 29. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde KCLKA (Minitab)

La Figura 29, muestra la prueba de normalidad para la inyectora KCLKA, con la cual se consiguió interpretar los índices de capacidad, mediante los datos establecidos se precisó que la hipótesis de normalidad para esta máquina es una conjetura alternativa ya que el nivel de P es menor al valor de alfa (α) el cual es de 0,05, de esta manera se puntualizó que los valores no siguen o se asemejan a una distribución normal.

- **Línea base en la inyectora BENLONG 1**

En la Figura 30, se presenta la gráfica de control referente a las observaciones individuales efectuadas en la máquina inyectora BENLONG 1 concernientes al tiempo de ciclo empleado para el cambio de moldes, obteniendo un total de 41 datos tomados durante el mes de marzo.

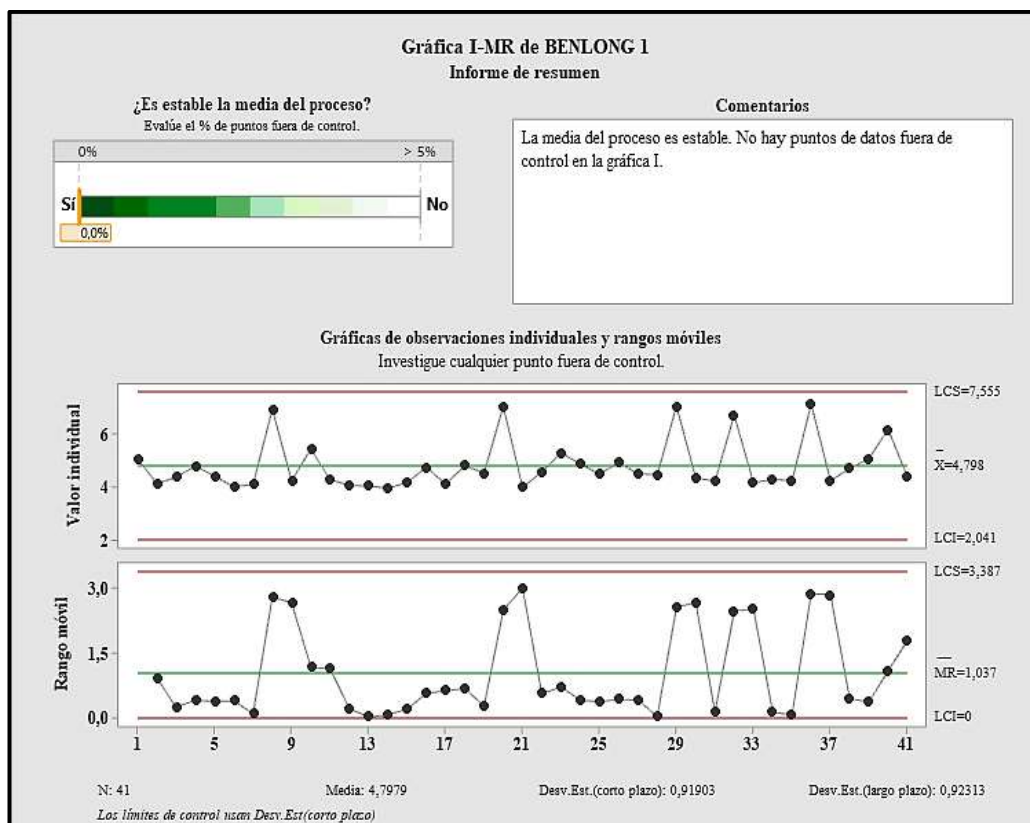


Figura 30. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde BENLONG 1 (Minitab)

Análisis

La Figura 30, evidencia el análisis de la línea base para la máquina inyectora BENLONG 1, con lo cual se obtuvo como resultado una media de 4,80 minutos y una desviación estándar de 0,92 minutos, el valor del límite superior fue de 7,56 y 1,04 minutos para el límite inferior, por consiguiente los valores mostraron una estabilidad en el proceso ya que dichos datos no sobrepasan los límites de control, definiendo así que el cambio de moldes en esta máquina se encuentra estable, sin embargo, se puede observar varios datos que no se asemejan a la gran mayoría de ellos, lo cual puede generar una variabilidad a lo largo del proceso, a pesar de ello se aprecia que estos valores no superan el estándar definido por la empresa que es de 8 minutos, tiempo destinado para la actividad de cambios de molde, esta diversificación se produce ya que ciertos datos fueron tomados a los operarios de esta inyectora y ellos carecen de experiencia, habilidad y conocimientos acerca de la localización de los moldes, por ende, el tiempo empleado para esta tarea supera al tiempo que emplean los líderes que poseen mucha más experiencia y preparación [65].

Además, la Figura 31, muestra los puntos pertenecientes al diagrama de rangos móviles en donde se detectó los cambios generados en la desviación estándar entre las mediciones que poseen idénticas características.

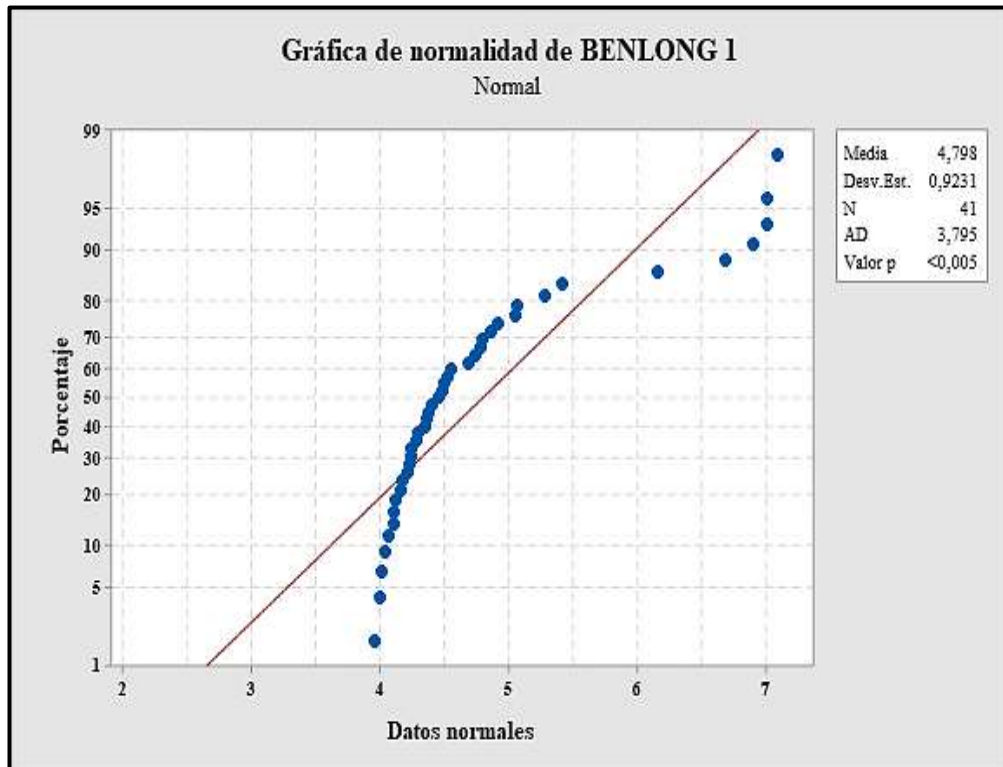


Figura 31. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde BENLONG 1 (Minitab)

En la Figura 31, se evidencia la prueba de normalidad para la inyectora BENLONG 1, con lo cual se interpretó los índices de capacidad, a través de los datos arrojados se precisó que la hipótesis de normalidad para esta máquina es una hipótesis alternativa ya que el nivel de P (0,005) es menor al valor de alfa (α) el cual es de 0,05, de esta manera se dice que los valores no siguen o se asemejan a una distribución normal.

- **Línea base en la inyectora BENLONG 2**

La Figura 32, muestra la gráfica de control referente a las observaciones individuales realizadas en la máquina inyectora BENLONG 2 pertenecientes al tiempo de ciclo empleado para el cambio de moldes, de manera que se obtuvo un total de 41 datos tomados durante el mes de marzo, valores sustentados por los registros realizados a los jefes de área.

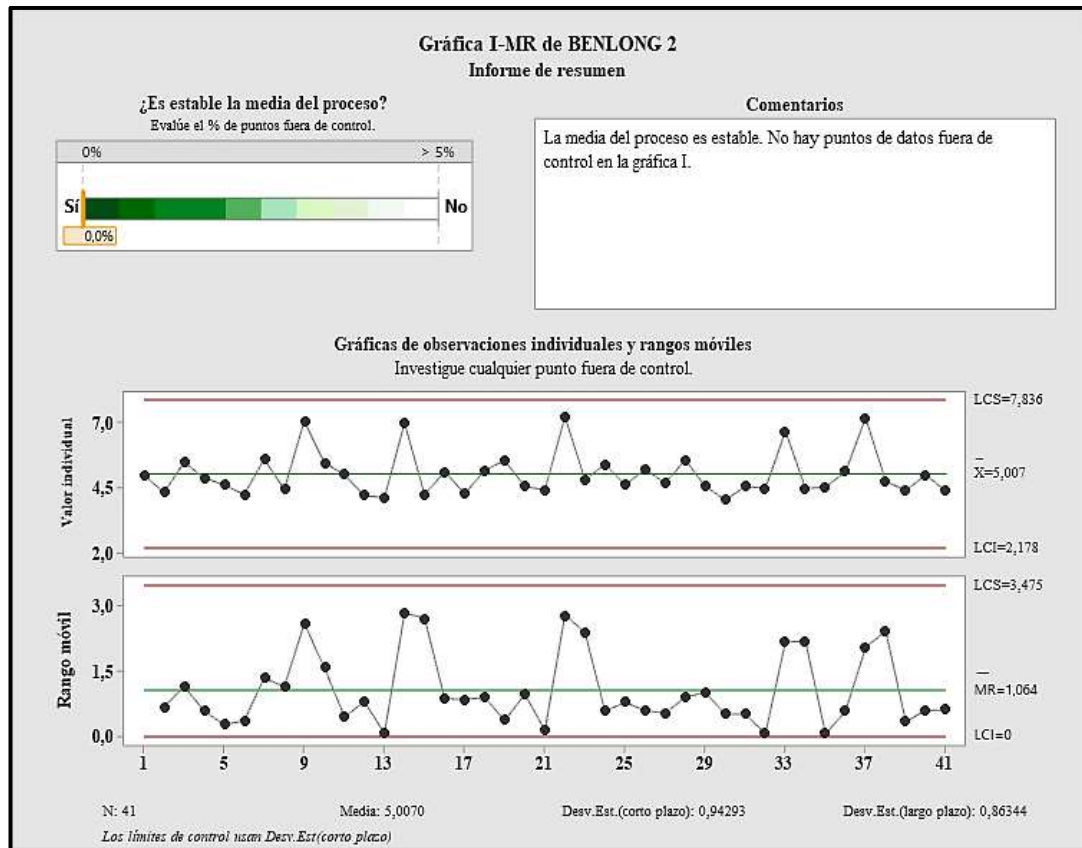


Figura 32. Gráfica de control de observaciones de tiempos de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab)

Análisis

La Figura 32, evidencia el análisis de la línea base para la máquina inyectora BENLONG 2, con lo cual se obtuvo como resultado una media de 5,01 minutos y una desviación estándar de 0,95 minutos, el valor para el límite superior e inferior es de 7,84 y 2,18 minutos respectivamente, los valores mostraron una estabilidad en el proceso ya que no sobrepasan los límites de control, definiendo así que el cambio de moldes en esta máquina es estable, sin embargo, se observaron ciertos datos que no se asimilan a la gran mayoría de ellos, lo cual puede conllevar a incidir en una variabilidad a lo largo del proceso, a pesar de ello, se observó que estos valores no superaron el estándar definido por la empresa que es de 8 minutos, tiempo destinado para la ejecución de cambios de molde, esta fluctuación se produjo ya que varios datos fueron tomados a los operarios que carecen de experiencia, agilidad y conocimientos sobre la localización de los moldes haciendo que el tiempo empleado para esta tarea supere al tiempo que emplean los líderes que poseen más experiencia y preparación [64].

Por otro lado, la Figura 33, muestra los puntos pertenecientes al diagrama de rangos móviles en donde se detectaron los cambios generados en la desviación estándar entre las mediciones que poseen idénticas características.

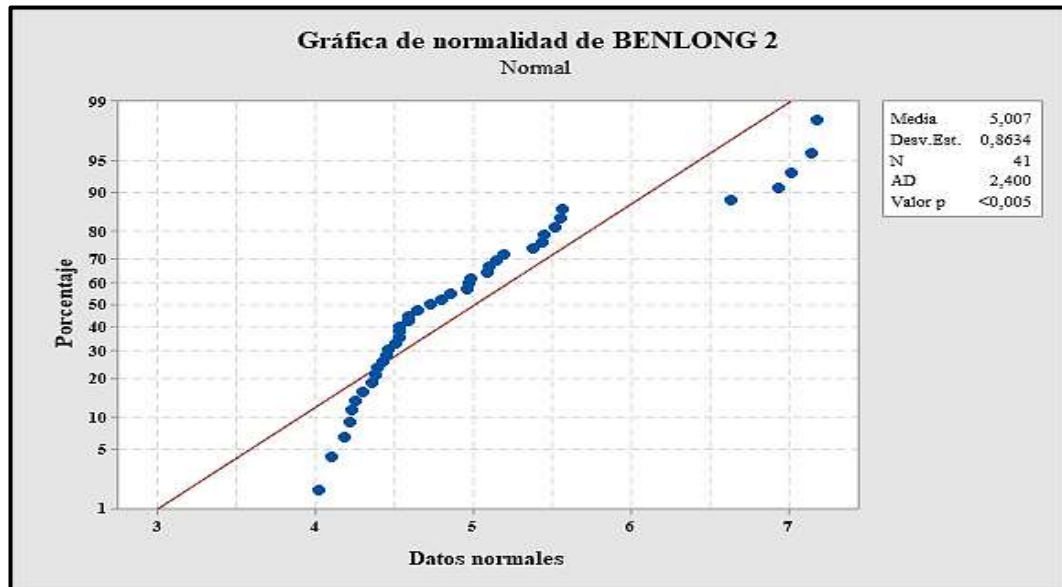


Figura 33. Gráfico de normalidad del tiempo de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab)

La Figura 33, detalla la prueba de normalidad para la inyectora BENLONG 2, de manera que se consiguió interpretar los índices de capacidad, mediante los datos arrojados se precisó que, la hipótesis de normalidad para esta máquina reitera una hipótesis alternativa ya que el nivel de P (0,005) es menor al valor de alfa (α) el cual es de 0,05, se dice que los valores no siguen o se asemejan a una distribución normal puesto que varios de los datos se acercan a los límites de control, lo cual puede generar una variabilidad en el proceso [66].

Análisis de resultados

A través del análisis de las muestras referentes a los tiempos empleados para el cambio de moldes en cada una de las máquinas inyectoras, se evidenció procesos inestables puesto que las pruebas de normalidad arrojaron que los valores de P fueron menores en relación al valor de alfa (α) esto sucede para cada una de las máquinas [67], sin embargo, el estudio fue enfocado a desarrollar mejoras en el cambio de moldes inclinados en optimizar el tiempo de ejecución con ayuda de los métodos de Lean Manufacturing [54].

- **Capacidad del proceso de la inyectora KCLKA**

Para el análisis de la capacidad del proceso de cada una de las máquina inyectoras fue necesario realizar la prueba de normalidad con una hipótesis nula, todo ello con la finalidad de no afectar la estimación de la capacidad, la siguiente gráfica evidencia el análisis de la capacidad correspondiente al tiempo de ciclo del proceso de cambio de molde de la inyectora KCLKA, detallando que sólo se posee una especificación que corresponde a la superior con un valor de 8 minutos establecido por parte de la organización, a su vez se indica que la especificación objetivo es de 5 minutos. En la Figura 34 se observa el análisis desarrollado.

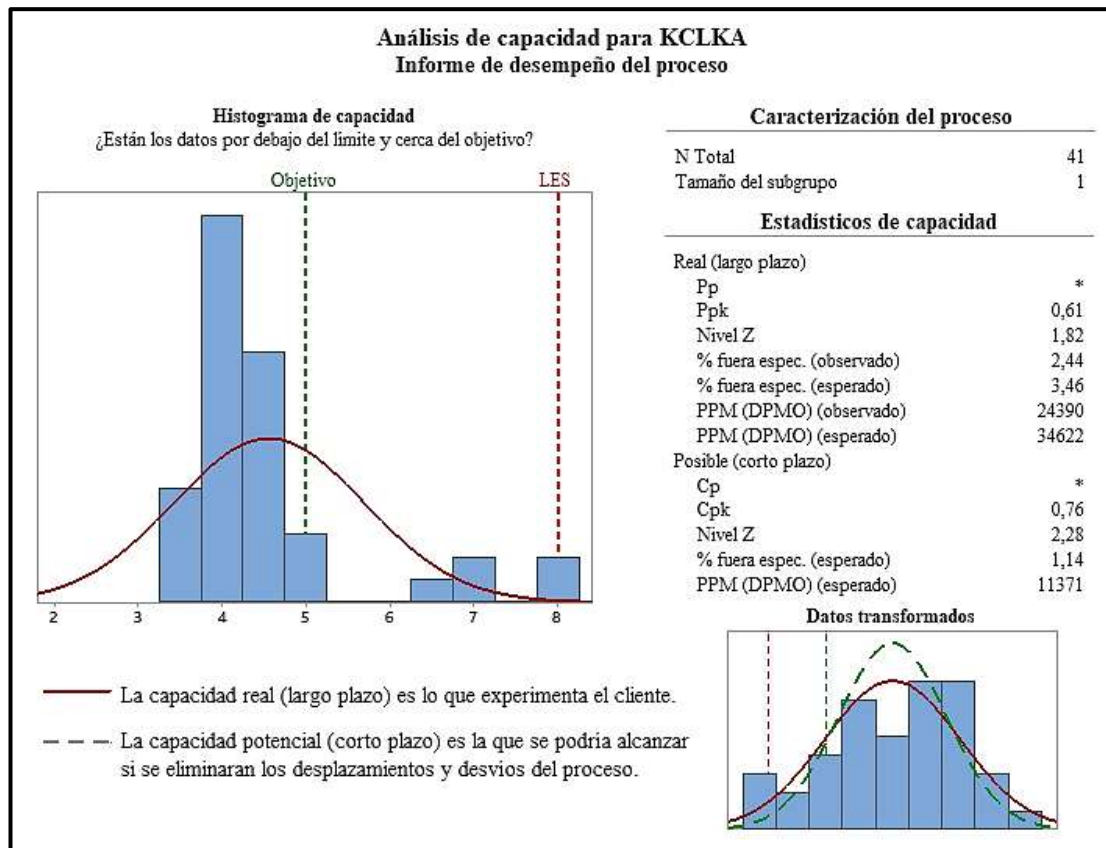


Figura 34. Capacidad del proceso de cambio de molde KCLKA (Minitab)

Análisis

En el software Minitab se desarrolló el análisis de desempeño del proceso para la máquina KCLKA donde, se obtuvo datos del índice de centrado K, los intervalos de confianza, el rendimiento real del proceso a largo y corto plazo sustentando que para el proceso se trabaja con una sola especificación superior por lo tanto no se obtuvo

valores de Cp y Pp, con lo cual se generó la condicionante que, el valor de Cpk fue igual al valor del Cp ayudando a establecer la capacidad real del proceso en la máquina KCLKA. Los parámetros mencionados se los puntualiza en la Tabla 42, estos valores fueron calculados a partir de las ecuaciones (12), (13), (14) y (19).

Tabla 42. Valor del índice K e intervalos de confianza de KCLKA

Detalle	Valor
Índice K	-10,99%
Índice Ppk	0,61
Índice Cpk	0,76
Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	Ppk ± 0,17
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	Cpk ± 0,20
Rendimiento real del proceso (Largo Plazo)	
PPM	24390
Rendimiento	97,56%
Rendimiento real del proceso (Corto Plazo)	
PPM	11371
Rendimiento	98,86%

Basado en los resultados alcanzados referentes al desempeño del proceso y los datos calculados pertenecientes a los intervalos de confianza, se desarrolló e interpretó cada uno de estos valores con el objetivo de precisar la condición verdadera del proceso de cambio de molde en relación con las especificaciones manejadas y cumplir con el objetivo – determinado, en las Tablas 43 y 44, se muestra el análisis final.

Tabla 43. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a largo plazo para KCLKA

Análisis de capacidad para la inyectora KCLKA		
Capacidad real del proceso a largo plazo		
Índice	Valor	Detalle
K	-10,99%	El valor absoluto de K es menor al 20% de modo que el proceso se considera aceptable, sin embargo, la media del proceso es menor al valor nominal, por ende, es necesario realizar esfuerzos para centrar el proceso.
Nivel Z	1,82	El nivel Z del proceso arroja un valor de 1,82, lo cual indica que el 2,44% de los datos referentes a los cambios de molde no cumplen con la especificación destinada por parte de la organización, lo cual provoca que no se llegue a cumplir con la calidad Six Sigma.
Ppk	0,61	Este valor nos indica que es menor a 1, por ende, el proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional para la inyectora KCLKA.
Intervalo de confianza para Ppk	0,44-0,78	El valor del límite superior del intervalo de confianza es menor a 1 por tal motivo el proceso posee una mala capacidad.
PPM (Largo Plazo)	24390	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 24390 partes por millón fuera de las especificaciones, esto señala el número de cambios de molde con valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 97,56%.

Tabla 44. Análisis de capacidad del cambio de molde a corto plazo para KCLKA

Análisis de capacidad para la inyectora KCLKA		
Capacidad real del proceso a corto plazo		
Índice	Valor	Detalle
Cpk	0,76	La capacidad real del proceso de corto plazo es la que se puede obtener siempre y cuando se eliminaran los desplazamientos y los desvíos del proceso, el valor es menor a 1 lo cual indica que el proceso tiene elementos fuera de las especificaciones y solicita soluciones óptimas, por tal motivo el proceso en sí es diminutamente capaz.

Tabla 44. Análisis de capacidad del cambio de molde a corto plazo para KCLKA (continuación)

Índice	Valor	Detalle
Nivel Z	2,28	El nivel Z o nivel sigma de corto plazo puede extenderse hasta un valor de 2,28.
Intervalo de confianza para Cpk	0,56-0,96	El valor del límite superior del intervalo de confianza de Cpk al que puede llegar es de 0,96, de esta manera se define que el proceso es aceptable para realizar el trabajo, pero requiere de reformas para corregir el centrado.
PPM (Corto plazo)	11371	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 11371 partes por millón fuera de las especificaciones a corto plazo, esto señala el número de cambios de molde con valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 98,86%.

Análisis de resultados de capacidad de la inyectora KCLKA

Luego de haber analizado cada uno de los índices de capacidad se definió que el proceso es considerado como aceptable ya que el valor absoluto de K es igual a 10,99%, sin embargo, el proceso tuvo una ligera desviación hacia la izquierda en referencia al valor nominal de 8 minutos, por otra parte, se indicó que el rendimiento real del proceso para la máquina KCLKA fue del 98,86% de esta manera se cataloga que la ejecución de los cambios de molde se encontró estable, finalmente, fue necesario controlar los puntos que se encuentran fuera de las especificaciones, es decir, controlar el centrado, por tal motivo una mejora contribuye a consolidar el proceso y acceder a las especificaciones que se requiere alcanzar.

- **Capacidad del proceso de la inyectora BENLONG 1**

Para la máquina BENLONG 1 se realizó el análisis de la capacidad referente al tiempo de ciclo empleado para ejecutar el cambio de molde, la especificación superior con la cual se trabaja es de 8 minutos, tiempo estándar de la organización, asimismo, la especificación objetivo se destinó en 5 minutos. La Figura 35 muestra el desempeño del proceso referente a la maquinaria en cuestión.

Tabla 45. Valor del índice K e intervalos de confianza BENLONG 1

Detalle	Valor
Índice K	19,95%
Índice Ppk	0,59
Índice Cpk	0,54
Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	Ppk ± 0,16
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	Cpk ± 0,16
Rendimiento real del proceso (Largo Plazo)	
PPM	37182
Rendimiento	96,28%
Rendimiento real del proceso (Corto Plazo)	
PPM	51521
Rendimiento	94,85%

En base a los resultados alcanzados referentes al desempeño del proceso y los datos calculados pertenecientes a los intervalos de confianza, se desarrolló e interpretó cada uno de estos valores con el objetivo de precisar la condición verdadera del proceso de cambio de molde en relación con las especificaciones que la entidad maneja y a la especificación objetivo, las Tablas 46 y 47 evidencian el análisis de capacidad.

Tabla 46. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 1

Análisis de capacidad para la inyectora BENLONG 1		
Capacidad real del proceso a largo plazo		
Índice	Valor	Detalle
K	19,95%	El valor absoluto de K es menor al 20% de modo que el proceso se considera aceptable, sin embargo, posee una desviación hacia la derecha de un 19,95%, por ende, es necesario realizar esfuerzos para mejorar el centrado del proceso.
Nivel Z	1,78	El nivel Z del proceso nos arroja un valor de 1,78, lo cual indica que ningún valor de los datos referentes a los cambios de molde se encuentran fuera de la especificación destinada por parte de la organización, de esta manera se define que el proceso cumple con la calidad Six Sigma.

Tabla 46. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 1 (continuación)

Índice	Valor	Detalle
Ppk	0,59	Este valor nos indica que es menor a 1, por ende, el proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional para la inyectora BENLONG 1.
Intervalo de confianza para Ppk	0,43-0,75	El valor del límite superior del intervalo de confianza es menor a 1 por tal motivo el proceso posee una mala capacidad.
PPM (Largo Plazo)	37182	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 37182 partes por millón fuera de las especificaciones, esto señala el número de cambios de molde con valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 96,28%.

Tabla 47. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a corto plazo para BENLONG 1

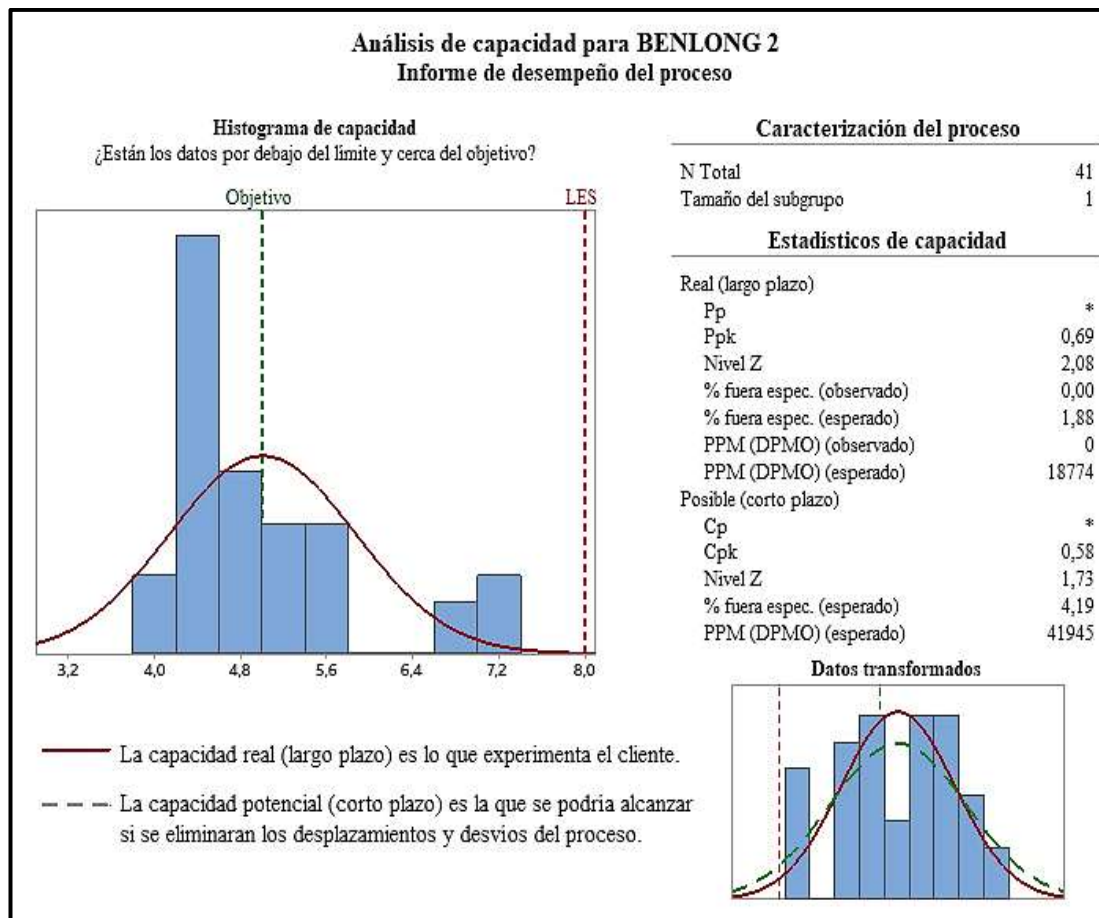
Análisis de capacidad para la inyectora BENLONG 1		
Capacidad real del proceso a corto plazo		
Índice	Valor	Detalle
Cpk	0,54	La capacidad potencial real del proceso de corto plazo es la que se puede obtener siempre y cuando se eliminaran los desplazamientos y los desvíos del proceso, el valor obtenido es menor a 1 lo cual indica que el proceso tiende a ser escasamente capaz, pero en ocasiones puede llegar a cumplir con la capacidad, no obstante, se debe realizar mejoras para controlar el centrado.
Nivel Z	1,63	El nivel Z o nivel sigma de corto plazo puede extenderse hasta un valor de 1,63.
Intervalo de confianza para Cpk	0,38-0,70	El valor del límite superior del intervalo de confianza de Cpk al que puede llegar es de 0,70, de esta manera se define que el proceso es aceptable para realizar el trabajo, pero requiere de reformas para mejorar el centrado.
PPM (Corto plazo)	51521	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 51521 partes por millón fuera de las especificaciones a corto plazo, esto señala el número de cambios de molde con un valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 94,85%.

Análisis de resultados de capacidad de la inyectora BENLONG 1

Con el análisis realizado se logró definir que no existen valores fuera de las especificaciones, por ende, el proceso de cambio de molde para la máquina BENLONG 1 se mantuvo estable, sin embargo, existieron valores que se acercaron al límite de control superior para los cual fue necesario estimar mejoras, el proceso posee un rendimiento del 94,85% el cual es inconsistente, ya que un rendimiento menor al 95% se considera como un problema, en consecuencia el proceso en esta máquina inyectora no cumplió con las metas establecidas, existen puntos que se acercan a las especificaciones lo cual ocasionó variabilidad en el centrado referente al valor nominal, por estas razones es recurrente implantar acciones de mejora examinando cada factor influyente en el cambio de molde, con ello lograr alcanzar las metas trazadas y aumentar la capacidad del proceso sin tener que realizar grandes inversiones [68].

- **Capacidad del proceso de la inyectora BENLONG 2**

Para la máquina BENLONG 2 se realizó el análisis de la capacidad referente al tiempo de ciclo empleado para efectuar el cambio de molde, la especificación superior con la cual se trabajó es de 8 minutos, este valor es el tiempo estándar que la organización establece, asimismo, la especificación objetivo recae en los 5 minutos, la Figura 36, muestra el desarrollo de la capacidad para esta máquina.



Datos transformados

Figura 36. Capacidad del proceso de cambio de molde BENLONG 2 (Minitab)

Análisis

La Figura 36, muestra el análisis del desempeño del proceso para la máquina BENLONG 2, obteniendo datos que favorecieron el cálculo del índice de centrado K, los intervalos de confianza, el rendimiento real del proceso a largo y corto plazo, determinando que, para el proceso se trabajó con una sola especificación superior, por lo tanto, no se obtuvo valores de Cp y Pp, por lo cual, se genera la condicionante que el valor de Cpk fue igual al valor del Cp, de esta forma favoreció de manera idónea para establecer la capacidad real del proceso en la máquina BENLONG 2. La Tabla 48, detalla los parámetros mencionados, estos valores fueron calculados mediante el uso de las ecuaciones (12), (13), (14) y (19).

Tabla 48. Valor del índice K e intervalos de confianza BENLONG 2

Detalle	Valor
Índice K	0,17 %
Índice Ppk	0,69
Índice Cpk	0,58
Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	Ppk ± 0,18
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	Ppk ± 0,16
Rendimiento real del proceso (Largo Plazo)	
PPM	18774
Rendimiento	98,12%
Rendimiento real del proceso (Corto Plazo)	
PPM	41945
Rendimiento	95,81%

Mediante los resultados alcanzados referentes al desempeño del proceso y los datos calculados pertenecientes a los intervalos de confianza, las Tablas 49 y 50, muestran el desarrollo e interpretación de los valores con el objetivo de precisar la condición verdadera del proceso de cambio de molde en relación con las especificaciones que la entidad maneja y a la especificación objetivo.

Tabla 49. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 2

Análisis de capacidad para la inyectora BENLONG 2		
Capacidad real del proceso a largo plazo		
Índice	Valor	Detalle
K	0,17%	El valor absoluto de K es menor al 20% de modo que el proceso se considera aceptable, sin embargo, posee una desviación sin importancia hacia la derecha del valor nominal, por ende, el centrado del proceso es el adecuado.
Nivel Z	2,08	El nivel Z del proceso nos proporciona un valor de 2,08, lo cual indica que ningún valor de los datos referentes a los cambios de molde se encuentran fuera de la especificación superior destinada por parte de la organización, de esta manera se define que el proceso cumple con la calidad Six Sigma.
Ppk	0,69	Este valor nos indica que es menor a 1, por ende, el proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional para la inyectora BENLONG 1.

Tabla 49. Análisis de capacidad del cambio de molde a largo plazo para BENLONG 2 (continuación)

Índice	Valor	Detalle
Intervalo de confianza para Ppk	0,51-0,87	El valor del límite superior del intervalo de confianza es menor a 1 por tal motivo el proceso posee una mala capacidad.
PPM (Largo Plazo)	18774	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 18774 partes por millón fuera de las especificaciones, esto señala el número de cambios de molde con valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 98,12%.

Tabla 50. Análisis de capacidad del proceso de cambio de molde a corto plazo para BENLONG 2

Análisis de capacidad para la inyectora BENLONG 2		
Capacidad real del proceso a corto plazo		
Índice	Valor	Detalle
Cpk	0,58	La capacidad potencial real del proceso de corto plazo es la que se puede obtener siempre y cuando se eliminaran los desplazamientos y los desvíos del proceso, el valor es menor a 1 lo cual indica que el proceso tiende a poseer variaciones, pero si cumple con la capacidad, no obstante, se debe realizar mejoras para perfeccionar el centrado.
Nivel Z	1,73	El nivel Z o nivel sigma de corto plazo puede extenderse hasta un valor de 1,73.
Intervalo de confianza para Cpk	0,42-0,74	El valor del límite superior del intervalo de confianza de Cpk al que puede llegar es de 0,74, de esta manera se define que el proceso es aceptable para realizar el trabajo, pero requiere de reformas para mejorar el centrado.
PPM (Corto plazo)	41945	El análisis indica que el proceso puede llegar a poseer 41945 partes por millón fuera de las especificaciones a corto plazo, esto señala el número de cambios de molde con valor superior a la especificación por cada millón de cambios desarrollados a través de un rendimiento del 95,81%.

Análisis de resultados de capacidad de la inyectora BENLONG 2

En la máquina inyectora BENLONG 2, una vez realizado el análisis referente a la capacidad del proceso se definió que no existen valores fuera de las especificaciones, el proceso de cambio de molde fue estable, no obstante, existieron valores que se acercaron al límite de control superior, siendo necesario estimar mejoras, por otro lado, el proceso obtuvo un rendimiento real del 95,81% el cual es consistente, ya que un rendimiento menor al 95% es considerado como un problema, en consecuencia el proceso en esta máquina inyectora puede cumplir con las metas establecidas, a pesar de aquello fue recurrente emplear medidas correctivas para la mejora de centrado del proceso y a su vez la variabilidad referente al valor nominal, esto se logró examinando cada factor influyente en el cambio de molde, con ello pretender alcanzar las metas trazadas y aumentar la capacidad del proceso sin tener que realizar grandes inversiones para implementar metodologías de Lean Manufacturing [68].

Nivel de calidad Six Sigma del proceso de cambio de molde

Con el análisis realizado sobre la capacidad del proceso de cambio de molde para cada una de las inyectoras, se obtuvo los índices Z de largo plazo establecido en el software Minitab con lo cual se detalló el valor sigma de cada inyectora, esto se logró al sumarle el valor de 1,5 al nivel Z de largo plazo, dato que fue formalizado como medida real de la capacidad del proceso [68], la Tabla 51, puntualiza los resultados de las métricas Seis Sigma y el índice K o centrado del proceso.

Tabla 51. Nivel sigma de los cambios de molde por máquina y su rendimiento

Métricas Six Sigma del proceso de cambios de molde						
Inyectora	Cpk	K	Rendimiento	Nivel Z (Largo Plazo)	Valor Sigma (σ)	Cambios de molde fuera de la especificación
KCLKA	0,76	-10,99 %	97,56 %	1,82	3,32	2
BENLONG 1	0,54	19,95 %	96,28 %	1,78	3,28	Ninguno
BENLONG 2	0,58	0,17 %	98,12 %	2,08	3,58	Ninguno

Interpretación del nivel Sigma

El nivel de calidad sigma es el número de desviaciones estándar que caben entre el centro del proceso y la especificación determinada, en la Tabla 51, se evidencia los niveles de sigma para cada una de las máquinas, como resultado general se obtuvo que el nivel sigma varía ligeramente, por tanto, la inyectora KCLKA obtuvo un valor de 3,32 sigmas, para las máquinas BENLONG 1 y 2 sostienen valores de 3,28 y 3,58 sigmas respectivamente, en consecuencia se dedujo que en todas las inyectoras al momento de efectuar los cambios de molde existieron anomalías ya que algunos valores no cumplían o no se acercaban considerablemente a la especificación establecida, además, fue necesario reducir ciertos errores para estabilizar el proceso y su centrado. El rendimiento global promedio del proceso fue de 97,32%, esto se aduce ya que el cambio de molde se ejecutó de la misma forma en las tres máquinas inyectoras, este dato obtenido indica que el proceso es aceptable en vista de que se considera que un sistema tiene problemas considerables cuando su rendimiento es menor al 95% [37], si bien, el proceso se encontraba estable, existía variabilidad ya que el índice absoluto promedio K señalaba un descentrado hacia la derecha del 10,37% en referencia al valor nominal, en relación con la capacidad del proceso se precisa que fue incapaz de cumplir con las especificaciones impuestas puesto que el valor promedio de Cpk es de 0,63, de igual forma, los intervalos de confianza dieron como resultado un valor menor a 1, por lo que el proceso requirió soluciones de mejora.

Para reafirmar las ideas de mejora, se fundamentó y basó en estudios previos similares, asimismo, se lo contrastó con investigaciones relacionados con la aplicación del control estadístico y la calidad sigma de procesos. Para tener una mejor panorámica referente a la estimación de la capacidad de un proceso es recomendable efectuar la transformación de datos para aprobar la prueba de normalidad, de esta manera clarificar el estado real de la capacidad del proceso, por otro lado, si un proceso presenta aceptabilidad y ligereza en el cumplimiento de sus especificaciones es necesario implementar técnicas que mejoren la calidad aun cuando estos se encuentren dentro de las restricciones impuestas, con ello lograr una fortaleza en la variabilidad y centrado de un proceso [69].

Para la actual investigación por medio del análisis desarrollado fue necesario realizar mejoras en el proceso de cambios de molde para lograr alcanzar un nivel sigma superior y a la vez que se cumpla con los requerimientos impuestos por la entidad, de manera que se erradique o disminuya las pérdidas de tiempos así estandarizar y mejorar la productividad de la organización.

3.1.4 Etapa de Análisis

En esta fase del ciclo DMAIC se clarificó las causas raíz del problema identificado en el proceso productivo de inyección de suelas, con la finalidad de entender las razones por las cuales se generaron los problemas, además, este análisis facilitó realidades de las fuentes de variación, lo cual es sumamente importante ya que permitió generar metodologías, estrategias y técnicas de mejora para los procesos.

Análisis de los factores que originan la aparición del problema

Diagrama causa-efecto (Análisis 6M)

Para tener una clara percepción y un mejor juicio acerca de los factores vitales que provocan la aparición de problemas en la ejecución del proceso de cambios de molde, se empleó la herramienta causa-efecto o análisis 6M con el propósito de organizar lógicamente las causas potenciales del problema referentes a la mano de obra, materiales, medio ambiente, maquinaria, método y medición, en la siguiente figura se muestra el análisis 6M perteneciente al cambio de moldes, con lo cual se identificó claramente las causas y subcausas que generan la aparición del problema en mención.

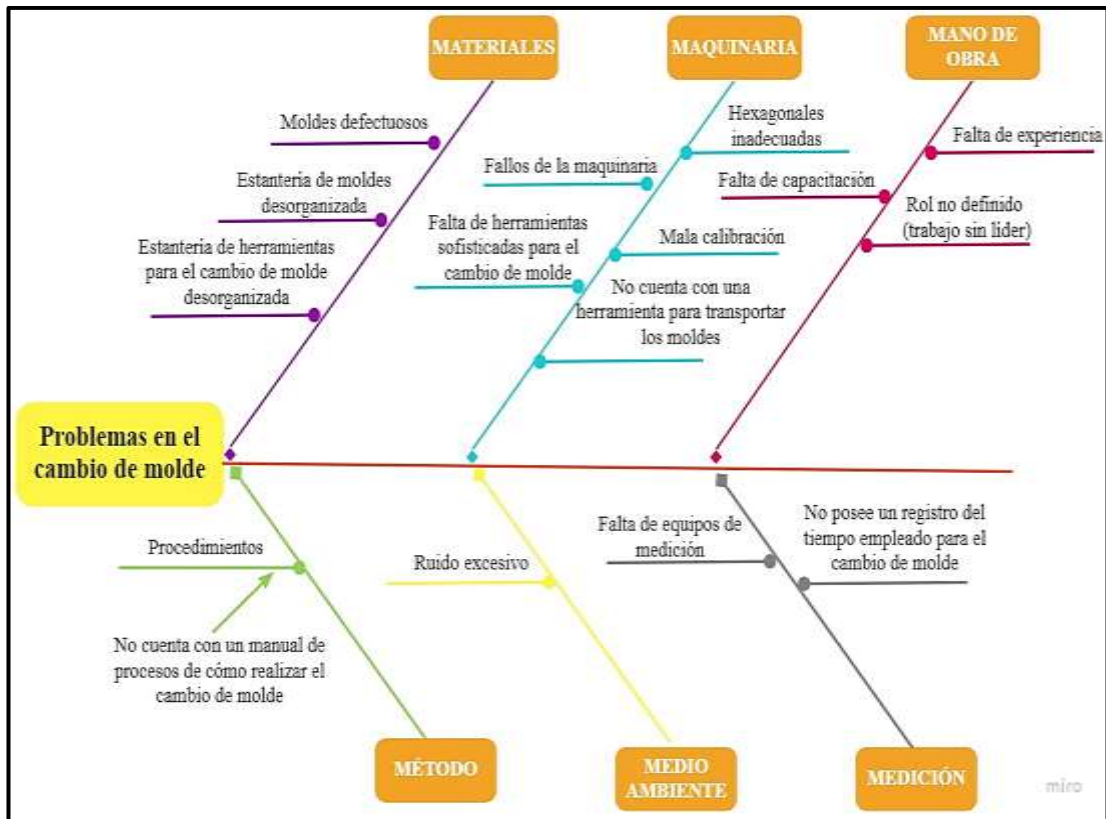


Figura 37. Diagrama causa-efecto (análisis 6M) problemas en el cambio de molde

Análisis

La Figura 37, muestra un diagrama de Ishikawa el cual se encuentra agrupado de acuerdo con un análisis basado en las 6M, en donde se plasmó las causas permisibles referentes al proceso de cambio de molde, las causas se analizan a continuación:

- **Materiales**

En referencia a los materiales que se utiliza para el cambio de moldes, uno de los factores que generaron pérdida de tiempo en ejecutar este proceso fue debido a los defectos que poseen los moldes, el caso particular fue el desgaste de la rosca del molde que provocó que la hexagonal no realice su función adecuadamente, es decir ajustar o desajustar el molde, por tal motivo, fue necesario utilizar una hexagonal que se acople al estado de la rosca, lo cual contribuye a que se produzca desperdicio de tiempo, de no existir un hexagonal que se acople al molde dañado, se envía a mantenimiento para componer la rosca, otros factores vitales que facultan para el desperdicio de tiempo se debe a que las estanterías en donde reposan los moldes y las herramientas para cambios

de molde se encontraron desorganizadas, en el Anexo 12 se evidencia los materiales que se usan para esta labor.

- **Maquinaria**

Se menciona que cuando se realiza los cambios de molde en las máquinas inyectoras rotativas estas no se detienen en su totalidad, es decir, mientras se efectúa el cambio de molde la máquina sigue inyectando las suelas, sin embargo, una vez que se ejecuta el respectivo cambio es necesario digitalizar los parámetros adecuados para el nuevo modelo de suela a producir, lo cual genera cierta demora ya que en muchas ocasiones el operario o líder destinado para colocar estas variables no conocen al cien por ciento los valores apropiados para cada modelo de suela, por lo cual, se debe seguir ingresando valores hasta encontrar los ideales, esto faculta para incurrir en una pérdida de tiempo, estos factores hacen referencia a la temperatura, peso, tiempo de enfriamiento, entre otros, por otra parte, se destaca que no se cuenta con una herramienta o maquinaria que facilite el transporte de los moldes ya que en muchas ocasiones se requiere el cambio de varios moldes, asimismo, la entidad no cuenta con herramientas sofisticadas que contribuyan al ajuste y desajuste del perno en el molde de manera más rápida.

- **Mano de obra**

La mano de obra que la organización ostenta es sumamente capacitada y con una amplia experiencia, lo cual favorece a la ejecución adecuada de todos los procesos productivos de la entidad, sin embargo, en cuanto a la práctica de cambios de molde se indica que el líder de cada turno es el encargado de efectuar esta actividad ya que es la persona que más experiencia, agilidad y conocimientos posee, sin embargo, por diversos factores en ocasiones esta acción la deben realizar los operarios, lo cual provoca que se desperdicie tiempo puesto que ellos no poseen la habilidad, agilidad, experiencia, destreza y conocimientos adecuados para efectuar esta labor, además, el rol que ellos desempeñan es netamente operar la maquinaria, no obstante, se indica que existen capacitaciones mínimas del cómo realizar este cambio de moldes hacia los operarios.

- **Método**

En cuanto al método de trabajo se destaca que la entidad no cuenta con un manual de procedimientos para realizar la ejecución del cambio de molde, esta actividad es efectuada bajo experiencia, lo cual provoca pérdidas de tiempo cuando esta labor es ejecutada por parte de un operario, ya que cuenta con una experiencia mínima en referencia al cambio de moldes.

- **Medio ambiente**

La organización se destaca por la limpieza que conserva en todas sus instalaciones, puesto que antes de finalizar cada turno de trabajo los obreros realizan la respectiva limpieza de sus puestos de trabajo, no obstante, el factor ruido es un agente que influye directamente en el rendimiento de los trabajadores, pese a que la empresa no cuenta con un estudio de riesgos laborales, con las visitas realizadas se evidenció que el ruido provocado por las distintas máquinas de la empresa es molesto y excesivo, sin embargo, los operarios cuentan con equipos de protección personal para no contraer algún tipo de enfermedad a corto o largo plazo, por otro lado, esta área no cuenta con un análisis referente a riesgos ergonómicos, ya que este factor también puede afectar claramente al rendimiento del personal, debido que el encargado de realizar el cambio de molde debe subir o bajar los moldes de la estantería y estos moldes son relativamente pesados.

- **Medición**

Cuando se efectúa un cambio o cambios de molde, no se cuenta con un registro de los tiempos exactos que se han empleado para realizar cada uno de los cambios, por lo cual los operarios en los registros de producción colocan simplemente el número de cambios de molde realizados en su turno de trabajo, asumiendo que el tiempo utilizado para esta actividad fue de 8 minutos, tiempo estándar instaurado por parte de la organización, de igual modo no se cuenta con los equipos de medición para realizar la toma de tiempos para cada uno de los cambios de molde que se realicen.

Una vez desarrollado el análisis de las 6M's, la Tabla 52, especifica el porcentaje de cada una de las causas que provocaron demoras en el cambio de molde para clarificar los pocos vitales más trascendentales.

Tabla 52. Causas del análisis de las 6M's

Ítem	M's	Causas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
1	Maquinaria	5	33,33%	33,33%
2	Materiales	3	20,00%	53,33%
3	Mano de obra	3	20,00%	73,33%
4	Medición	2	13,33%	86,67%
5	Método	1	6,67%	93,33%
6	Medio Ambiente	1	6,67%	100,00%
Total		15	100,00%	

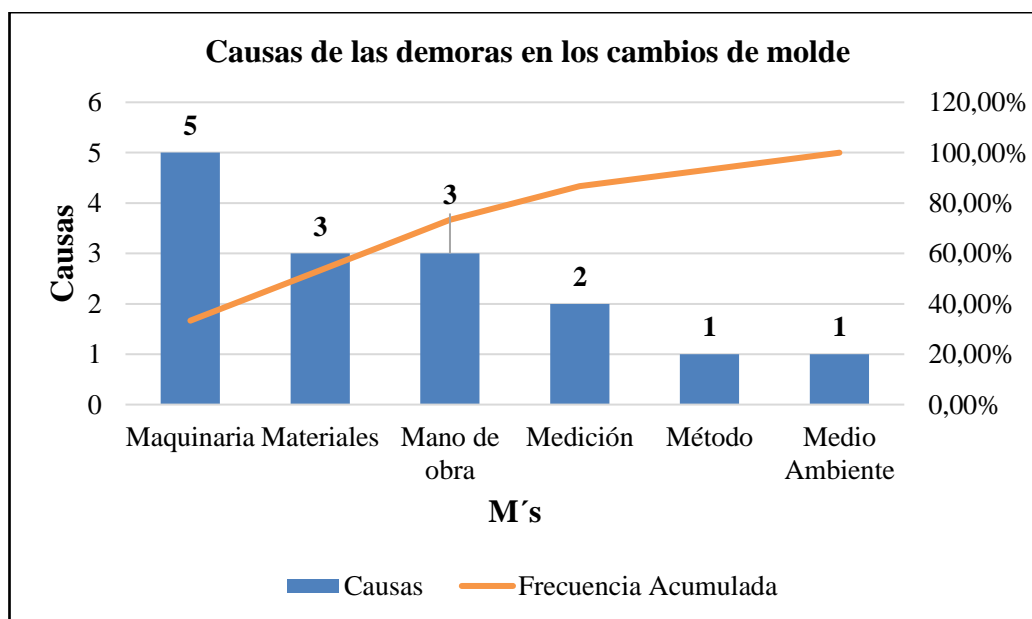


Figura 38. Diagrama de Pareto de las causas de las demoras en los cambios de molde

La Figura 38, muestra el Diagrama de Pareto en el cual se visualiza las causas que generaron las demoras en los cambios de molde, mediante lo cual se sustentó que, dentro del 80% se encuentran las causas que fueron ocasionadas por parte de la máquina, materiales, mano de obra y por la medición que emplea la empresa, este análisis de las 6M's fue la línea base que determinó la causa potencial del problema mediante la elaboración del Análisis de Modo y Efecto de Fallos AMEF, de esta manera se reconoció, estimó y valoró las fallas permisibles del proceso, permitiendo

clarificar el efecto que generaban, a través de ello se propuso estrategias, metodologías y acciones que faculden la eliminación o la disminución de la probabilidad que vuelvan a generarse estas causas.


Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos AMEF es una herramienta muy beneficiosa ya que cuenta con una metodología analítica que permite identificar y evaluar las causas críticas en este caso referentes a los cambios de molde, todo esto se logra a partir de un análisis de la frecuencia de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan [8], para los problemas que perjudican la credibilidad y funcionalidad del proceso es ineludible gestar técnicas y/o acciones para atenderlas, además, AMEF se encamina a identificar actividades que minimicen o eliminen las problemáticas latentes.

Para el cálculo del valor NPR se lo desarrolló sobre la metodología señalada y las tablas de los Anexos 5, 6 y 7.

A continuación, la Tabla 53, revela el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) en el proceso de cambio de molde.

Tabla 53. Matriz AMEF

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS EN EL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDE								
Nombre del proceso o producto:		Inyección de suelas	Número de AMEF:		1			
Elaborado por:		Quisintuña Angel	Fecha AMEF:		21/4/2022			
Aprobado por:		Ing. Freddy Lema	Fallos Potenciales-Estado Actual					
Etapa/función del proceso/ requerimientos	Modo potencial de fallo	Efecto(s) de fallo potencial	SEVERIDAD	Causa/ Mecanismo del fallo potencial	OCURENCIA	Controles actuales del proceso para detección	DETECCIÓN	NPR
Cambio de Molde	Tiempo excesivo de ajuste y desajuste de molde	Demoras	8	No existe herramientas de ajuste rápido	8	Ninguna	7	448
			8	Desgaste de la rosca del molde	6	Inspección Visual	5	240
			8	Hexagonales inadecuadas y distantes	3	Inspección Visual	5	120
	Tiempo excesivo de búsqueda del molde	Demoras	7	Falta de capacitación del operario	5	Inspección Visual	7	245
			9	Estanterías desorganizadas	7	Ninguna	7	441
			9	Estanterías distantes	8	Ninguna	6	432
	Tiempo elevado en el transporte de moldes	Demoras	9	No cuenta con una herramienta para transportar varios moldes	8	Ninguna	7	504
	Problemas con el procedimiento para el cambio de molde	Demoras	9	No cuenta con un manual de procedimientos	8	Ninguna	7	504
	Problemas con la calibración de la maquinaria	Demoras	6	Rol no definido del personal	3	Ninguna	6	108
			6	Conocimiento mínimo de parámetros de las suelas	5	Ninguna	5	150

Número de prioridad de riesgo (NPR)

La Tabla 54, muestra la agrupación de los datos obtenidos mediante el análisis AMEF en referencia a los niveles de prioridad, todo aquello de acuerdo con las causas raíz que provocaron las demoras por los cambios de molde.

Tabla 54. Frecuencia NPR

Prioridad NPR	Frecuencia	% Relativo
Baja (1-124)	2	20%
Media (125-499)	6	60%
Alta (500-1000)	2	20%
Total	10	100%

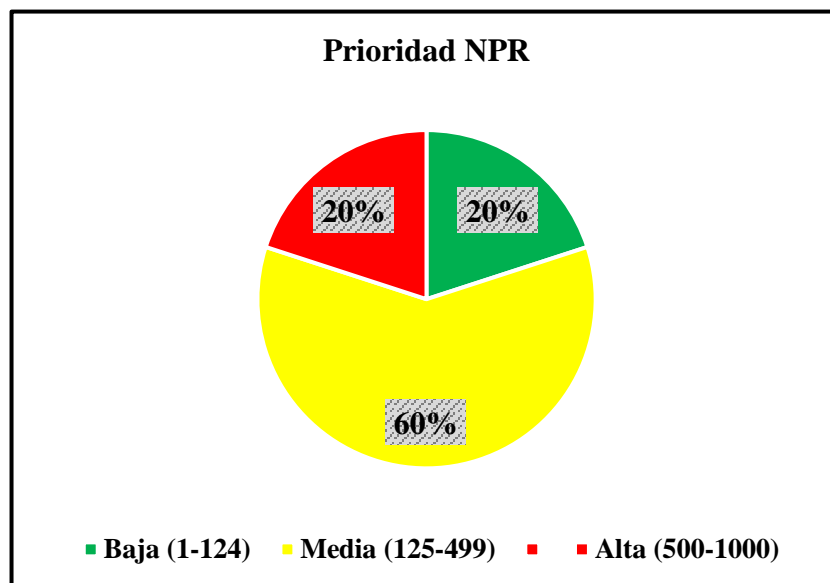


Figura 39. Prioridad del NPR

Análisis e interpretación de la matriz AMEF

Mediante el análisis AMEF, en la Figura 39, se muestra que las causas raíz de variación referente a las demoras por los cambios de molde obtuvieron un valor del 20% para las prioridades de nivel alto, en donde se encontró 2 del total de las causas; con un 20% se observó las causas de prioridad baja, finalmente con un 60% de prioridad media a la que pertenecen 6 de los datos totales, por otra parte, se enfatiza que se debe priorizar acciones de mejora para las causas de nivel alto, las mismas que hacen referencia al uso de herramientas que faciliten el transporte de varios moldes y generar un manual de procedimientos para la correcta ejecución del cambio de molde.

Identificación de las causas (X) potenciales

Con el fin de clarificar las causas potenciales del problema se empleó y elaboró un diagrama de Pareto derivado del análisis de prioridad de las causas AMEF, la Tabla 55, muestra estas causas raíz es en donde se evidencia el respectivo análisis.

Tabla 55. Causas potenciales con su valor de NPR

CAUSAS POTENCIALES	NPR	% Relativo	%Acumulado
No cuenta con una herramienta para transportar varios moldes	504	15,79%	15,79%
No cuenta con un manual de procedimientos	504	15,79%	31,58%
No existe herramientas de ajuste rápido	448	14,04%	45,61%
Estanterías desorganizadas	441	13,82%	59,43%
Estanterías distantes	432	13,53%	72,96%
Falta de capacitación del operario	245	7,68%	80,64%
Desgaste de la rosca del molde	240	7,52%	88,16%
Conocimiento mínimo de parámetros de las suelas	150	4,70%	92,86%
Hexagonales inadecuadas y distantes	120	3,76%	96,62%
Rol no definido del personal	108	3,38%	100,00%
TOTAL	3192	100%	

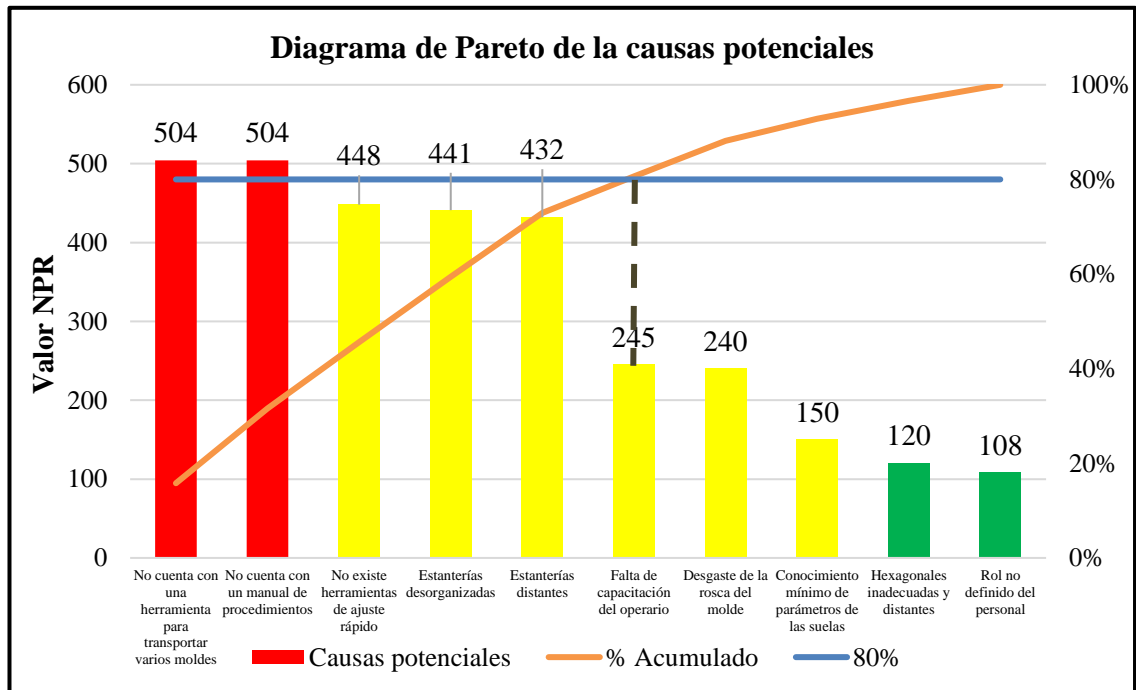


Figura 40. Diagrama de Pareto de las causas (X) potenciales

Análisis e interpretación

La Figura 40, revela las causas potenciales considerables sobre las demoras que afectan el proceso de cambio de molde, estas recaen en la ausencia de herramientas para transportar varios moldes a la vez, con un valor de 504 NPR perteneciente al 15,79%, por su parte, se menciona que no cuentan con un manual de procedimientos para efectuar el cambio de molde, por ende, se obtuvo el 15,79% con un valor de 504 NPR, con el 14,04% se determinó que la organización no cuenta con herramientas de ajuste rápido con un valor de NPR de 448, en cuestión de las estanterías desorganizadas se alcanzó un valor de 441 de NPR con un 13,82%, para las estanterías distantes se obtuvo un valor de NPR de 432 puntos lo cual equivale al 13,53%, por último la falta de capacitación por parte de los operarios con un 7,68% y un valor NPR de 245, estas causas descritas forman parte de los pocos vitales más notorios, además, al mejorar o erradicar estos contratiempos se resuelve el 80% de los problemas generados por las demoras provocadas en el cambio de molde.

3.1.5 Etapa de Mejora

En esta fase se generaron alternativas de mejora con el objetivo esencial de elevar el desempeño del proceso a través de la disminución del tiempo empleado para la ejecución de cambios de molde, para la validación y aprobación de estas propuestas se desarrolló la simulación de las acciones de mejora con la finalidad de sustentar la solución de las causas que provocan el problema, de tal manera que se realice un incremento en la capacidad de las máquinas inyectoras.

Planteamiento de alternativas de mejora

Se planteó alternativas de mejora tomando a consideración los resultados preliminares del estudio basándose en las causas potenciales que aquejan al proceso de cambio de molde, estas acciones pretenden mejorar y estabilizar el rendimiento del proceso, a través del contexto mencionado las opciones de mejora propuestas se las exterioriza en la Tabla 56.

Tabla 56. Detalle de las alternativas de mejora

Ítem	Causas raíz	Alternativas de mejora	Responsable	Herramientas
1	No cuenta con una herramienta para transportar varios moldes	Implementación de un coche transportador con especificaciones adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente general • Líder del área 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesa elevable hidráulica
2	No cuenta con un manual de procedimientos	Desarrollo del sistema SMED	<ul style="list-style-type: none"> • Investigador 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de toma de tiempos • Cronómetro • Check List • Cursograma analítico
		Elaboración de procedimientos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Investigador • Administración 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de procedimientos
3	No existen herramientas de ajuste rápido	Implementar un taladro inalámbrico con hexagonal para ajuste de moldes	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente general 	<ul style="list-style-type: none"> • Taladro inalámbrico reversible atornillador
4	Estanterías desorganizadas	Organizar y etiquetar los moldes de acuerdo con la ocurrencia de producción de cada maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> • Investigador • Administración • Líder del área 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas • Esquema de organización de los moldes
5	Falta de capacitación del operario	Capacitación a operarios	<ul style="list-style-type: none"> • Líder del área • Administración 	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de capacitación teóricos y prácticos a nivel interno.

Diversas propuestas de mejora que se plantearon para lograr mitigar por completo algunas de las causas raíz, por tal motivo, a continuación de manera global se detallan las más destacadas con ayuda del plan de acción 5w y 2h.

Plan de acción (5w y 2h)

Con el plan de acción se designó las actividades a cumplir, en el mismo se detalla cuándo se aplicarán, cómo se desarrollará, los involucrados quienes estarán a cargo de implementarlas y aspectos que conforman las incógnitas de la herramienta 5W2H. Estos aspectos se lo exponen en la Tabla 57.

Tabla 57. Plan de acción (5W 2H)

Causa raíz					
¿Qué?	No cuenta con una herramienta para transportar varios moldes				
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Implementación de una mesa elevable hidráulica	Realizar la compra de un coche transportador que facilite la movilización de varios moldes al mismo tiempo desde las estanterías hacia la máquina inyectora, es preciso señalar que esta herramienta debe desplazarse hacia los diversos niveles de las estanterías, es decir, debe llegar hasta la altura superior e inferior de las repisas, con el fin de favorecer su transporte y a la vez contribuir con la disminución del esfuerzo físico empleado por el operario.	Área de inyección de suelas	<ul style="list-style-type: none"> Gerente general Líder del área 	\$ 363,20 (por cada unidad)	De acuerdo a una planificación por parte de la gerencia.
Causa raíz					
No cuenta con un manual de procedimientos					
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Desarrollo del sistema SMED	Elaborar y aplicar el sistema SMED ya que es una técnica que permite considerables reducciones en el tiempo empleado para el cambio de moldes, con lo cual se logra una mayor productividad y juntamente con la determinación de los itinerarios de operación de actividades aumenta considerablemente la capacidad del proceso.	Área de inyección de suelas	<ul style="list-style-type: none"> Investigador 	Sin costo	22/04/2022-10/05/2022
Causa raíz					
No existe herramientas de ajuste rápido					
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Implementación de taladro inalámbrico reversible atornillador	Realizar la adquisición de un elemento electrónico que faculte el montaje y desmontaje rápido de los moldes en la máquina inyectora, juntamente con un acople hexagonal #10.	Área de inyección de suelas	<ul style="list-style-type: none"> Gerente general Líder del área 	\$ 115 (por cada unidad)	De acuerdo a una planificación por parte de la gerencia.

Causa raíz		Estanterías desorganizadas			
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Organización y etiquetado de moldes y estanterías	Organizar las estanterías y los moldes puesto que este procedimiento genera la identificación rápida, sencilla y oportuna del molde a utilizar, con lo cual se fomenta una reducción del tiempo de búsqueda, a su vez se promueve colocar en la estantería más cercana a cada inyectora los moldes mayormente producidos en dicha maquinaria, para lo cual se realiza un esquema con el orden específico de cada molde.	Área de inyección de suelas (estanterías)	<ul style="list-style-type: none"> • Investigador • Administración • Líder del área 	\$ 68 (para todos los moldes)	De acuerdo a una planificación
Causa raíz		Falta de capacitación del operario			
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Capacitación a operarios	Elaborar un plan de capacitación para el personal que labora en el área de inyección de suelas, a través del cual permita a dichos operarios desarrollar tareas de niveles similares al líder del área, pero colocando un mayor énfasis en la ejecución adecuada del cambio de moldes, desarrollando sus facultades, conocimientos y aptitudes, con ello mejorar el desempeño de la empresa y a su vez contar con una mano de obra preparada para efectuar funciones que el área demande.	Área de inyección de suelas	<ul style="list-style-type: none"> • Investigador • Administración • Líder del área 	\$ 518,70	De acuerdo a una planificación

Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad o estudio de la viabilidad del proyecto planteó como meta contribuir con la toma de decisiones de una manera objetiva si se debe adoptar el proyecto propuesto antes de llevar a efecto las mejoras planteadas, por tal razón, se analizó varios aspectos como; la factibilidad técnica, económica y operativa, en la Tabla 58 se detalla el análisis de factibilidad.

Tabla 58. Factibilidad de las alternativas de mejora

Factibilidad de las alternativas de mejora	
Aspecto	Detalles
TÉCNICO	<p>Se cuenta con la maquinaria y herramientas adecuadas las mismas que son muy prácticas y de fácil uso, sin embargo, deben ser mejoradas.</p> <p>El proceso de producción de suelas y la planta ofrecen las circunstancias necesarias para llevar a efecto las mejoras sugeridas.</p>
ECONÓMICO	<p>La implementación de las alternativas de mejora demanda de una ligera inversión, en virtud de que se cuenta con el personal apropiado para llevar a cabo las mejoras, para lo cual es recurrente adquirir las herramientas que faciliten el trabajo y contribuyan a cumplir con las mejoras propuestas.</p>
OPERATIVO	<p>La elaboración del manual de procedimientos referente al cambio de moldes, con la finalidad de permitir a los operarios cumplir con esta actividad de manera eficiente.</p> <p>Efectuar las mediciones y el análisis del nivel sigma del cambio de molde juntamente con los límites de especificación determinados.</p> <p>El planteamiento de alternativas de mejora tiene como responsables directos al gerente general y al departamento administrativo.</p>

Beneficiarios: La propuesta de mejora se enfoca netamente en elevar las condiciones y la capacidad del proceso de producción de suelas, por consiguiente, se beneficia a todos los trabajadores de la entidad, asimismo, a la propia empresa y también a sus clientes.

Análisis económico de las alternativas de mejora

Para llevar a cabo el proyecto de disminución del tiempo empleado para el cambio de moldes, se detalló el presupuesto estimado que la empresa desembolsaría para que se cubran con los gastos considerados, la Tabla 59, presenta los gastos que conlleva la ejecución del proyecto.

Tabla 59. Presupuesto del proyecto Lean Six Sigma

Presupuesto del proyecto					
Proyecto:	Lean Six Sigma en la inyección de suelas (SMED)				
Líder del área:	Mariano Corriel	Fecha de elaboración	25/5/2022		
Gerente:	Patricio Beltrán	Duración	4 meses		
Elementos	Tipo de recurso	Plazo	Cantidad	Precio por unidad	Costo
Mesa elevable hidráulica	Herramienta para el transporte de varios moldes a la vez	Corto plazo	2	\$ 363,20	\$ 726,40
Sistema SMED	Capacitación	Corto plazo	1	\$ 57,38	\$ 172,90
Procedimientos de trabajo	Capacitación	Corto plazo	1	\$ 57,38	\$ 172,90
Taladro inalámbrico reversible atornillador	Instrumento para el ajuste y desajuste del molde	Corto plazo	2	\$ 115	\$ 230
Organización y etiquetado de moldes y estanterías	Etiquetas estanterías	Corto plazo	180	\$ 0,40	\$ 72
	Etiquetas moldes		176	\$ 1,50	\$ 264
Plan de capacitación	Formativa	Corto plazo	1	\$ 57,38	\$ 172,90
Total					\$1.811,10

El estudio económico se lo realizó con un tiempo de implementación de 4 meses, esto se adecua para desarrollar todas las propuestas planteadas, las capacitaciones al personal se las efectuará mediante una planificación conveniente y tendrá una duración de una hora, el precio se calculó en dependencia a las suelas que se producen en una hora de trabajo y el costo promedio de cada una de ellas, puesto que en esa hora de

capacitación la producción necesariamente se tendrá que parar. Por otra parte, el Anexo 13 presenta la cotización de valores para las herramientas a implementar.

Organización y etiquetado de moldes y estanterías

Para una correcta organización y etiquetado de los moldes y a su vez de las estanterías, fue necesario valerse del análisis ABC previamente detallado, con ello se definió un orden adecuado de los moldes en las estanterías sobre la máquina KCLKA (percha 1) donde se colocó los moldes de las suelas con mayor demanda, en la estantería dos la misma que es más cercana a la máquina BENLONG 1 se colocaron los moldes de los productos de mediana producción, en la estantería cercana a la inyectora BENLONG 2 se colocaron los moldes de producción menor, cada estantería posee 4 niveles y en cada uno de ellos ingresan 11 moldes, las especificaciones de las distribuciones en las estanterías se aprecia en la Figura 42.

Por otro lado, a cada uno de los moldes se coloca su respectiva etiqueta con el nombre del modelo y la talla respectiva, además, es necesario asegurar la etiqueta de grabado en aluminio con seguros, las dimensiones vienen dadas respecto al tamaño del molde. La Figura 41, muestra el diseño el cual se ha determinado en base a las dimensiones de la estantería.

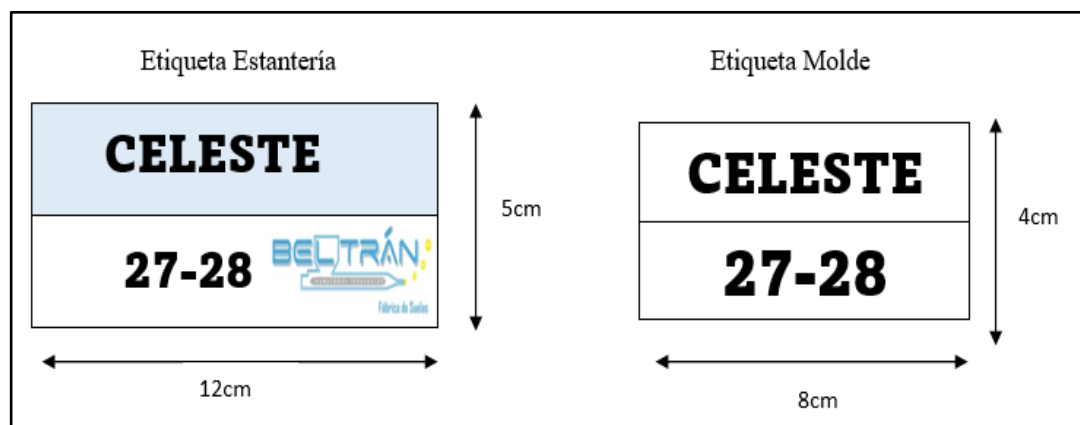


Figura 41. Diseño de las etiquetas para moldes y estanterías

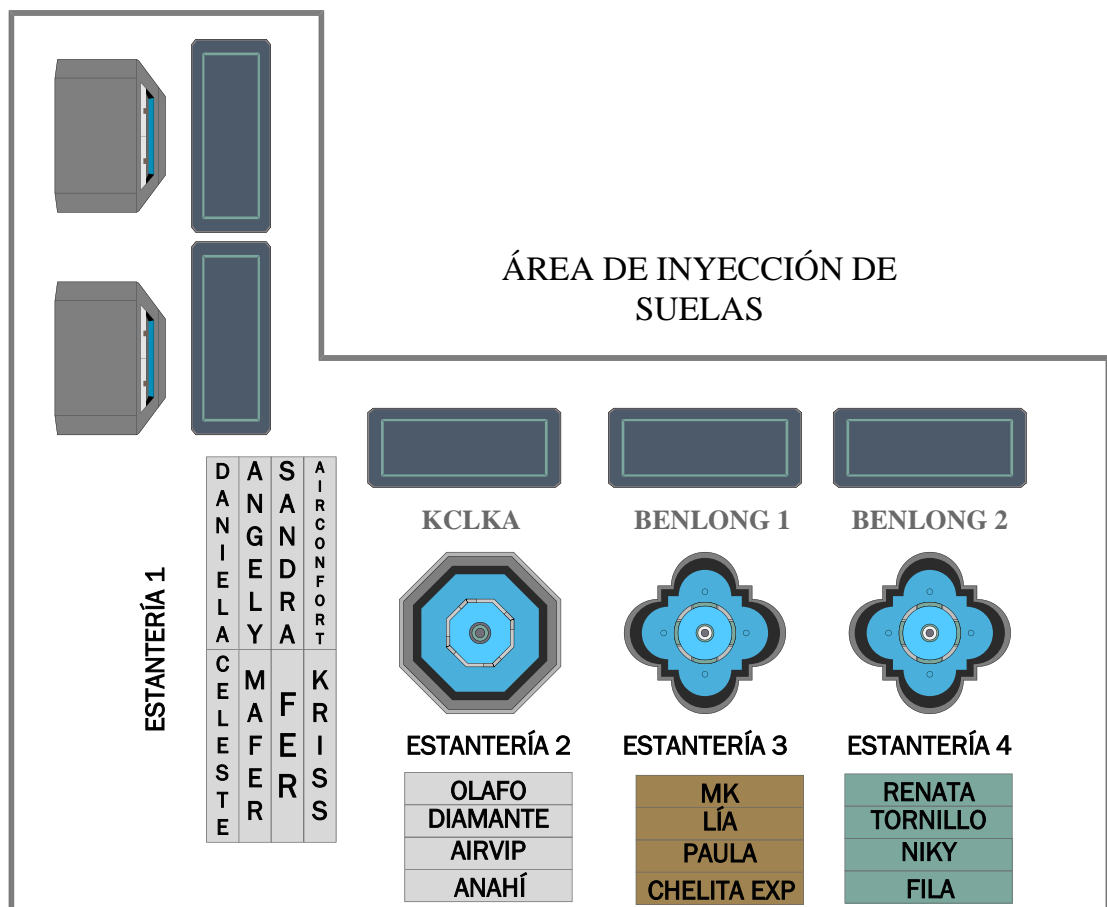


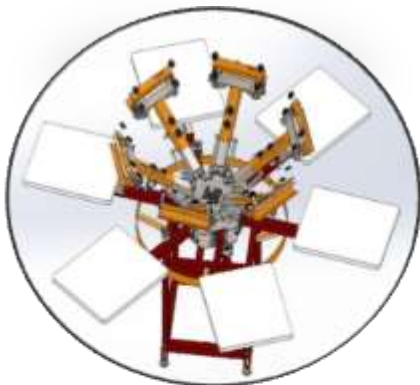
Figura 42. Distribución de los moldes en las estanterías

Procedimientos de trabajo para el cambio de moldes

El manual de procesos es una herramienta de mucha utilidad ya que ayuda a generar y evidenciar de manera descriptiva las actividades ordenadas que se deben seguir para realizar cierta tarea, de igual manera, contiene aspectos técnicos, acciones, procedimientos y controles para efectuar un trabajo ameno, eficiente y eficaz, en ese contexto se elaboró un manual de procedimientos para el proceso de cambios de molde como una propuesta de mejora, el cual es un aporte esencial como instructivo de trabajo dirigido a los operarios del área de inyección de suelas, enfocados básicamente en mejorar la efectividad del proceso y fomentar el cumplimiento de las metas institucionales.



Manual de Procesos y Procedimientos



Elaborado por: Angel Quisintuña

Revisado por: Ing. Freddy Lema

Aprobado por: Sr. Patricio Beltrán

Índice de contenido

Introducción.....	137
Objetivo.....	138
Alcance.....	138
Manual de procedimientos para el proceso de cambio de molde de suelas.....	139

Introducción

La entidad Beltrán Inyecciones es una empresa dedicada a la producción de suelas para calzado ubicada en Ambato en la parroquia Santa Rosa, ofrece productos de alta gama enfocado claramente en un estricto control de calidad y mejora en todas sus líneas de producción, de tal manera que se logre cumplir con las necesidades que el cliente y el mercado exhiben, su aceptación en el mercado se debe a la alta competitividad que expresa todo ello basado en la cultura de mejora continua que se maneja.

El manual de procesos se desarrolló con el propósito de generar una documentación que plasme y clarifique las actividades que se deben realizar para ejecutar de manera adecuada el cambio de moldes, de tal manera que faculte a cumplir con los objetivos y principales metas que la entidad despliega, documento destinado plenamente a los obreros que laboran en el área de inyección de suelas puesto que será una guía para comprender de manera efectiva como desarrollar el proceso de cambios de molde. Cabe indicar que este manual deberá ser inspeccionado o mejorado cuando en el proceso en mención exista algún tipo de cambio.

Objetivo

Ofrecer a los colaboradores del área de inyección de suelas una herramienta de trabajo que contribuya de manera eficaz, eficiente y sencilla la ejecución de los pasos a seguir para efectuar un correcto cambio de moldes, optimizando tiempos y recursos lo cual genere la estandarización del proceso.

Alcance

El presente manual de procesos tiene como idea primordial instaurar un método estandarizado para la efectiva ejecución del cambio de moldes, a su vez con ello se consiga realizar un seguimiento pertinente y minucioso al proceso expuesto, tomando a consideración que las efectivas prácticas de mejora continua se consiguen a través del buen manejo de los recursos que la entidad mantenga.

	BELTRÁN INYECCIONES			
	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS			
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Macroproceso:	Fabricación de suelas	Versión	1.0
	Proceso:	Inyección de suelas		
	Procedimiento:	Cambio de molde	Fecha:	08/5/2022

1. Objetivo

Instaurar el procedimiento para el efectivo cambio de moldes.

2. Alcance

- **Temporal:** Normalmente se lo realiza en dependencia a las órdenes de producción que exista y en base a los moldes de suelas que se requiera elaborar.

3. Glosario de términos y abreviaturas

Término	Definición
Molde de suela	Instrumento que se usa para dar forma y elaborar el modelo de suela que se requiera.
Procedimiento	Método documentado de la manera en que se debe ejecutar una acción o actividad.
Suela	Elemento de la parte exterior de un calzado se encuentra debajo de la planta del pie y a su vez está en contacto con el piso.

4. Responsables

Responsable	Actividad
Administración	Encargado de planificar la producción diaria en función de la demanda existente.
Líder de sección	Encargado de receptor las órdenes de producción y distribuir a cada operario, además, encargado de efectuar los cambios de molde.
Operario de maquinaria	Encargado de la inyección de las suelas.

	BELTRÁN INYECCIONES			
	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS			
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Macroproceso:	Fabricación de suelas	Versión	1.0
	Proceso:	Inyección de suelas		
	Procedimiento:	Cambio de molde	Fecha:	08/5/2022

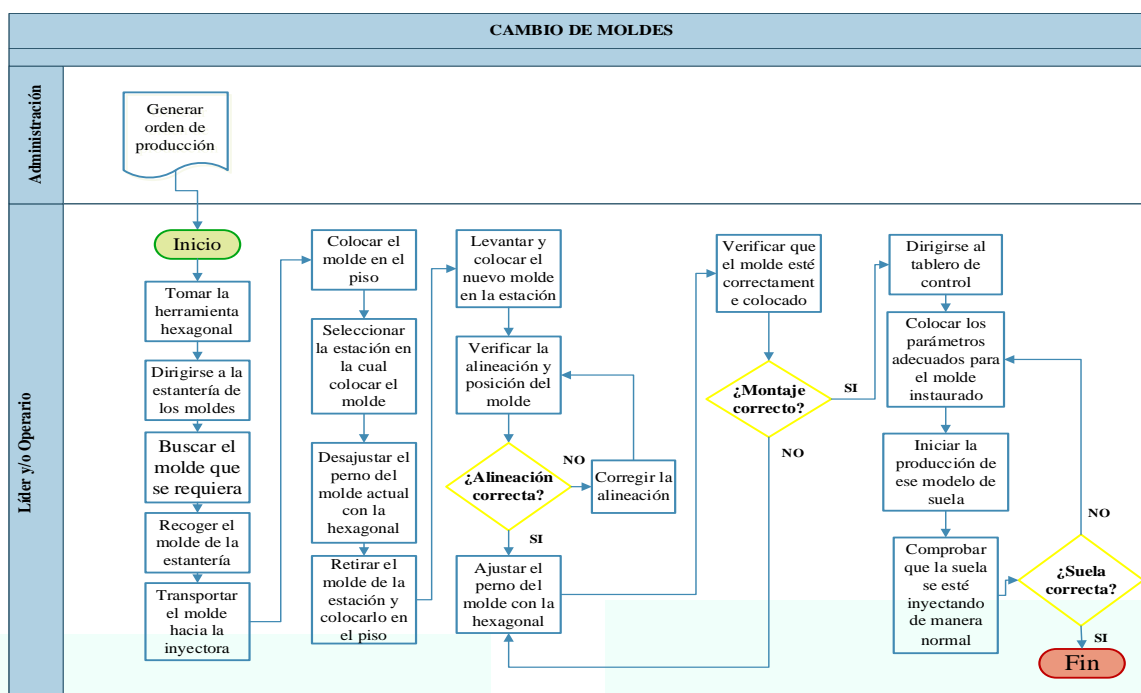
5. Descripción de las actividades del procedimiento

Ítem	Responsable	Actividad	Definición
1	Líder y/o Operario	Tomar la herramienta hexagonal	Tomar la herramienta hexagonal la cual se encuentra ubicada en la mesa de la máquina BENLONG 1.
2	Líder y/o Operario	Dirigirse a la estantería de los moldes	Trasladarse a la estantería en donde se encuentra el molde a ser colocado en la maquinaria respectiva.
3	Líder y/o Operario	Buscar el molde que se requiera	En la estantería buscar el molde que se necesite producir.
4	Líder y/o Operario	Recoger el molde de la estantería	Una vez identificado el molde se procede a retirarlo de la estantería.
5	Líder y/o Operario	Transportar el molde hacia la inyectora	Dirigirse con el molde a cambiar hacia la máquina inyectora.
6	Líder y/o Operario	Colocar el molde en el piso	Ubicar el molde en el piso lo más cercano posible a la inyectora.
7	Líder y/o Operario	Seleccionar la estación en la cual colocar el molde	Elegir estratégicamente la estación que esté libre o disponible en donde se efectuará el montaje del molde y la vez parar la maquinaria.
8	Líder y/o Operario	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	Colocar la hexagonal debajo del molde en donde se encuentra su perno, aplicar fuerza para desajustar el mismo.
9	Líder y/o Operario	Retirar el molde de la estación y colocarlo en el piso	Recoger el molde a ser cambiado (desajustado) y colocarlo en el piso.
10	Líder y/o Operario	Levantar y colocar el nuevo molde en la estación	Ubicar el nuevo molde en la estación seleccionada de la maquinaria.
11	Líder y/o Operario	Verificar la alineación y posición del molde	Colocar el molde en la posición adecuada para su posterior ajuste.
12	Líder y/o Operario	Ajustar el perno del molde con la hexagonal	Ubicar la hexagonal debajo del molde en donde se encuentra el perno, aplicar fuerza necesaria para ajustar el mismo.

	BELTRÁN INYECCIONES			
	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS			
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Macroproceso:	Fabricación de suelas	Versión	1.0
	Proceso:	Inyección de suelas		
	Procedimiento:	Cambio de molde	Fecha:	08/5/2022

Ítem	Responsable	Actividad	Definición
13	Líder y/o Operario	Verificar que el molde esté correctamente colocado	Comprobar que el molde se haya ajustado correctamente, al igual verificar que su alineación sea la correcta.
14	Líder y/o Operario	Dirigirse al tablero de control	Trasladarse al tablero de la inyectora para luego colocar los parámetros necesarios.
15	Líder y/o Operario	Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado	Insertar los parámetros apropiados (peso, temperatura, presión, tiempo de enfriamiento) para el molde de suela que se va a producir.
16	Líder y/o Operario	Iniciar la producción de ese modelo de suela	Iniciar nuevamente la producción normal de las suelas, efectuando el reinicio del funcionamiento de la maquinaria.
17	Líder y/o Operario	Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal	Verificar que la nueva suela inyectada sea efectiva, es decir, que cumpla con los parámetros y especificaciones adecuadas.

6. Diagrama de flujo del procedimiento



	BELTRÁN INYECCIONES			
	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS			
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Macroproceso:	Fabricación de suelas	Versión	1.0
	Proceso:	Inyección de suelas		
	Procedimiento:	Cambio de molde	Fecha:	08/5/2022

7. Indicadores

Nombre	Fórmula	Meta	Frecuencia	Responsable
Porcentaje de efectividad	$\frac{N^{\circ} \text{ de cambios con problemas}}{N^{\circ} \text{ de cambios elaborados}} \times 100$	100%	Diaria	Líder y/o operario

8. Firmas de revisión y aprobación

Acciones	Nombre	Cargo
Elaborado por:	Angel Quisintuña	Investigador
Revisado por:	Ing. Freddy Lema	Docente Tutor
Aprobador por:	Sr. Patricio Beltrán	Gerente General “Beltrán Inyecciones”

9. Control de historial de cambios

Versión	Descripción del cambio	Fecha de actualización
0.0	Creación del manual	08/5/2022

Sistema SMED

El desarrollo adecuado del sistema SMED denotó resultados conducidos a una mejor ejecución de los cambios de molde, para lo cual, como punto de partida se efectuó un análisis y estudio de tiempos referentes al proceso actual de cambios de molde, el mismo que se corroboró con el estudio efectuado para determinar la capacidad del proceso, valores detallados en los Anexo 9, 10 y 11 respectivamente, para posteriormente continuar con un despliegue adecuado de todas las etapas del SMED.

Tabla 60. Tiempos de cambio de molde por cada operario

ESTUDIO DE TIEMPOS				
Ítem	Obrero	Tiempo Mínimo (min)	Tiempo Máximo (min)	Promedio (min)
1	Líder turno 1	3,85	5,45	4,49
2	Líder turno 2	3,49	5,57	4,57
3	Operario Turno 1	6,16	8,11	6,94
4	Operario Turno 2	6,69	7,94	7,17

La Tabla 60, muestra el estudio de tiempos del proceso de cambio de molde, el cual fue desarrollado sobre ciertos operarios y jefes del área de inyección de suelas, con lo cual se determinó que el obrero con mayor agilidad, destreza, habilidad y experiencia corresponde al jefe del turno 1, sustentada en el cronometraje de tiempos realizado para el análisis de la capacidad del proceso.

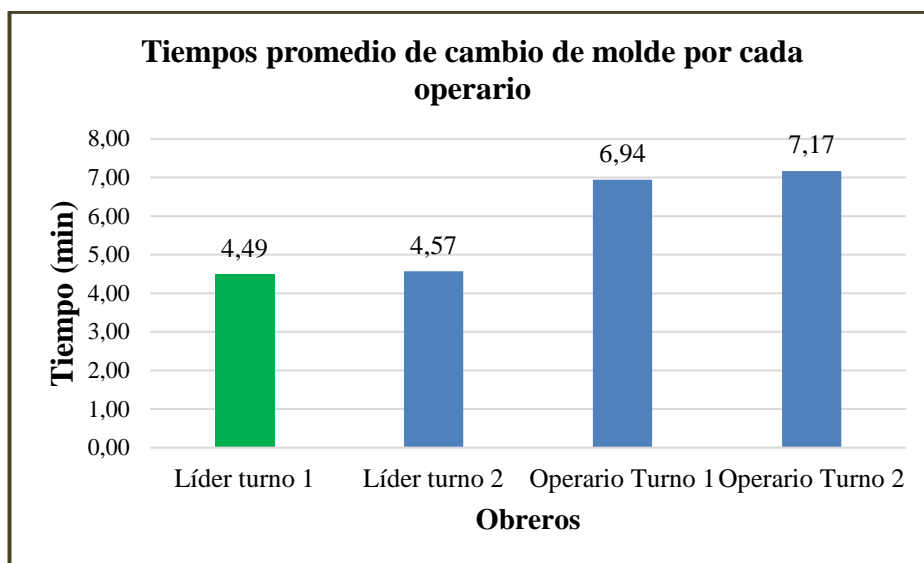


Figura 43. Tiempos promedio de cambio de molde por cada operario

La Figura 43, muestra que el jefe del turno 1 es el operario más capacitado para efectuar el cambio de molde con un tiempo promedio de 4,49 minutos, destacando que este promedio se lo determinó a partir de las muestras tomadas en la ejecución de la actividad en mención.

Complementariamente, el Anexo 14 muestra el layout de la empresa y su delimitación mediante el diagrama de recorrido con las trayectorias que se siguen para ejecutar el cambio de molde para las 3 máquinas inyectoras.

Metodología de aplicación de SMED

- **Identificación de las operaciones internas y externas**

Una vez que se logró establecer al operario con mayores condiciones, conocimientos, agilidad y destreza para desarrollar el cambio de moldes, se ejecutó el cronometraje de las muestras referentes a los tiempos que emplea en cada una de las actividades del proceso de cambios de molde, complementando con la Tabla 12, se estableció el tamaño de la muestra para desarrollar el método propuesto por la General Electric, adquiriendo un total de 10 muestras a ser medidas, el tiempo de ciclo con el que se maneja la entidad es de 8 minutos, de igual manera fue recurrente determinar el desempeño del obrero haciendo uso de la Tabla Británica (Tabla 13) perteneciente a la Organización Internacional del Trabajo (OIT), obtenido como resultado un valor del desempeño del 100%, dado que el operario es activo, capaz de cumplir con las

obligaciones impuestas y logra con gran tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijada.

Por otra parte, se cuantificó el suplemento del proceso de cambio de molde por medio de las consideraciones de trabajo estimadas por Niebel, la tabla de valores se presenta en el Anexo 15, a continuación, la Tabla 61, detalla el resumen de los suplementos del proceso, enfatizando que todos los operarios que laboran en el área de inyección de suelas son hombres.

Tabla 61. Valoración de los suplementos

Valoración de los suplementos	
Operación:	Cambios de molde
Suplementos	Valor
Suplementos constantes	
Necesidades personales	5
Básico por fatiga	4
Suplementos variables	
a) Trabajo de pie	2
b) Ligeramente incómoda	0
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar tirar o empujar)	
25 lb de los sacos de material	4
80 lb peso de cada molde	22
d) Iluminación	0
e) Condiciones atmosféricas	0
f) Tensión visual	0
g) Ruido	0
h) Tensión mental	1
i) Monotonía mental	0
j) Monotonía física	0
Total, Suplementos	38 %

Una vez obtenido el suplemento del proceso de cambio de molde, la Tabla 62, muestra el análisis de los tiempos estándar referentes a cada una de las actividades que se realizan en el cambio de molde.

Tabla 62. Estudio de tiempos y movimientos de cambio de molde

Descripción	Muestras en segundos											Desempeño		TS. (s)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TN (s)	Supl	FD	
Trasladarse a la sección de herramientas	3,97	4,53	4,57	5,83	4,93	3,83	2,50	3,80	4,25	3,02	4,12	0,38	1,00	5,69
Tomar la herramienta hexagonal	2,34	2,41	2,42	2,83	1,91	2,50	1,67	2,26	2,67	2,39	2,34	0,38	1,00	3,23
Dirigirse a la estantería de los moldes	23,68	23,81	16,01	19,58	24,74	25,00	23,13	23,01	26,49	20,53	22,60	0,38	1,00	31,18
Buscar el molde que se requiera	81,44	89,14	99,29	77,86	64,38	90,08	98,25	82,86	92,81	89,22	86,53	0,38	1,00	119,41
Recoger el molde de la estantería	5,49	5,01	5,20	4,86	5,08	4,25	4,56	5,02	5,20	5,10	4,98	0,38	1,00	6,87
Transportar el molde hacia la inyectora	9,49	8,78	8,85	8,90	9,76	7,52	7,00	8,94	9,03	8,91	8,72	0,38	1,00	12,03
Colocar el molde en el piso (junto a la inyectora)	2,46	2,36	2,41	2,31	2,11	2,21	2,13	2,47	2,78	2,95	2,42	0,38	1,00	3,34
Seleccionar la estación en la cual colocar el molde	33,80	34,03	29,72	28,31	30,99	32,85	34,62	34,71	35,75	34,04	32,88	0,38	1,00	45,38
Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	11,19	10,91	11,30	11,92	12,44	11,20	12,68	11,35	12,03	11,48	11,65	0,38	1,00	16,08
Retirar el molde y colocarlo en el piso	3,43	3,88	3,38	3,61	3,52	3,44	3,61	3,49	3,25	3,28	3,49	0,38	1,00	4,82
Levantar y colocar el nuevo molde en la estación	3,44	3,15	3,36	3,98	3,49	3,72	3,40	3,57	3,99	3,77	3,59	0,38	1,00	4,95
Verificar la alineación y posición del molde	3,69	3,25	4,04	4,18	3,62	3,76	3,87	3,90	4,13	3,97	3,84	0,38	1,00	5,30
Ajustar el perno del molde con la hexagonal	12,68	12,94	12,92	12,86	14,42	12,49	12,82	13,05	13,40	13,38	13,10	0,38	1,00	18,07
Verificar que el molde esté correctamente colocado	7,77	6,80	6,59	7,00	8,29	6,98	7,86	7,60	7,64	7,68	7,42	0,38	1,00	10,24
Dirigirse al tablero de control	3,02	2,56	2,39	2,48	2,49	2,53	2,52	2,24	2,51	2,33	2,51	0,38	1,00	3,46
Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado	21,94	23,33	26,94	31,19	37,39	27,35	25,37	26,44	39,75	40,81	30,05	0,38	1,00	41,47
Iniciar la producción de ese modelo de suela	5,85	5,43	4,76	4,24	4,19	4,24	4,30	4,26	4,27	5,32	4,69	0,38	1,00	6,47
Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal	47,84	40,12	43,09	52,55	41,96	48,83	48,38	40,78	42,73	43,34	44,96	0,38	1,00	62,05
Total (s)	283,5	282,4	287,2	284,5	275,7	292,8	298,7	279,7	312,7	301,5	289,87	-	1,00	400,02
Total (min)	4,73	4,71	4,79	4,74	4,59	4,88	4,98	4,66	5,21	5,03	4,83	0,38	1,00	6,67

Se elaboró el cursograma analítico con las condiciones y tiempos actuales promedios determinados para cada una de las actividades que se ejecutan en un cambio de molde, la Tabla 63, especifica las respectivas acciones destacando que las actividades internas son las cuales se realiza con la máquina parada y las operaciones externas son las que pueden efectuarse con la máquina en funcionamiento [70]. La Figura 44, constata la línea de tiempo de las actividades del proceso de cambio de molde.

Tabla 63. Cursograma analítico del proceso actual de cambio de molde

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Entidad:		Beltrán Inyecciones		Resumen					
Actividad		Cambio de Molde		Actividad		SMED			
Responsable:		Quisintuña Angel		Actual		Actividad		Cantidad	
Producto:		Suela "Celeste"		Operación		Interna		11	
Método:		Actual		Inspección		Externa		7	
		Propuesto		Espera		Observaciones:			
Lugar:		Inyección de suelas		Transporte					
				Almacenamiento					
				Total					
				Distancia					
				Tiempo					
N.	Descripción		Tiempo (seg.)	Distancia (m)	Símbolo			SMED	Detalle
1	Trasladarse a la sección de herramientas		5,69	5					
2	Tomar la herramienta hexagonal		3,23						
3	Dirigirse a la estantería de los moldes		31,18	15					
4	Buscar el molde que se requiera		119,41						
5	Recoger el molde de la estantería		6,87						
6	Transportar el molde hacia la inyectora		12,03	15					
7	Colocar el molde en el piso (junto a la inyectora)		3,34						
8	Seleccionar la estación en la cual colocar el molde		45,38						
9	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal		16,08						
10	Retirar el molde y colocarlo en el piso		4,82						
11	Levantar y colocar el nuevo molde en la estación		4,95						
12	Verificar la alineación y posición del molde		5,30						
13	Ajustar el perno del molde con la hexagonal		18,07						
14	Verificar que el molde esté correctamente colocado		10,24						
15	Dirigirse al tablero de control		3,46	2					
16	Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado		41,47						
17	Iniciar la producción de ese modelo de suela		6,47						
18	Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal		62,05						

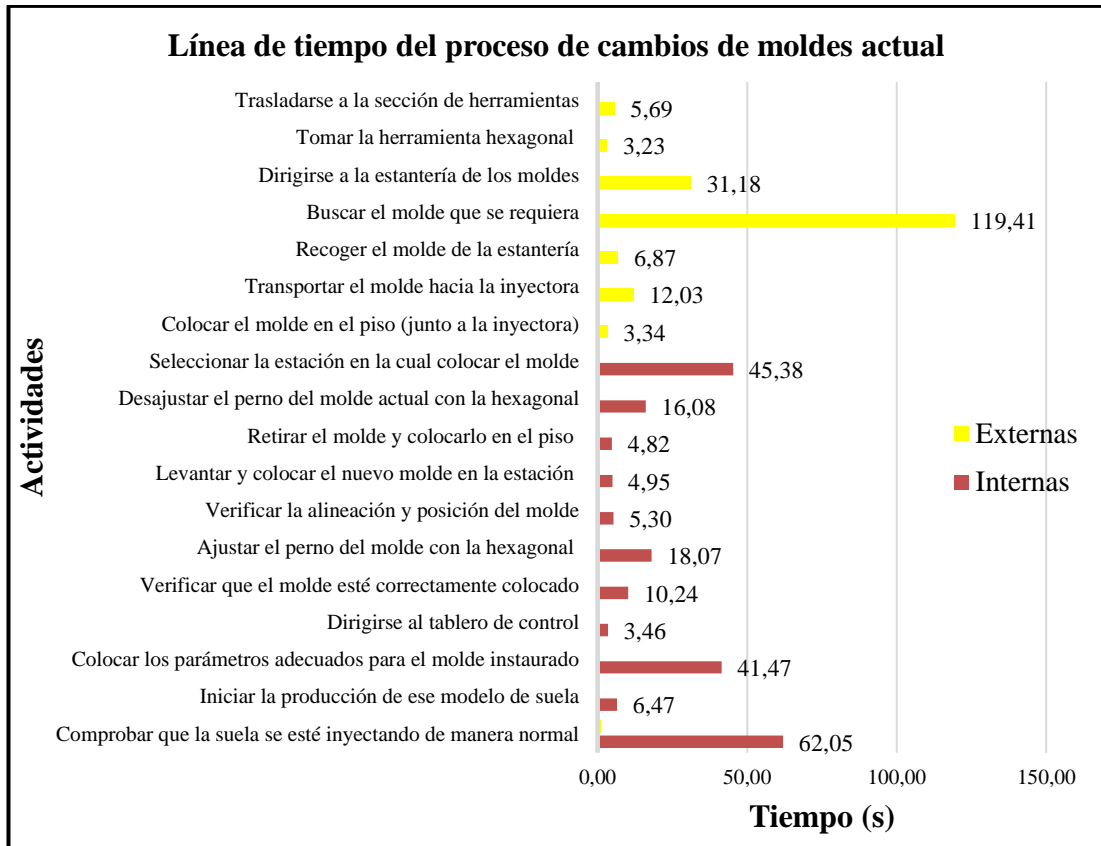


Figura 44. Línea de tiempo del proceso actual cambio de moldes












































- **Convertir las actividades internas en externas**

A partir del cursograma analítico referente al proceso actual de cambios de molde se convirtió las actividades internas en externas, mediante un estudio minucioso de las actividades internas que eran óptimas para realizar la pertinente transformación, la Tabla 64 muestra el tiempo productivo que se logró ganar con el análisis propuesto por SMED, a través de la mejora de las actividades que generaban mucho desperdicio de tiempo y gracias a la reducción de las acciones que no agregaban valor alguno.

- **Mejorar las actividades internas y externas**

El objetivo de esta etapa fue perfeccionar los aspectos referentes a las actividades inmersas en el cambio de molde, esta fase va de la mano con la conversión de actividades, de igual forma, se tomó a consideración las propuestas de mejora para atender a los problemas que aqueja el proceso de cambios de molde, por lo cual, la Tabla 64, exhibe todas las mejoras desarrolladas.

Tabla 64. Cursograma analítico propuesto para el cambio de moldes

CURSOGRAMA ANALÍTICO						
Entidad:	Beltrán Inyecciones		Resumen			
Actividad	Cambio de Molde		Actividad	Actual	SMED	
Responsable:	Quisintuña Angel		Operación	 9	Actividad	Cantidad
Producto:	Suela "Celeste"		Inspección	 3	Interna	 9
			Espera	 2	Externa	 9
Método:	Actual		Transporte	 3	Observaciones:	
	Propuesto	✓	Almacenamiento	 -		
Lugar:	Inyección de suelas		Total	17		
			Distancia	(m) 25		
			Tiempo	(min) 4,05		
N.	Descripción	Tiempo (seg.)	Distancia (m)	Símbolo	SMED	Detalle
1	Trasladarse a la sección de herramientas	5,69	5			Se elimina esta actividad
2	Tomar la herramienta hexagonal	1,56				Tomar la herramienta de ajuste rápido
3	Dirigirse a la estantería de los moldes	12,43	8			
4	Buscar el molde que se requiera	62,14				
5	Recoger el molde de la estantería	6,02				
6	Transportar el molde hacia la inyectora	7,54	15			
7	Colocar el molde en el piso (junto a la inyectora)	2,65				
8	Seleccionar la estación en la cual colocar el molde	36,73				
9	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	7,79				Se utiliza la herramienta de ajuste rápido
10	Retirar el molde y colocarlo en el piso	3,79				
11	Levantar y colocar el nuevo molde en la estación	3,54				
12	Verificar la alineación y posición del molde	3,88				
13	Ajustar el perno del molde con la hexagonal	13,52				Se utiliza la herramienta de ajuste rápido
14	Verificar que el molde esté correctamente colocado	7,61				
15	Dirigirse al tablero de control	2,68	2			
16	Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado	20,14				
17	Iniciar la producción de ese modelo de suela	5,80				
18	Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal	45,31				

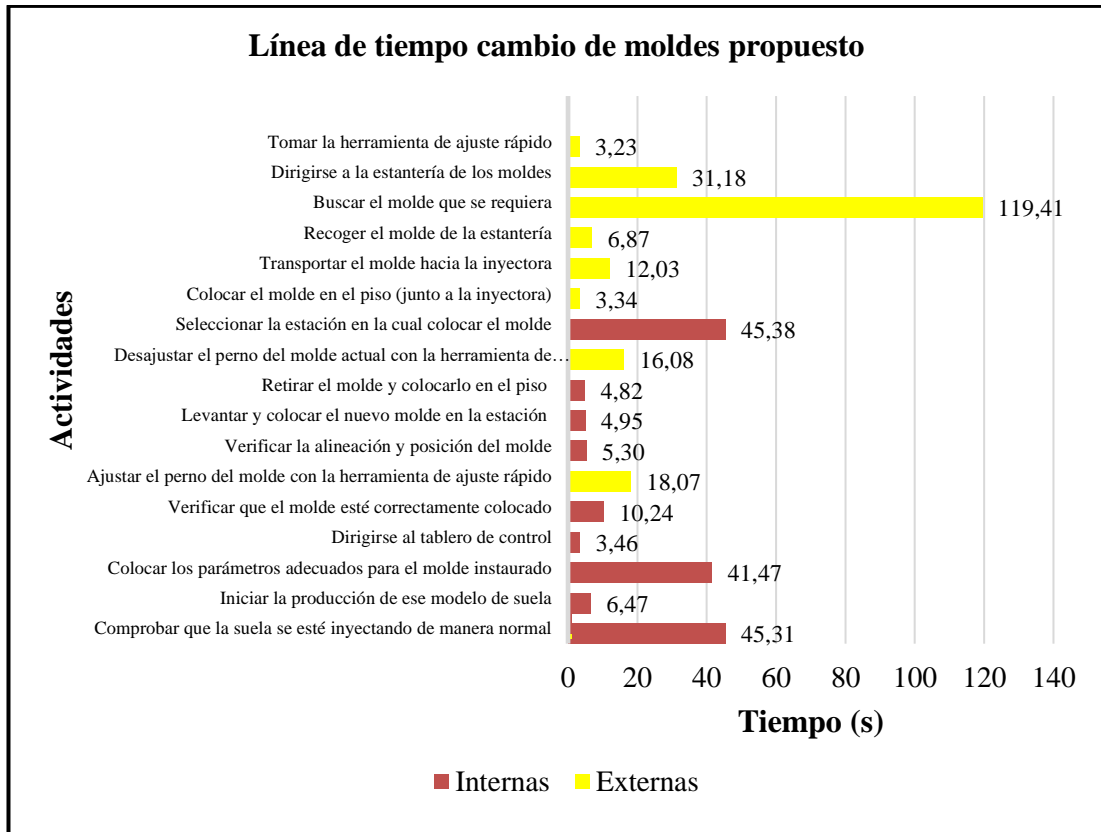


Figura 45. Línea de tiempo de la propuesta de cambio de moldes

En la Figura 45 se observa la línea de tiempo de la propuesta de cambio de moldes juntamente con sus actividades internas y externas.

Resumen de las mejoras propuestas

Una vez realizadas todas fases del sistema SMED se obtuvo una reducción del tiempo empleado para el cambio de moldes correspondiente a 4,05 minutos valor menor al estándar que la empresa utiliza (8 minutos) y también al tiempo promedio desarrollado por el operario mayor capacitado que fue de 6,67 minutos, con lo cual se definió una reducción del 39,38% del tiempo total del ciclo, cabe recalcar que el tiempo de comparación fue desarrollado mediante un estudio de tiempos en donde incluyen los suplementos y el factor de desempeño, los tiempos mejorados se los detalló en el Anexo 16.

Con la ayuda de un taladro inalámbrico se logró recabar los tiempos empleados en el cambio de moldes y con ello determinar las mejoras propuestas. A su vez se colocó los adhesivos de las etiquetas en ciertas estanterías y en algunos moldes, de esta

manera mejorar la búsqueda del molde a utilizar, es decir, lograr visualizar e identificar el molde de manera rápida, con lo antes expuesto se evidencia las mejoras realizadas en la Tabla 65, por otra parte, podemos mencionar que las pruebas no fueron realizadas con un instrumento que ayude a transportar los moldes puesto que su peso es relativamente alto (80lb), por tal motivo se destaca que, con esta herramienta se puede mejorar aún más el tiempo propuesto para el cambio de moldes.

Tabla 65. Resumen de las mejoras propuestas

Ítem	Descripción	Mejora	Tiempo antes de la aplicación (s)	Tiempo después de la aplicación (s)
1	Trasladarse a la sección de herramientas	Esta actividad se elimina ya que la herramienta de ajuste rápido estará colocada en la mesa de trabajo de la máquina BENLONG 1, por ende, el operario ya no debe trasladarse hacia la estantería de herramientas.	5,69	0,00
4	Buscar el molde que se requiera	Con ayuda de la organización y etiquetado tanto de las estanterías como la de los moldes, el tiempo de búsqueda se reduce ya que la visualización e identificación del molde a utilizar es más rápido.	119,41	62,14
9	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	Esta actividad es mejorada puesto que se la efectúa con la herramienta de ajuste rápido, con lo cual se logra reducir el tiempo de desajuste con ello el desmontaje del molde.	16,08	7,79
13	Ajustar el perno del molde con la hexagonal	Esta actividad es mejorada puesto que se la efectúa con la herramienta de ajuste rápido, con lo cual se logra reducir el tiempo de ajuste con ello el montaje del molde.	18,07	13,52

Para clarificar la validación del sistema SMED desarrollado fue necesario efectuar la simulación del proceso en el software FlexSim 2019 tanto de la situación actual como la de la propuesta con la mejora efectuada, asimismo se detalló el análisis del incremento de la producción en base al nuevo tiempo de cambio de molde que corresponde a los 4,05 minutos, donde, se realizó el cálculo de los tiempos de producción actual y para la propuesta de mejora con la herramienta SMED, de esta manera el estudio fue desarrollado a cada una de las maquinarias ya que no poseen la misma capacidad de producción, esta investigación se detalló para las 8 horas de trabajo que demanda cada turno. Las especificaciones tomadas a consideración se las denota en la Tabla 66.

El Anexo 17, presenta el análisis acerca de los tiempos de producción de suelas que la empresa desarrolla gracias al aporte de información por parte de la entidad, referente a la capacidad de producción de cada una de las inyectoras, la cual fue debidamente respaldada con los registros de control.

Tabla 66. Parámetros de producción de suelas máquina KCLKA

Máquina KCLKA		
Parámetro	Valor	Unidad
Cambios de molde por turno	1	-
Tiempo de trabajo por turno	480	min
Tiempo cambio de moldes sin SMED	6,67	min
Tiempo cambio de moldes con SMED	4,05	min
Tiempo real de producción	473,33	min
Cp promedio	2,14	par/min
Pares producidos sin SMED	1014	pares
Pares producidos con SMED	1020	pares

Se determinó que la producción diaria de la máquina KCLKA sin el sistema SMED es de 1014 pares de suelas con un cambio de molde al día, por otra parte, se enfatizó que la empresa tiene como límite mínimo de producción por cada maquinaria y operador de 950 pares durante el turno de trabajo, en la siguiente gráfica se evidencia estos valores y el tiempo adicional que se logró obtener mediante la ejecución de la herramienta SMED, los valores máximos y mínimos de la capacidad de producción de la máquina en mención fueron de 1200 y 1000 pares de suelas producidas durante 8 horas de trabajo respectivamente. La Figura 46, muestra los tiempos de producción

mencionados del escenario actual como del planteamiento propuesto destinado para la inyectora KCLKA.

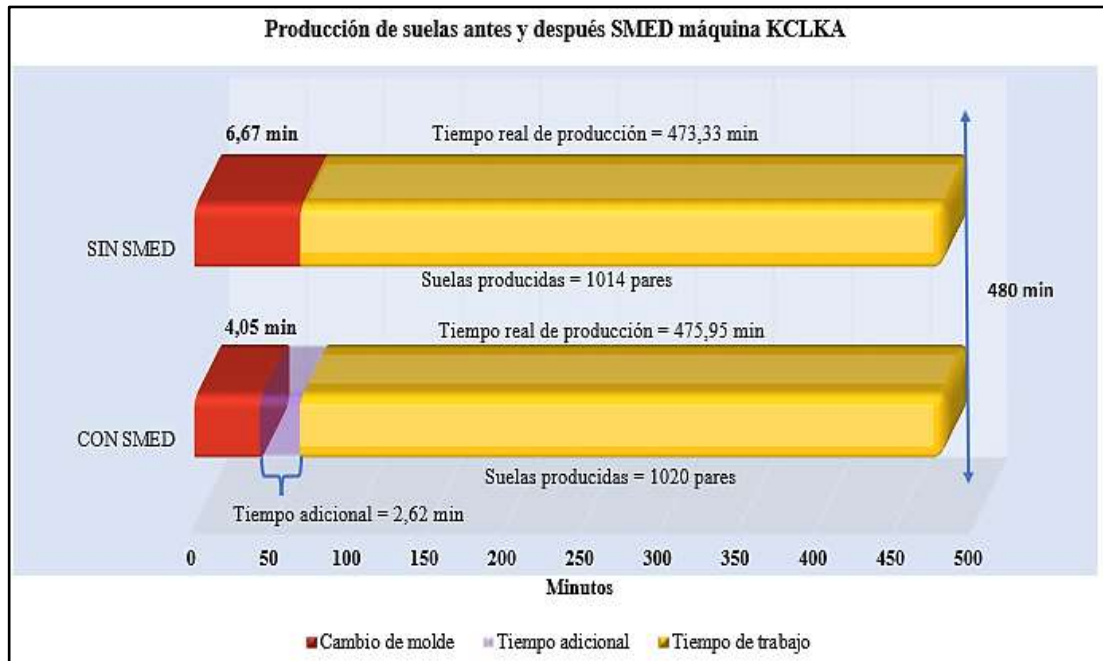


Figura 46. Producción de suelas antes y después de SMED máquina KCLKA

Tabla 67. Parámetros de producción de suelas máquinas BENLONG

Máquinas BENLONG		
Parámetro	Valor	Unidad
Cambios de molde por turno	1	-
Tiempo de trabajo por turno	480	min
Tiempo cambio de moldes sin SMED	6,67	min
Tiempo cambio de moldes con SMED	4,05	min
Tiempo real de producción	473,33	min
Cp promedio	2,67	par/min
Pares producidos	1262	pares
Pares producidos con SMED	1269	pares

En la Tabla 67 se especificó los parámetros de producción de suelas para las máquinas BENLONG, definiendo que para las máquinas inyectoras de esta marca se tiene que el valor máximo de producción es de 1400 pares de suelas y el valor mínimo corresponde a 1200 pares durante 8 horas de trabajo, a través del análisis de la capacidad de producción estándar con lo cual se obtuvo un total de producción estimada de 1262 pares de suelas elaboradas durante la jornada de trabajo, las dos máquinas poseen igual capacidad de producción, la Figura 47, delata el tiempo que se mejoró con ayuda del sistema SMED.



Figura 47. Producción de suelas antes y después de SMED máquinas BENLONG

Análisis e interpretación de resultados

Como se puede evidenciar en las Figuras 46 y 47 el tiempo adicional que se logró añadir al tiempo de producción real es de 2,62 minutos esto se da cuando se realiza un cambio de molde, de esta manera se indica que la producción incrementó en 6 pares de suelas en la máquina KCLKA y 7 pares en las máquinas BENLONG, todo esto por cada turno de trabajo con lo cual se alcanzó un aumento del 0,57% de producción total en promedio de las 3 máquinas, sin embargo, este dato es teórico por lo cual a través de la simulación desarrollada en FlexSim 2019 se estima una visión más clara acerca de la producción total ya que se la efectuó con una variabilidad de tal manera que se pueda obtener datos más cercanos a la realidad.

Validación de la mejora a través de FlexSim 2019

Para complementar el desarrollo del estudio se efectuó una simulación que muestra la cadena productiva referente al proceso que implica el cambio de moldes para analizar y desplegar una comparativa entre la situación actual y el escenario propuesto con el sistema SMED, sistema que mejoró el tiempo empleado para el cambio de moldes, esta comparativa se la establece a través de la simulación de los dos escenarios en el software FlexSim, los valores que se manejan en el programa poseen variabilidad esto con el fin de clarificar el comportamiento del proceso en condiciones reales. Los parámetros que fueron ingresados en el software correspondían a los tiempos tomados

para el cambio de moldes y a la vez los valores pertenecientes a la capacidad de producción de cada máquina inyectora, a continuación, se presenta el cálculo de los valores que se ingresaron para poder simular el proceso productivo de inyección de suelas con sus respectivos cambios de molde en cada una de las maquinarias en estudio.

La Tabla 68, detalla los tiempos promedio registrados del proceso de inyección de suelas, asimismo, los tiempos promedio de los cambios de molde actual y de la propuesta de mejora con el sistema SMED, con el propósito de simular la cadena productiva del proceso fomentando una visión cercana a la realidad, con las condiciones, factores, elementos y componentes existentes en la planta para denotar los escenarios actual y propuesto.

Tabla 68. Parámetros de las maquinarias para la simulación en FlexSim 2019

Tiempos del Proceso	Parámetros	Máquina			Nota
		KCLKA	BENLONG 1	BENLONG 2	
Cambio de molde actual	Promedio (seg)	273,62	287,87	300,42	Se utiliza el tiempo promedio del cambio de molde de cada maquinaria para realizar una comparativa con el valor obtenido teóricamente.
	Desviación (seg)	68,09	55,39	51,81	
Cambio de molde con SMED	Promedio (seg)	242,76			Se hace uso del tiempo estándar propuesto con SMED general, para evaluar la mejora desarrollada.
	Desviación (seg)	22,08			
Proceso de inyección de suelas	Promedio (seg)	26,33	21,24	21,46	Se emplea el tiempo promedio de la producción de suelas de cada máquina con la finalidad de obtener un resultado lo más cercano a la realidad.
	Desviación (seg)	1,66	1,69	2,02	

Una vez determinados los tiempos tanto para el proceso productivo como para el cambio de moldes juntamente con sus respectivas desviaciones, se generó un total de

1000 datos pseudoaleatorios en el software Excel, estos datos fueron ingresados para el respectivo análisis desde Experfit herramienta perteneciente a FlexSim, este análisis se lo efectuó para determinar la distribución que más se ajustaba a los datos, posteriormente estos valores fueron colocados en los procesos simulados en el programa FlexSim, el Anexo 18, manifiesta las distribuciones proporcionadas por parte de Experfit.

A continuación, las Tablas 69 y 70, muestran las distribuciones que más se ajustaron a cada una de las máquinas, para el proceso productivo y para el cambio de moldes.

Tabla 69. Distribuciones de la producción para la simulación en FlexSim

Producción	
Máquina	Distribución Ajustada
KCLKA	beta(10.462564, 41.497519, 49.513607, 47.199091, getstream(current))
BENLONG 1	beta(6.790627, 33.084243, 30.999611, 34.586001, getstream(current))
BENLONG 2	beta(4.196712, 41.850302, 36.320459, 43.346548, getstream(current))

Tabla 70. Distribuciones de los cambios de molde para la simulación en FlexSim

Cambios de molde			
Máquina	Distribución Ajustada		
KCLKA	weibull(43.763064, 255.660187, 3.865644, getstream(current))		
BENLONG 1	johnsonbounded(35.932774, 579.987643, 0.373946, 2.367976, getstream(current))		
BENLONG 2	beta(2.242484, 639.459637, 17.404594, 19.795547, getstream(current))		
Cambios de molde con el sistema SMED			
Todas las máquinas	242,76	22,08	johnsonbounded(80.433214, 390.123442, 0.004035, 2.698969, getstream(current))

Se definió que, al generar las distribuciones específicas para cada una de las maquinarias tanto para el proceso productivo como para el cambio de moldes los valores de producción serán distintos puesto que el comportamiento es diferente en cada inyectora debido a las desviaciones establecidas.

La distribución efectuada para el cambio de moldes propuesto con la herramienta SMED fue colocada para cada una de las máquinas ya que el tiempo determinado es estándar, sin embargo, los valores de producción no fueron iguales ya que el operario encargado de realizar el cambio de moldes tiene una distribución específica para cada

máquina, esto genera una variabilidad de tiempos con lo cual se asemeja mucho más a la realidad del proceso.

Simulación del proceso en FlexSim 2019

- Se desarrolló el modelado de la planta total enfocado en el área de inyección de suelas, donde se colocó todos los elementos que lo componen para simular el proceso con las condiciones reales, además, mediante el layout de la entidad diseñado en el software AutoCAD se utilizó elementos 3D para visualizar de mejor manera los objetos del área y proporcionar más realismo a la simulación, dichos elementos se los obtuvo desde la plataforma SketchUp.
- Se configuró los elementos que simulan el comportamiento de las máquinas inyectoras (processor), en estos objetos se ingresaron las distribuciones arrojadas por Experfit propuesto en el Anexo 19.
- Para cada una de las máquinas inyectoras existe un operario que se encarga de inyectar las suelas y apilarlas en la mesa de trabajo, además, se colocó el jefe de área encargado de efectuar los cambios de molde.
- Se colocó Dashboards para visualizar el estado de la producción de cada una de las máquinas, además, para distinguir la eficiencia de cada una de ellas.

Por otra parte, se enlista los criterios que se tomaron a consideración para la ejecución de la respectiva simulación:

- La simulación se estableció para para dos turnos de trabajo de 8 horas cada uno, durante de 5 días.
- Los cambios de moldes totales por la semana son 30, es decir, un cambio de molde diario para cada una de las máquinas.
- Las unidades de simulación en FlexSim se lo realizaron en segundos y en metros con una planificación teórica semanal por cada maquinaria detallada en la Tabla 71.

Tabla 71. Pares planificados por semana

Pares planificados para la semana	
Máquina	Valor teórico
KCLKA	10140 pares de suelas
BENLONG 1	12620 pares de suelas
BENLONG 2	12620 pares de suelas



Figura 48. Simulación de la planta total de la empresa “Beltrán Inyecciones”

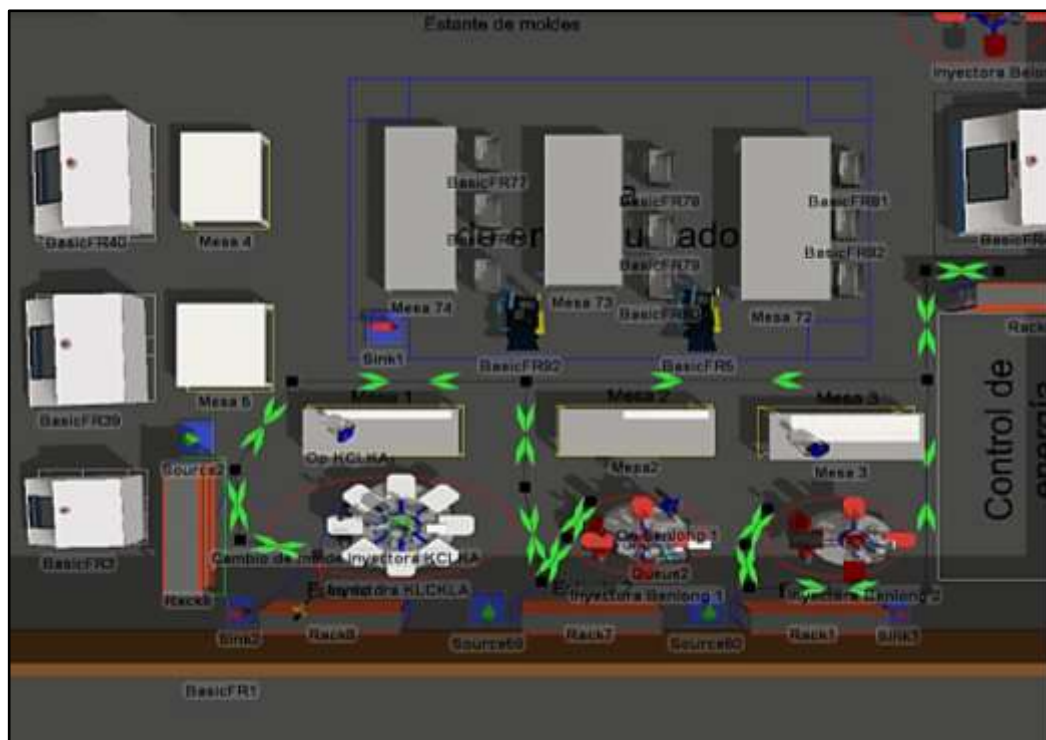


Figura 49. Simulación del área de inyección de suelas

Resultados de la situación actual

Una vez que se ejecutó la simulación se adquirieron valores referentes a la producción y el número de cambios de molde realizados durante la semana de trabajo.



Figura 50. Resultados obtenidos de la simulación perteneciente a situación actual

Análisis e interpretación

La Figura 50, muestra los pares de suelas producidas en el área de trabajo según el software FlexSim, donde, durante la semana de trabajo los dos turnos laborales determinaron que en la máquina KCLKA existe un cumplimiento o efectividad de producción del 95,68%, el 98,61% se obtiene de la máquina BENLONG 1 y, por último, con un 99,03% de cumplimiento de la inyectora BENLONG 2, estos valores son porcentajes de los pares producidos con respecto a los pares planificados teóricamente.

Resultados de la propuesta de mejora

Para la propuesta de mejora la simulación se realizó con el tiempo estándar de cambio de molde establecido con ayuda del sistema SMED, se ingresó la distribución más adecuada a los datos, en consecuencia, se alcanzó los siguientes valores.

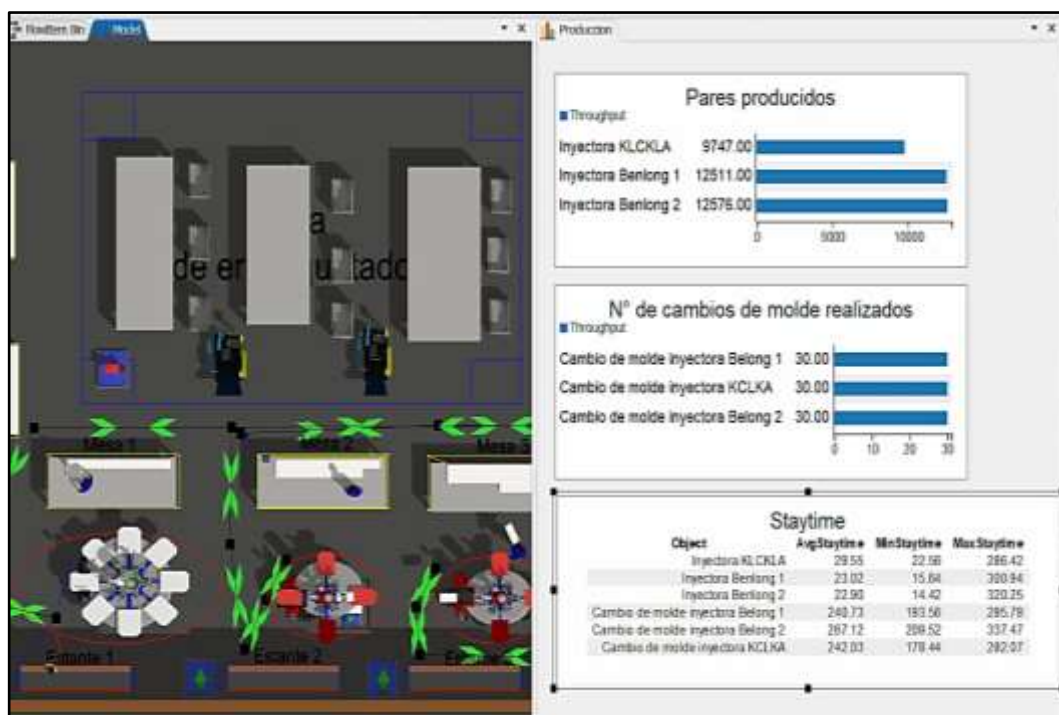


Figura 51. Resultados obtenidos de la simulación perteneciente al escenario de mejora

La Figura 51, distingue los pares de suelas producidos por cada máquina perteneciente a la mejora propuesta referente a la disminución del tiempo empleado para el cambio de moldes, con ello se corroboró la cantidad de suelas producidas en base a la planificación teórica, de este modo se obtiene un cumplimiento del 96,12% en la máquina KCLKA, el 99,14% sobre la inyectora BENLONG 1 y, para la maquinaria BENLONG 2 tenemos un 99,65% de cumplimiento de producción, estos valores indican claramente que el porcentaje de cumplimiento tuvo un aumento sumamente importante que beneficiará directamente a los intereses económicos de la entidad.

Referente al tiempo de cambios de molde se determinó el desempeño de cada una de las maquinarias, por lo que se extrajo del software FlexSim los tiempos con los cuales se desarrollaron cada uno de los cambios de molde propuestos, con ello se elaboró el análisis respectivo en el software Minitab, las Figuras 52, 53 y 54 muestran el estudio efectuado a cada una de las máquinas inyectoras, el Anexo 20 exhibe los tiempos de mejora para cada máquina inyectora.

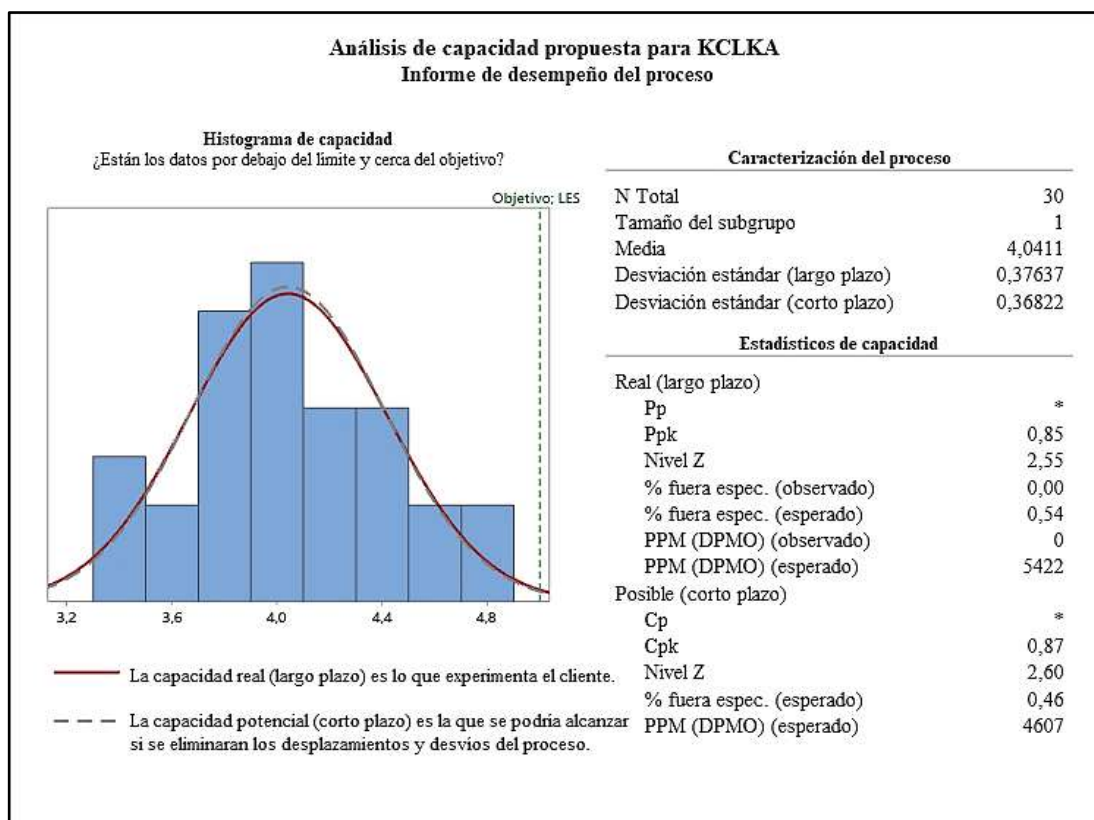


Figura 52. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto KCLKA datos FlexSim

Análisis e interpretación

La Figura 52, contempla el análisis de capacidad propuesto el cual fue efectuado a la inyectora KCLKA juntamente con los datos referentes al cambio de molde mejorado con el sistema SMED, asimismo, con la especificación objetivo de 5 minutos establecido en la etapa de definición, por esta razón se obtuvo un tiempo promedio de ejecución de la actividad de 4,04 minutos con una desviación estándar de 0,38, de igual manera un valor de 2,55 para el nivel Z con lo cual proporciona un 4,05 de nivel sigma, a su vez se destaca que todos los valores se encuentran dentro del rango de especificación, por lo tanto, se obtuvo el 0% de datos fuera de los límites establecidos, sin embargo, aún se puede desarrollar labores de control para disminuir aún más la variabilidad del proceso ya que el valor de Cpk fue de 0,87, finalmente, se determinó que las mejoras planteadas son eficientes, ya que el nivel sigma de la propuesta planteada es mayor al valor obtenido en el análisis de la situación actual plasmado en la Tabla 51.

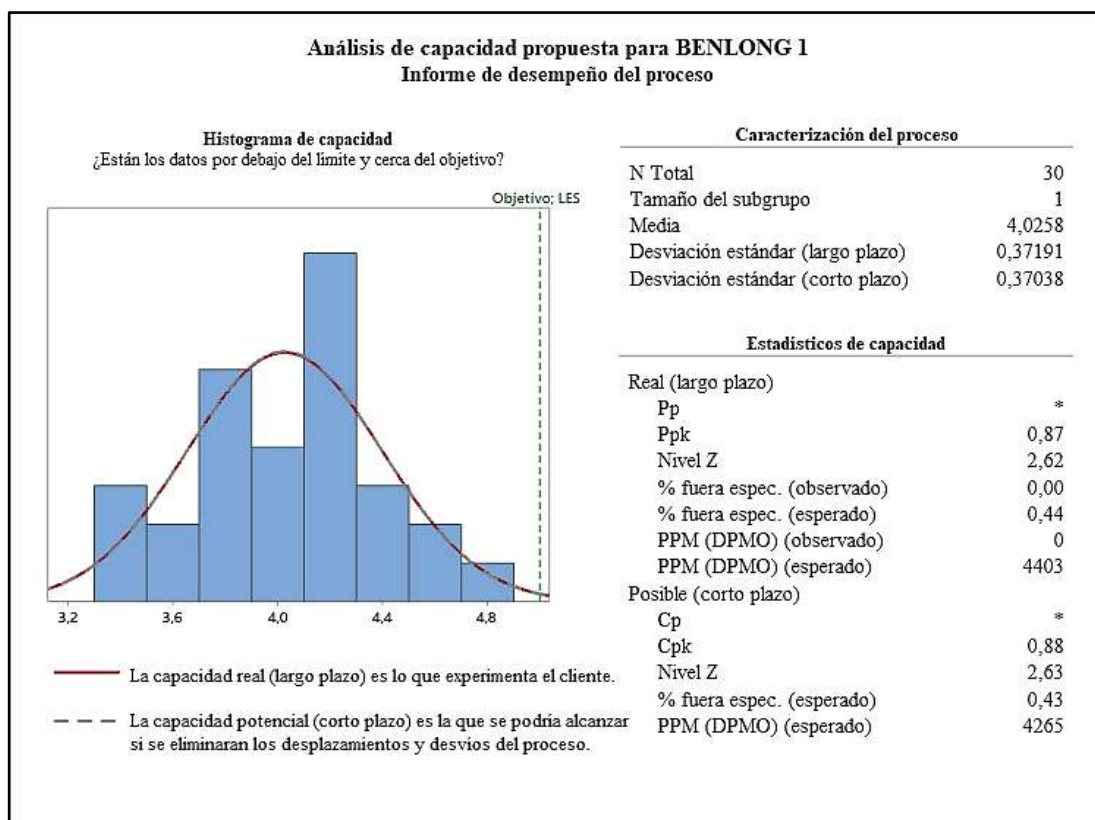


Figura 53. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto BENLONG 1 datos FlexSim

Análisis e interpretación

La Figura 53, muestra el análisis de capacidad de mejora con los tiempos de cambio de molde establecido por el sistema SMED para la máquina BENLONG 1, juntamente con la especificación objetivo de 5 minutos, con lo cual se obtuvo un tiempo promedio para efectuar la actividad en 4,03 minutos y una desviación estándar de 0,37, asimismo un valor para el nivel de Z de 2,62 con lo cual proporciona un 4,12 de nivel sigma, dicho valor es superior al nivel sigma determinado para el proceso actual presentado en la Tabla 51, por otra parte se indicó que todos los valores se encuentran dentro de las especificaciones puesto que se ostentó 0% de datos fuera de los límites o rangos establecidos, el valor de Cpk es de 0,88 lo que indica que aún se puede realizar acciones de control para disminuir la variabilidad, sin embargo, el rendimiento y capacidad son eficientes.

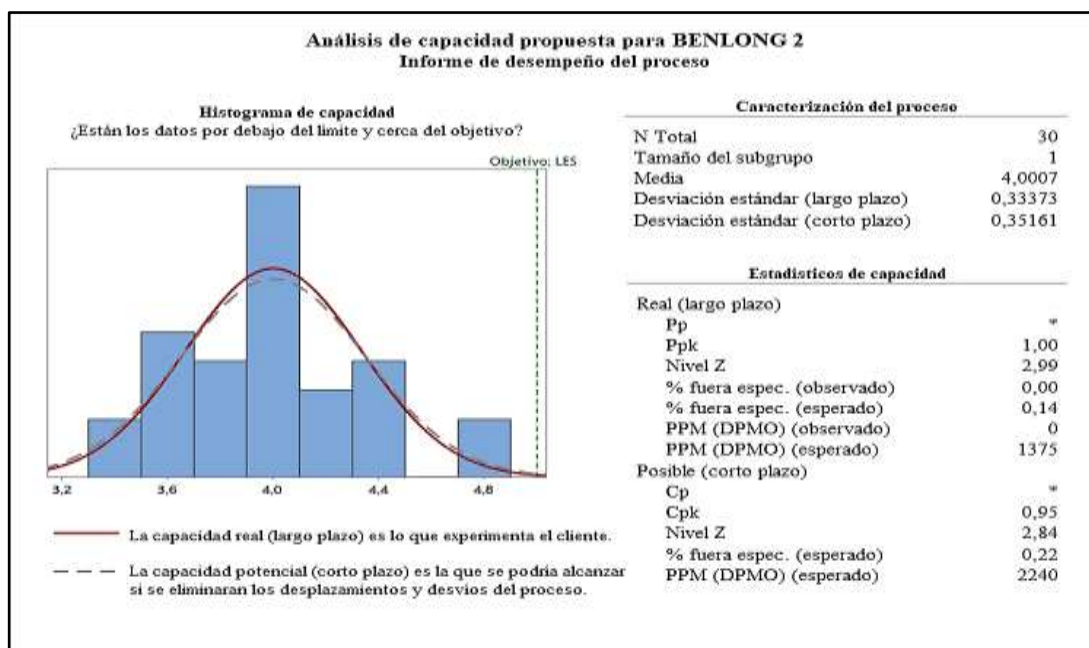


Figura 54. Análisis de capacidad cambio de molde propuesto BENLONG 2 datos FlexSim

Análisis e interpretación

La Figura 54, detalla el análisis de capacidad efectuado a la inyectora BENLONG 2 juntamente con los datos referentes al cambio de molde mejorado con el sistema SMED, de igual forma con la especificación objetivo de 5 minutos, con lo cual se obtuvo un tiempo promedio de ejecución de la actividad de 4,00 minutos con una desviación estándar de 0,33, de igual forma un valor de 2,99 para el nivel Z con lo cual proporciona un 4,49 de nivel sigma, a su vez se destaca que todos los valores se encuentran dentro del rango de la especificación objetivo con un porcentaje del 0% de datos fuera de los límites establecidos, sin embargo, aún se pueden desplegar labores de control para disminuir aún más la variabilidad del proceso ya que el valor de Cpk es de 0,95, reflejando que las mejoras fueron eficientes, finalmente, el nivel sigma de la propuesta planteada es mayor al valor obtenido en el análisis de la situación actual encontrado en la Tabla 51.

Interpretación de la situación actual y la mejora propuesta

Una vez desarrollado el análisis de capacidad de cambio de moldes propuesto para cada maquinaria se estableció la comparación entre las gráficas de control de la situación actual con la del escenario propuesto luego de haber aplicado el sistema SMED, obteniendo los siguientes resultados.

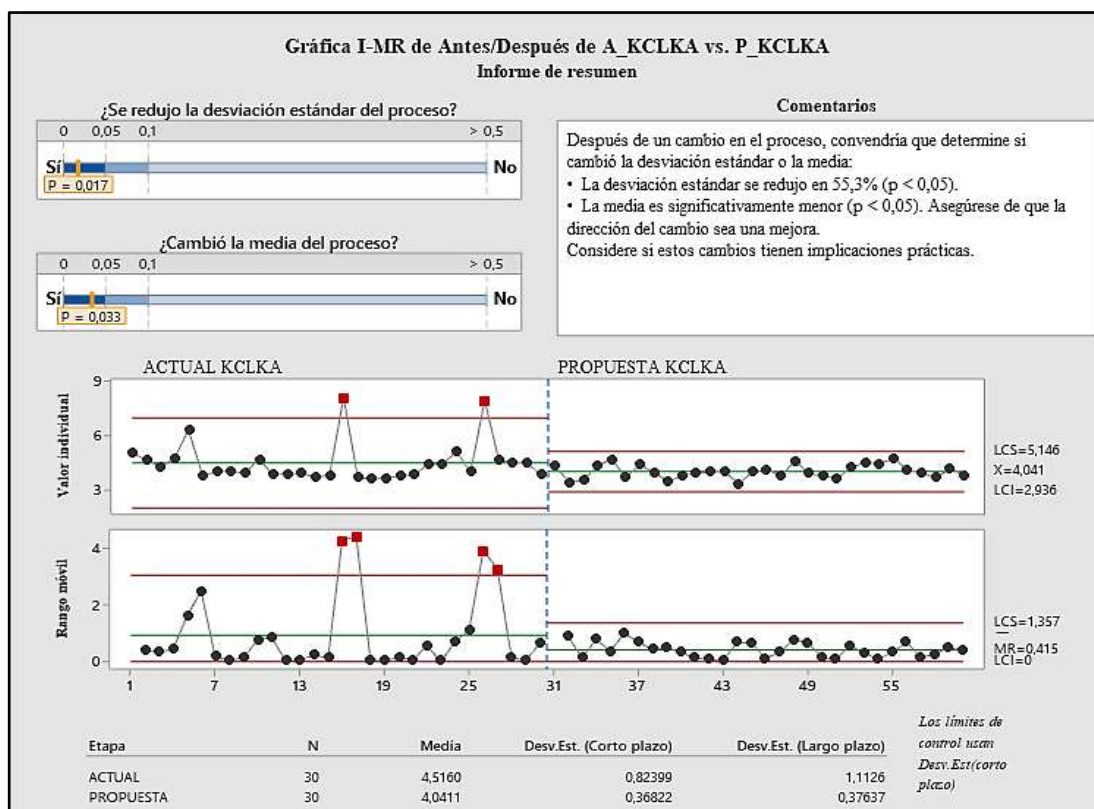


Figura 55. Gráfica de control antes y después para KCLKA

Análisis y discusión

La Figura 55, evidencia la mejora propuesta a través de una comparativa de las gráficas de control individuales entre la situación actual y el ambiente de mejora para la máquina KCLKA, el tiempo promedio de ejecución del cambio de molde de la situación actual es de 4,52 minutos y una desviación estándar real (largo plazo) de 1,11, de igual forma se observa puntos fuera de las restricciones, lo cual genera una variabilidad considerable en el proceso, con el sistema SMED elaborado se puede verificar que la media promedio se redujo a 4,04 minutos con una desviación de 0,38, valores que se encuentran por debajo de la especificación objetivo y de la especificación que la entidad gobierna que haciende a 8 minutos, el conjunto de datos obtuvo una reducción en el tiempo de cambio de molde de 10,42% y un descenso de 64,81% de la desviación estándar, lo cual se sustentó con la gráfica de la propuesta debido a que los datos se encuentran dentro del rango establecido, por tal motivo, se define que la propuesta de mejora contribuye a la minimización de la variabilidad por ende ostentar un proceso básicamente estable.

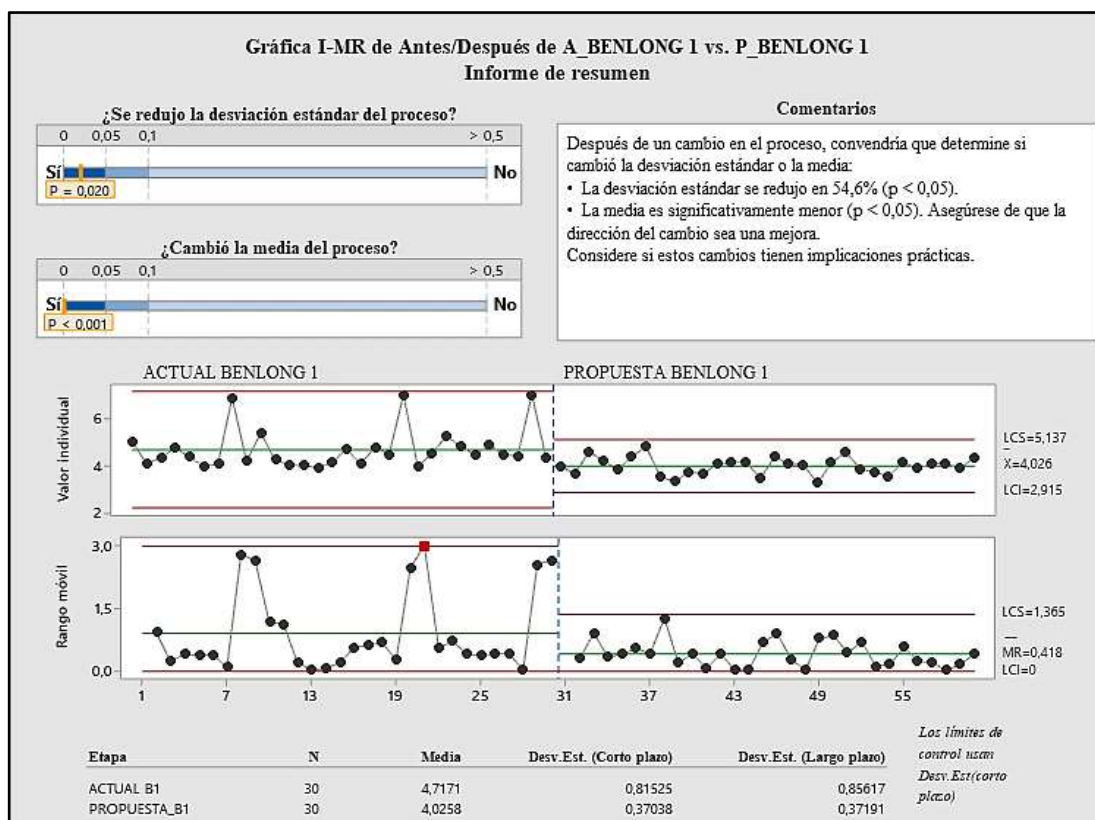


Figura 56. Gráfica de control antes y después para BENLONG 1

Análisis y discusión

La Figura 56, evidenció la mejora propuesta mediante una comparativa de las gráficas de control individuales entre la situación actual y el escenario de mejora para la máquina BENLONG 1, la misma indica que el tiempo promedio de ejecución del cambio de molde de la situación actual fue de 4,72 minutos y una desviación estándar real (largo plazo) de 0,86, de la misma manera se puede observar que existen puntos fuera de las limitaciones lo cual genera una variabilidad considerable en el proceso, con el sistema SMED elaborado se puede verificar que la media promedio se redujo a 4,03 minutos con una desviación de 0,37, valores que se encuentran por debajo de la especificación objetivo y de la especificación que la entidad sostiene en 8 minutos, con lo antes mencionado se obtuvo una reducción en el tiempo de cambio de molde del 14,62% y un descenso del 56,98% de la desviación estándar, lo cual afirmó la gráfica de la propuesta debido a que los datos se encuentran dentro del rango establecido, esto define que la propuesta de mejora contribuye a la minimización de la variabilidad por ende ostentar un proceso básicamente estable.

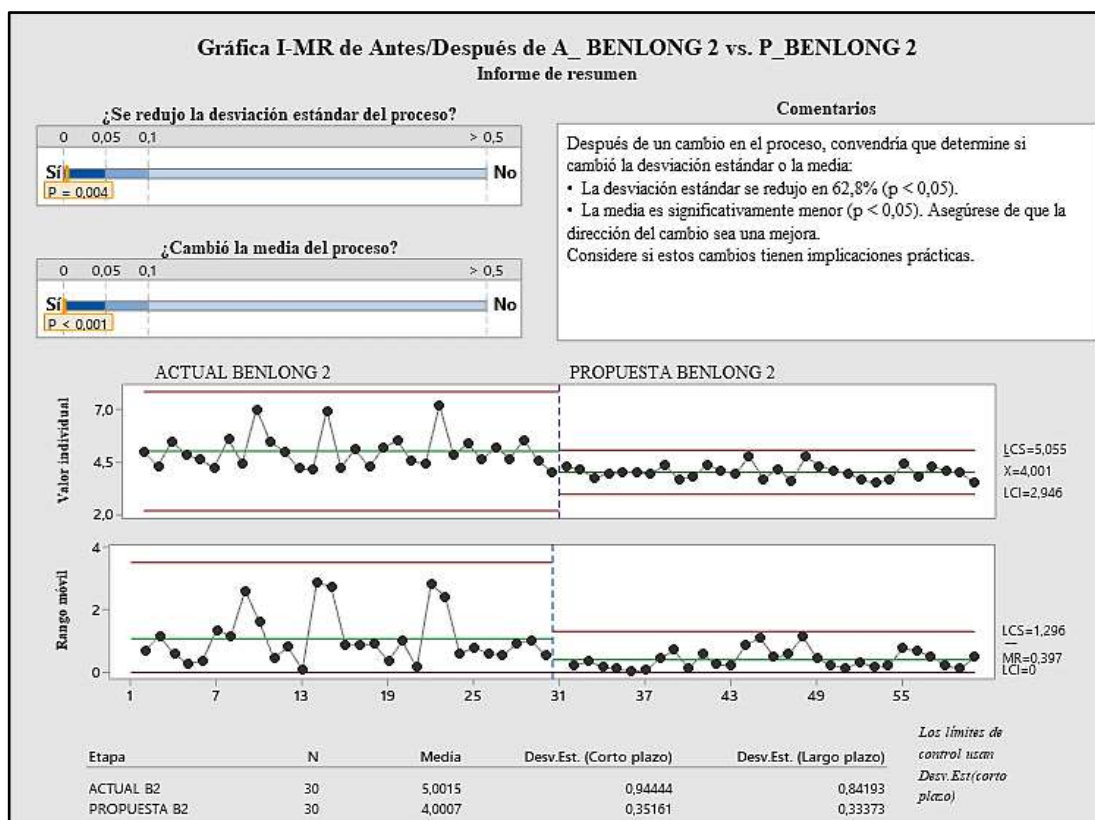


Figura 57. Gráfica de control antes y después para BENLONG 2

La Figura 57, muestra la mejora propuesta mediante una comparativa de las gráficas de control individuales respecto a la situación actual y al escenario de mejora para la máquina BENLONG 2, la misma señala que el tiempo promedio de ejecución del cambio de molde de la situación actual es de 5,00 minutos y una desviación estándar real (largo plazo) de 0,84, de la misma manera se observa que existen puntos fuera de las limitaciones lo cual genera una variabilidad considerable en el proceso, con el sistema SMED elaborado se puede verificar que la media promedio se redujo a 4,00 minutos con una desviación de 0,33, valores que se encuentran por debajo de la especificación objetivo y a su vez de la especificación que la entidad maneja la cual haciendo a 8 minutos, con lo antes mencionado se obtiene una reducción en el tiempo de cambio de molde del 20% y un descenso del 60,71% de la desviación estándar, lo cual se consolida con la gráfica de la propuesta debido a que los datos se encuentran dentro del rango establecido, por tal motivo, se define que la propuesta de mejora contribuye a la minimización de la variabilidad por ende ostentar un proceso básicamente estable.

Una vez reflejado el análisis respecto a las mejoras propuestas para cada máquina, se estableció que en promedio el tiempo de ejecución del proceso de cambios de molde se redujo en un 15,01% lo cual faculta para que los datos se mantengan dentro de los límites determinados, en cuanto a la desviación estándar se minimiza en un promedio del 61,50% valores arrojados en dependencia a los 8 minutos con los que actualmente se maneja la entidad referente al cambio de moldes, de igual manera se rige sobre un proceso actual inestable por varios datos que superan los límites de control que tienen menor frecuencia en la propuesta de mejora ya que los valores encajan en la especificación objetivo que recaen en los 5 minutos.

Resumen de los resultados proporcionados por la simulación

La Tabla 72, muestra el resumen de los resultados obtenidos de la simulación efectuada en FlexSim con los diferentes parámetros tomados a consideración.

Tabla 72. Resumen de los resultados obtenidos mediante la simulación en FlexSim

Parámetro del proceso	Máquina KCLKA				
	Unidad	Actual	Propuesto	Mejora	Estado
Tiempo promedio para el cambio de molde	min	4,52	4,04	-0,48	Reducción
Desviación Estándar	min	1,11	0,38	-0,73	Reducción
Producción Semanal	Pares de suelas	9702	9747	+ 45	Incremento
% de cumplimiento de producción	%	95,68%,	96,12%	+ 0,44 %	Incremento
Cpk	-	0,76	0,87	+ 0,11	Incremento
Nivel Sigma	-	3,32	4,05	+ 0.73	Incremento
Desempeño	%	97,56%	100%	+ 2,44%	Incremento
Valores fuera de especificación	%	2,44%	0%	- 2,44%	Reducción

Tabla 72. Resumen de los resultados obtenidos mediante la simulación en FlexSim (continuación)

Parámetro del proceso	Máquina BENLONG 1				
	Unidad	Actual	Propuesto	Mejora	Estado
Tiempo promedio para el cambio de molde	min	4,72	4,03	- 069	Reducción
Desviación Estándar	min	0,86	0,37	- 0,49	Reducción
Producción Semanal	Pares de suelas	12444	12511	+ 67	Incremento
% de cumplimiento de producción	%	98,61%	99,14%	+ 0,53 %	Incremento
Cpk	-	0,54	0,88	+ 0,34	Incremento
Nivel Sigma	-	3,28	4,12	+ 0,84	Incremento
Desempeño	%	96,28%	100%	+ 3,72%	Incremento
Valores fuera de especificación	%	3,72%	0 %	- 3,72%	Reducción
Parámetro del proceso	Máquina BENLONG 2				
	Unidad	Actual	Propuesto	Mejora	Estado
Tiempo promedio para el cambio de molde	min	5,001	4,001	-1,00	Reducción
Desviación Estándar	min	0,84	0,33	-051	Reducción
Producción Semanal	Pares de suelas	12498	12576	+ 78	Incremento
% de cumplimiento de producción	%	99,03%	99,65%	+ 0,62%	Incremento
Cpk	-	0,58	0,95	0,37	Incremento
Nivel Sigma	-	3,58	4,49	0,91	Incremento
Desempeño	%	98,12 %	100%	1,88	Incremento
Valores fuera de especificación	%	1,88%	0%	1,88%	Reducción

Análisis

Mediante los datos obtenidos sobre el proceso de inyección de suelas de la situación actual y el escenario de mejora realizado en el software FlexSim se definió que, el rendimiento de las 3 máquinas inyectoras mejoraron sustancialmente, reflejando una disminución en el tiempo de cambios de molde, asimismo la desviación estándar con lo cual se reduce la variabilidad obteniendo un proceso estable, además, la producción

aumenta hasta 64 pares de suelas promedio semanalmente por cada una de las inyectoras, en esencia se mejoró el porcentaje de cumplimiento de las órdenes de producción en un 0,53%, de igual forma se logró un incremento en el nivel sigma del proceso con un promedio de 0,83 niveles, en dependencia del límite superior para el cambio de moldes de 8 minutos se obtuvo grandes resultados ya que con el sistema SMED propuesto se estableció la especificación de 5 minutos como tiempo máximo de ejecución.

A continuación, se presenta los beneficios monetarios estimados en relación con los datos adquiridos basados netamente en el aumento de la producción, para el estudio se hizo uso del precio estimado promedio de cada par de suelas, valor correspondiente a \$1,90 generado en la Tabla 16.

Tabla 73. Beneficios monetarios estimados con la mejora propuesta

Parámetros	Inyectora			Total
	KCLKA	BENLONG 1	BENLONG 2	
Aumento de pares por semana	45	67	78	190
Beneficio semanal	\$ 85,50	\$ 127,30	\$ 148,20	\$ 361
Pares producidos durante un año	2160	3216	3744	9120
Beneficio anual	\$ 4104	\$ 6110,40	\$ 7113,60	\$ 17328

Análisis

En la Tabla 73 se observa el beneficio anual de \$17328 dólares de ser el caso que el sistema propuesto sea implementado, se destaca el valor como un estimado que puede variar en el ámbito realista.

3.1.6 Etapa de Control

En la etapa final de la filosofía DMAIC se elaboró los planes, estrategias y métodos que permitirán mantener el sistema de mejora planteado asegurando su estabilidad con el pasar del tiempo, con el objetivo de mitigar y no recaer en los problemas actuales, de esta manera se controla que el proceso de cambios de molde se conserve solidificado y sin superar los límites estandarizados, todo ello involucra provocar cambios en los hábitos de todo el personal que pertenece a la entidad.

Una vez realizado el análisis de mejora y al haber obtenido resultados propicios se propone sistemas de control ante las alteraciones efectuadas para el proceso de cambios de molde, por tal motivo, la Tabla 74, detalla que es necesario tener presente ciertos factores de seguridad y parámetros inevitables para efectuar un seguro, efectivo y correcto cambio de molde.

Tabla 74. Consideraciones para el cambio de molde

Consideraciones para el cambio de moldes	
Ítem	Detalle
1	El operario que va a ejecutar el cambio de molde debe usar necesariamente guantes de seguridad.
2	Debe utilizar botas con punta de acero.
3	Verificar que las herramientas a utilizar se encuentren en buenas condiciones.
4	Se debe parar la rotación de las estaciones cuando se vaya a realizar el desmontaje y posterior montaje del molde.

Planteamiento de un sistema de control de mejora

Debido al objetivo fundamental que persigue la etapa de control se desarrolló un mecanismo en el cual se conservarán parámetros de observación y un sistema con el fin de ostentar un control activo de los mismos, de esta forma ayude a elevar el rendimiento del proceso, a causa de lo antes mencionado se puede utilizar el AMEF (análisis de modo y efecto de fallas) puesto que faculta claramente el encontrar actividades que pueden ser mejoradas con lo cual se eleven los valores de NPR(número de prioridad de riesgo), además, indica si es preciso establecer acciones, asimismo, distingue entradas y salidas claves, técnicas de control y destinar responsables del sistema de control [8].

En la Tabla 75, refleja el plan de control para el proceso de cambios de molde resultante para que perdure en la empresa.

Tabla 75. Plan de control del proceso de cambio de moldes

PLAN DE CONTROL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDES										
Área y/o proceso		Inyección de suelas		Elaborado por		Angel Quisintuña		Revisado por		Sr. Patricio Beltrán
Producto afectado		Suelas para calzado		Aprobado por		Ing. Freddy Lema		Fecha de elaboración		18/5/2022
Proceso	Inspección	Input/Output	Especificaciones	Técnicas de medida	Método de control	Lugar	Responsable	Frecuencia del monitoreo	Tamaño de la muestra	Plan de acción
Cambio de molde	Herramientas de trabajo	Input	Verificar que las herramientas de trabajo se encuentren en óptimas condiciones: taladro inalámbrico con la hexagonal #10, coche transportador de moldes (en el caso de ser implementado).	Inspección visual	Lista de chequeo	Sección inyección de suelas	Líder sección inyección de suelas	Por cada turno	1	Control constante del estado de las herramientas de trabajo
	Estanterías organizadas	Input	Los moldes deben estar debidamente organizados, es decir, ubicados en las zonas determinadas	Inspección visual	Lista de chequeo	Estanterías de moldes	Líder sección inyección de suelas	Por cada turno	1	Control constante de la organización de las estanterías
	Ejecución de actividades	Input	Constatar la ejecución adecuada del cambio de moldes determinada por el sistema SMED.	Inspección visual	Lista de chequeo	Máquinas inyectoras	Líder sección inyección de suelas	Quincenal	3	Control constante de la ejecución de las actividades determinadas
	Tiempo de ejecución del cambio de molde	Input	El tiempo máximo para desarrollar la actividad es de 5 minutos.	Cronómetro vuelta a cero	Gráficas de individuales y rangos móviles I-MR	Máquinas inyectoras	Líder sección inyección de suelas	Quincenal	3	Control constante del tiempo estimado para el cambio de molde

Monitorear el proceso

El monitoreo meticuloso del proceso de cambio de molde se lleva a efecto mediante la ayuda de gráficas de control, las cuales se distinguen por observar y examinar el estado de un proceso durante un período de tiempo, a su vez permite analizar la variabilidad y la dispersión de datos en referencia a una especificación establecida, en nuestro caso 5 minutos.

- Para el control adecuado y minucioso del proceso de cambios de molde se plantea utilizar gráficas de control de muestras individuales y rangos móviles (I-MR), ya que establecen si la variación del proceso se encuentra bajo control o requiere de mejoras, para el análisis de este parámetro el encargado de sección (Líder) debe recabar los tiempos empleados para el cambio de moldes.
- Verificar el orden y estado de las herramientas necesarias para el cambio de moldes, esto se debe desarrollar al iniciar cada turno de trabajo con el propósito de contar con todos los materiales necesarios y de esta manera no incidir en pérdidas de tiempo por búsqueda de herramientas, en el Anexo 21 se visualiza el formato para efectuar la actividad descrita.
- Efectuar controles quincenales acerca del cumplimiento de las actividades propuestas por el sistema SMED, con lo cual se pueda verificar la aplicación del tiempo planteado para el cambio de moldes.
- Se realiza la verificación del orden de las estanterías referente a la organización de los moldes, con la intención de que cada una de las repisas contengan los moldes determinados con lo cual no se reitere en pérdidas de tiempo por la búsqueda del molde de suela a producir, en el Anexo 21 se muestra el formato para realizar esta actividad.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- De acuerdo con el análisis de la situación actual de la empresa “Beltrán Inyecciones” referente al proceso productivo de inyección de suelas dejó en evidencia la existencia de varios factores que están generando desperdicios y tiempos muertos, por ende, los registros diarios de producción justificaron que el incumplimiento promedio de los planes de producción fue del 12%, lo cual fundamentó para señalar que el proceso presenta problemas, por tal motivo, permitió efectuar el respectivo análisis para la definición del problema de mayor relevancia.
- Mediante el estudio realizado, se determinaron los problemas que generan los incumplimientos de los planes de producción siendo en su mayoría las demoras por los cambios de molde y demoras por los cambios de color, además de los fallos repentinos en la maquinaria, los valores obtenidos fueron validados mediante las hojas de producción, estos datos fueron tabulados y mediante un diagrama ABC se determinó las causas potenciales expuestas, haciendo que el estudio se centre en el proceso de cambios de molde ya que obtuvo un total del 73,15%.
- En base a los resultados acerca del análisis estadístico de pérdidas económicas desarrollado en la etapa de definición se evaluó que la empresa en el año 2021 mantuvo una pérdida de \$27.810,30 dólares, debido al tiempo muerto provocado por el cambio de moldes, valor estimado en dependencia al límite estándar propuesto por la empresa de 8 minutos, por tanto, fue necesario una regulación del área de trabajo y el desarrollo de mejoras para disminuir estas pérdidas.
- Por medio de la etapa de medición se constató que el desempeño del proceso de cambios de molde para las tres máquinas inyectoras es inestable ya que posee variabilidad en referencia al cumplimiento del límite estándar

establecido por la entidad, debido a que varios datos superan los parámetros de control obteniendo así un nivel σ promedio de 3,39 y un rendimiento del 97,32%, obtenido como resultado que el proceso es inestable.

- Al determinar las causas raíz de los problemas encontrados mediante un diagrama de causa – efecto (Ishikawa) y a través de un estudio de las 6M's, se estimaron eventos empleados en el Análisis de Modo y Efecto de fallo AMEF, con lo cual se clarificó la mayor cantidad de dificultades refiriéndose a que la empresa no cuenta con herramientas de transporte de moldes, no posee manuales de procedimientos, no existe herramientas de ajuste rápido y a su vez se evidenció la desorganización de los moldes en las estanterías.
- Para estimar una mejora, se plantearon alternativas que logren cumplir con este objetivo, de esta manera se indica la implementación de un taladro atornillador inalámbrico y una mesa elevable hidráulica, además, se elaboró y diseñó un manual de procesos y el etiquetado de moldes y estanterías, por último, el desarrollo del sistema SMED el cual redujo el tiempo estándar de cambios de molde en un 39,38% y un aumento promedio de producción de pares de suelas de 7 pares por cada inyectora y turno de trabajo, destacando que el valor es esencialmente teórico.
- El software FlexSim 2019 como método de simulación del área de trabajo validó las propuestas de mejora planteadas realizando una comparativa entre la situación actual y el escenario de mejora, ratificando la reducción del tiempo empleado para el cambio de moldes obteniendo un proceso comparativamente estable ya que los valores alcanzados se ajustan a los límites de control, por tal razón, el cumplimiento de las órdenes de producción mejoran en un 0,53% incrementando la producción en 64 pares de suelas semanalmente de las tres máquinas inyectoras, adicionalmente los niveles σ aumentaron en promedio 0,83 niveles, lo que provoca un aumento sustancial de pares en la semana de trabajo, ya que el proceso mantiene una mayor estabilidad. La estimación económica para la propuesta de mejora determina que la empresa generaría beneficios de \$17.328,00 anuales puesto que se incrementó la producción de pares de suelas en 7 pares al día, eliminando tiempos muertos sobre los cambios

de molde, asimismo, se efectuó el mecanismo para realizar el respectivo control y monitoreo de las mejoras realizadas con el sistema SMED.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda adquirir una balanza certificada con lo cual se pueda determinar apropiadamente los parámetros idóneos de las suelas.
- Diseñar una herramienta de registros de identificación de problemas que se puedan suscitar en cada turno de trabajo para solucionar problemas que generen pérdidas de tiempos, mejoren la producción y eliminen desperdicios.
- Con la finalidad de incrementar la productividad, calidad y ganancias, es necesario aplicar herramientas de mejora continua, asimismo, una gestión por procesos que faculte mejorar el flujo de la inyección de suelas logrando cumplir con las necesidades del cliente.
- Utilizar el instructivo elaborado para capacitar a los operarios del área de inyección de suelas con el propósito de efectuar de manera adecuada el cambio de moldes.
- En el caso de ser implementada la propuesta de mejora es recomendable verificar periódicamente el cumplimiento de las actividades del sistema SMED.
- Capacitar al personal del área de inyección de suelas en referencia a los parámetros que se deben ingresar para cada modelo de suela, con la intención de reducir el tiempo de preparación de la maquinaria.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

[1] T. A. Osswald, W. Aquite, D. Ramírez, L. Lòpez, J. Puentes, C. Pérez y S. García Rodríguez, «Retos en la industria de procesamiento de plásticos y compuestos,» Dyna, vol. 79, n° 175, pp. 20-28, 2012.

[2] E. J. Corazza, C. M. Sacchelli y C. Marangoni(, «Reducción del tiempo de ciclo de inyección de termoplásticos con el uso de moldes con tratamiento superficial por nitruración,» Scielo, vol. 23, n° 3, pp. 51-58, 2012.

[3] J. López Corrella, S. Hernández Ruiz, I. Vázquez Cuevas y M. Herrera Velarde, «Monitoreo del proceso de moldeo por inyección de plásticos de la máquina BOY 25D utilizando LabVIEW y la tarjeta de adquisición de datos NI USB6009,» Revista de Innovación Sistemática, vol. 1, n° 3, pp. 47-53, 2017.

[4] J. C. Durán Ocaña, «Análisis Lean Six Sigma en el proceso de producción de botas de policloruro de vinilo en la empresa milboots de la ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.

[5] D. P. López Figueroa, «Diseño de un sistema de control de calidad aplicado al proceso de inyección de plásticos,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2019.

[6] F. G. Calispa Luje, «Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción de lámina de caucho para la fabricación de suelas de calzado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua”,» Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, 2013.

[7] O. G. Llumitasig Tipantuña y J. E. Paredes Caiza , «Estudio de tiempos y movimientos en la elaboración de suelas para calzado en la empresa PREPLAST,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2019.

[8] O. E. Pilla Yanzapanta, «Mejora de calidad en los procesos productivos aplicando la metodología Six Sigma en la empresa Metálicas Pillapa,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.

- [9] J. Bermúdez Hernández, L. M. Betancurt Lopera y J. C. Muñoz Carreño, «Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio,» ESPACIOS, vol. 37, n° 9, pp. 9-12, 2016.
- [10] L. B. Abril Flores, «Análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [11] C. Cuggia Jiménez, E. Orozco Acosta y D. Mendoza Galvis, «Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos,» Información tecnológica, vol. 31, n° 5, pp. 14-27, 2020.
- [12] C. C. Castro Pérez y A. J. Gallardo Martel, «Propuesta de mejora aplicando herramientas de manufactura esbelta para reducir los costos operacionales de manufactura de calzado Handy Shoes,» Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2020.
- [13] G. J. Encalada Tenorio, J. Gaibor Gaibor, I. d. P. Gómez Murillo y M. G. Acosta Roby, «Calidad y productividad en los diferentes procesos de Six–Sigma,» FIPCAEC, vol. 5, n° 4, pp. 181-189, 2020.
- [14] J. N. Malpartida Gutierrez, D. Olmos Saldivar, S. M. Quiñones Chumacero, M. J. Ledesma Cuadros, G. García Curo y J. R. Diaz Dumont, «Estrategia de mejora de procesos SixSigma aplicado a la industria textil,» Ipha Centauri, vol. 2, n° 3, pp. 72-90, 2021.
- [15] B. V. Coyago Brito, «Mejora de la productividad en la empresa de calzado Ludwingfer con herramientas de manufactura esbelta,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [16] N. Marmolejo, A. M. Mejía, I. G. Pérez Vergara, M. Caro y J. Rojas, «Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones,» Ingeniería Industrial, vol. 37, n° 1, pp. 24-35, 2016.
- [17] D. R. Altamirano Arroba, «Manufactura esbelta para disminuir desperdicios en montaje de calzado cementado,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.

- [18] R. I. Yépez Moreira, «Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la reducción de desperdicio,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [19] W. I. Vilema Endara, «Modelo de gestión en el proceso de montaje de las industrias de manufactura de calzado de cuero a través de la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED),» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [20] G. E. Pérez Alvarado, «Mejoramiento de la productividad aplicando herramientas de manufactura esbelta en la empresa textil andy tex en la ciudad de AMBATO,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [21] A. A. Romero, «Las 7 “MUDAS” en fabricación,» AAR, 2014.
- [22] D. T Jones y J. P Womack, Lean Thinking, Cataluña: Gestion 2000, 2012.
- [23] A. Analuiza Maiza, «Análisis de fallas en el proceso productivo de harina de trigo mediante herramientas de control de calidad en la empresa “Molinos Miraflores S.A.”,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [24] R. Garza Ríos, C. González Sánchez, E. Rodríguez González y C. Hernández Asco, «Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio,» e Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, vol. 22, pp. 19-35, 2016.
- [25] E. Pérez López y M. García Cerdas, «Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal,» Tecnología en marcha, vol. 27, nº 3, pp. 88-106, 2014.
- [26] M. Pérez Castañeda y L. P. León Salazar, «DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas,» Reaxion, vol. 1, nº 2, 2017.
- [27] C. Mayorga Abril, L. M. Mantilla, M. Ruiz Guajala y M. Moyolema Moyolema «Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: caso empresa MABELYZ,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.

- [28] D. Torres, «fulfillment,» 30 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://e-ful.com/soluciones-ecommerce/proceso-productivo-cuales-son-sus-fases/>. [Último acceso: 14 Septiembre 2021].
- [29] R. Macías Acosta, A. León Resendi y C. I. Limón Lozano, «Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana,» *Revista Academia & Negocios*, vol. IV, n° 2, pp. 83-94, 2019.
- [30] E. Centeno Marín y G. Núñez Miraval, «Propuesta de distribución del almacén de la empresa Maquinarias para la mejora en el almacenamiento de los repuestos,» Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2020.
- [31] C. X. Cacuango Buitrón, «Análisis de fallas mediante metodología Six Sigma en el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir en la empresa El LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [32] H. González y C. A. Escobar Prado, «Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos,» *Lumen Gentium*, vol. 5, n° 2, pp. 119-134, 2020.
- [33] L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*, Barcelona: Marge Books, 2015.
- [34] D. D. Burgasí Delgado, D. V. Cobo Panchi, K. T. Pérez Salazar, R. L. Pilacuan Pinos y M. B. Rocha Guano, «El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años,» *Revista electrónica TAMBARA*, vol. 14, n° 84, pp. 1212-1230, 2021.
- [35] J. Chávez Medina, N. A. Santiesteban López, J. L. Carmona Silva y I. Múñiz Montero, «Efecto del mantenimiento industrial, maquinaria y equipo, mano de obra, métodos de trabajo y materia prima con respecto al nivel de Six Sigma en una Pyme: Caso bloquera medina del municipio de San Pedro Cholula, Puebla,» *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 2, n° 6, pp. 34-44, 2018.

- [36] R. Carro Paz y D. González Gómez, Control estadístico de procesos, Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2012.
- [37] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y Seis Sigma, México: McGRAW-HILL, 2009.
- [38] A. E. Ocaña Navarrete, «Plan para la mejora de la calidad a través del control de fallos del proceso productivo de tela jersey en la empresa JHONATEX,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [39] «Aiteco.com,» Qué es un Diagrama de Flujo de Proceso o Flujograma, 23 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>. [Último acceso: 12 Octubre 2021].
- [40] B. Salazar Lopez, «IngenieríaIndustrialOnline.com,» 20 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>. [Último acceso: 14 Septiembre 2021].
- [41] N. R. Poaquiiza Rivera, «Estudio del estado actual de máquinas y equipos del área de inyección de accesorios de PVC de la empresa HOLVIPLAS S.A. a través de los registros de falla mediante la ley de Weibull,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [42] C. U. Ramírez Núñez, «Aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo ciclo de un cambio de molde de inyección de un componente de un HVAC,» Universidad Autónoma del Estado de México, México, 2017.
- [43] L. J. Becerra Santos y L. W. Oscanoa Zacarías, «Modelo de mejora de proceso productivo para incrementar la eficiencia en pymes del sector calzado en Perú aplicando 5s, SMED, TPM y estandarización de trabajo,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020.
- [44] M. A. Díaz Martínez, R. Zárate Cruz y R. V. Román Salinas, «Simulación con Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba,» Científica, vol. 22, n° 2, pp. 97-104, 2018.

- [45] K. E. Pérez Tonato, «Modelo de simulación para medir la productividad en el proceso de elaboración de calzado de la empresa STROCALZA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [46] A. B. Domínguez Echeverría, «Aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado de la empresa ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [47] J. Sangolquiza Allauca., «Estudio de tiempos y movimientos en las áreas de atención al cliente de la cooperativa de ahorro y crédito OSCUS LTDA.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [48] «Addlink Software Científico,» 10 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.addlink.es/productos/minitab-statistical-software#:~:text=Minitab%20es%20una%20herramienta%20inform%C3%A1tica,software%20de%20an%C3%A1lisis%20para%20poder.> [Último acceso: 29 Enero 2022].
- [49] P. E. Casa Chiluisa, «El Software Minitab 16 como herramienta de análisis de los datos estadísticos para mejorar la enseñanza aprendizaje en los alumnos de la carrera de ingeniería comercial en el período 2014,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2016.
- [50] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, México, 6ta Ed.: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [51] P. G. Mosquera Guamanquispe, «Manufactura Esbelta para el mejoramiento en la planta de producción de la empresa BIOALIMENTAR COMPAÑÍA LIMITADA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [52] H. Felizzola Jiménez y C. Luna Amaya, «Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico,» Revista chilena de ingeniería, vol. 22, n° 2, pp. 263-277, 2014.
- [53] Lean Six Sigma Institute, SC, Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, Barcelona: Marge Books, 2015.

- [54] A. E. Quintana, M. V. Pisani y R. N. Casal, «Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos Weibull en mantenimiento,» Ingeniería, Investigación y Tecnología, vol. 16, n° 1, pp. 143-156, 2015.
- [55] J. A. Márquez Ponce, «Análisis de modo, efecto y fallo en el proceso de producción del café neekuun coffee en Huatusco, Veracruz,» Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, 2020.
- [56] M. V. Pilco Núñez, «Control estadístico de calidad de los procesos productivos mediante la metodología Six Sigma en la empresa carrocera PATRICIO CEPEDA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [57] C. A. Rivera Barriga, «Análisis de variabilidad en la elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología six sigma en la empresa “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [58] D. A. Domínguez Castro, «Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de la empresa CEPESA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [59] S. G. Guaraca Guaraca, «Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica FRENOS AUTOMOTRICES EGAR S.A.,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2015.
- [60] D. S. Aldás, M. P. Barrionuevo Zurita, N. d. J. Portalanza Molina y L. P. Tierra Pérez, «Análisis de los tiempos de preparación para la reducción de desperdicios en el proceso de troquelado. Caso aplicado industria de calzado.,» INNOVA Research Journal, vol. 3, n° 10, pp. 149-160, 2018.
- [61] «Alibaba.com,» 24 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/kclka-automatic-rotary-plastic-one-color-shoe-direct-injection-molding-machine-pvc-crystal-shoe-machine-60371397425.html>. [Último acceso: 26 Enero 2022].

- [62] Wenzhou Benlong Machinery Co. Ltd., «Chinabenlong.com,» 10 Agosto 2018. [En línea]. Available: http://www.chinabenlong.com/product_view.asp?Menuid=2&id=4528. [Último acceso: 2 Febrero 2022].
- [63] O. Reyes, R. Espinosa y R. Olvera, «Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos,» Congreso Internacional de Investigación de Celaya, vol. 5, n° 3, pp. 2919-2924, 2013.
- [64] J. D. Mosquera Artamonov, I. Artamonova y J. C. Mosquera, «Diagnóstico del proceso de inspección mediante índices de capacidad,» Revista chilena de ingeniería, vol. 22, n° 1, pp. 53-61, 2014.
- [65] J. Barrera Cobos, «Implementación de una carta de control para corridas cortas en la industria de autopartes,» Ingeniería, vol. 21, n° 1, pp. 97-107, 2016.
- [66] C. T. Flores Tapia y K. L. Flores Cevallos, «Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov,» Societas, vol. 23, n° 2, pp. 83-97, 2021.
- [67] L. M. Restrepo Tamayo, «Cartas de control para optimizar el proceso de pintura de láminas de aluminio,» Espacios, vol. 39, n° 22, pp. 34-40, 2018.
- [68] R. A. Castillo Morán, «Reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de preformas de la compañía plásticos TEAM S.A.S.,» Universidad de San Buenaventura, Santiago de Cali, 2017.
- [69] F. N. Delgado Moreno y P. Rueda Forero, «Medición de la calidad por medio de niveles sigma para monitorear el mejoramiento de procesos organizacionales controlados por ISO 9001,» EIA, vol. 16, n° 31, pp. 225-239, 2019.
- [70] C. A. Pilco Nuñez, «Técnica SMED para la reducción de tiempos en el proceso de lavado de jeans de la Empresa ECUATINTEX,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [71] «EL UNIVERSO,» 21 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/que-es-la-alianza-del-pacifico-y->

por-que-seria-importante-para-la-economia-del-ecuador-nota/. [Último acceso: 18 Diciembre 2021].


[72] M. Pastor, «teleSURtv.net,» 25 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.telesurtv.net/opinion/Ecuador-en-la-Alianza-del-Pacifico-una-apuesta-al-neoliberalismo-regional-20180725-0002.html>. [Último acceso: 19 Diciembre 2021].

[73] «Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de la empresa CEPESA,» 2020.

ANEXOS

Anexo 1.- Ficha de recolección de datos

Tabla 76. Ficha de recolección de datos

				
Levantamiento de información				
Proceso:		Elaborado por:		
Área:		Fecha de elaboración		
Ítem	Actividades	Maquinaria	Herramientas	Personal
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Evidencias:				

Anexo 3.- Registro de producción diaria (Operario)

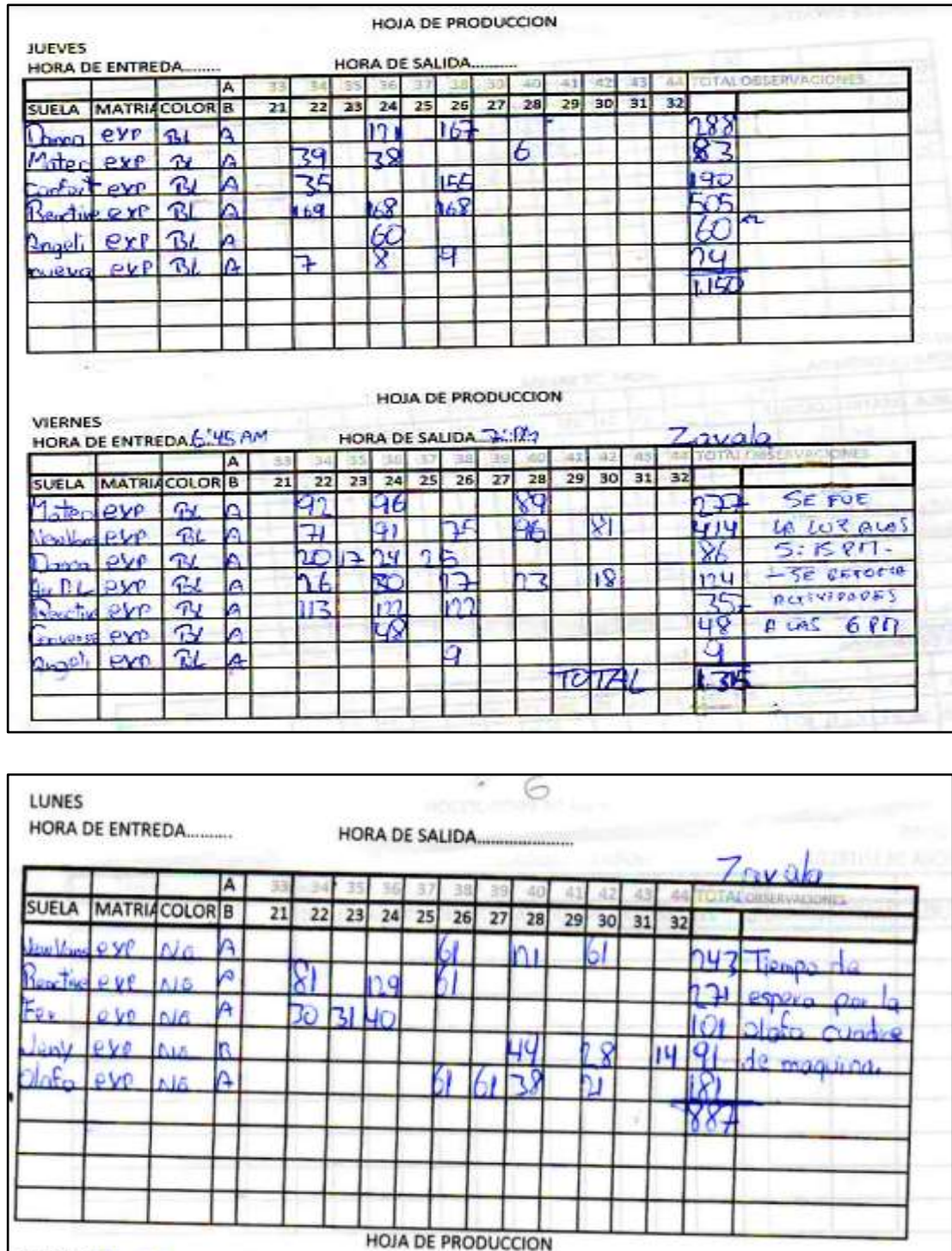



Figura 59. Registro de producción diaria realizada por cada operario

Anexo 4.- Lluvia de ideas

Tabla 77. Lluvia de ideas para el incumplimiento de la producción

FORMATO LLUVIA DE IDEAS	
	
Problema: Incumplimiento de la producción	
Área: Inyección de suelas	
Elaborado por: Quisintuña Angel	
N°-	Ideas
1	Fallos propios de la maquinaria.
2	Calibración errónea de la temperatura de inyección
3	Programación inadecuada de la carga, y tiempo de enfriamiento.
4	Mala calibración del tiempo de espera de inyección.
5	Demoras por cambios de moldes.
6	Demoras por cambios de color.
7	Fallas en el cañón de inyección.
8	Falta de material.
9	No se registran las demoras que existen en el proceso.
10	Falta de experiencia.
11	No existen manuales de procedimientos.
12	Mala ubicación de los moldes en las estaciones de trabajo.
13	No retirar en su totalidad las rebabas del molde.
14	No percatarse del abastecimiento del material a la tolva.
15	Defectos en la materia prima.
16	Velocidad de inyección inapropiada.
17	No cuenta con un registro de cambios de molde y el tiempo que se emplea para realizar la tarea.
18	Demoras por cambios de material.

Anexo 5.- Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.

Tabla 78. Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

EFECTO	CRITERIOS	PUNTUACIÓN
Peligroso sin aviso	Operario: muy alto de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.	10
Peligroso con aviso	Operario: muy alto de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.	9
Muy alto	Operario: el producto o la parte son insoportables, debido a la pérdida de su función primaria. Proceso: el 100% de la producción puede tener que ser desechada o reparada en un tiempo mayor a una hora.	8
Alto	Operario: el producto/parte operable, pero con bajo nivel de desempeño. Proceso: el producto tiene que ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo entre 30 y 60 minutos.	7
Moderado	Operario: el producto/parte operable, pero con dispositivos de confort/conveniencia inoperable. Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser desechada sin clasificación o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo de media hora.	6
Bajo	Operario: el producto/parte soportable, pero con dispositivos de comodidad/conveniencia operada en un nivel reducido de desempeño. Producto: el 100% del producto puede tener que ser retrabajado o el producto/parte reparado fuera de la línea, pero no tiene que ir al departamento de reparaciones.	5
Muy bajo	Operario: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan las no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (más del 75%). Proceso: el producto puede tener que ser clasificado sin desperdicios y una porción (menos del 100%)	4

Menor	Operario: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan las no conformidades. El defecto lo notan 50% de los clientes. Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea, pero fuera de la estación.	3
Mínimo	Operario: Operario: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan las no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (menos del 25%). Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea, pero en la estación.	2
Ninguno	Operario: sin efecto apreciable para el cliente. Ligeros inconvenientes de operación o para el operador. Proceso: sin efecto para el proceso.	1

Anexo 6.- Criterios del índice de la ocurrencia de las causas potenciales de falla.

Tabla 79. Criterios del índice de la ocurrencia de las causas potenciales de falla

Probabilidad de ocurrencia de la causa que provoca la falla	Tasa de falla	Puntuación
Muy alta	>100 por cada mil piezas	10
Fallas persistentes	50 por cada mil piezas	9
Alta	20 por cada mil piezas	8
Fallas frecuentes	10 por cada mil piezas	7
Moderada	5 por cada mil piezas	6
Fallas ocasionales	2 por cada mil piezas	5
	1 por cada mil piezas	4
Baja	0.5 por cada mil piezas	3
Relativamente pocas fallas	0.1 por cada mil piezas	2
Remota: la falla es improbable	0.01 por cada mil piezas	1

Anexo 7.- Criterios para estimar la probabilidad de detección de los modos de falla


Tabla 80. Criterios para estimar la probabilidad de detección de los modos de falla

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa (error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorias aleatorias)	9	Muy remota
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos.	7	Muy baja
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos.	6	Baja

Detección del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detecta en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes.	5	Moderada
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procede posteriormente.	4	Moderadamente alta
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes y bloquean la parte para prevenir el que no se procede posteriormente.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa (error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepante.	2	Muy alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa (error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la maquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura

Anexo 8.- Formato para el registro de tiempos

Tabla 81. Formato para el registro de tiempos

REGISTRO DE TIEMPOS				
Actividad:	Cambio de molde	Elaborado por:	Quisintuña Angel	
Área:	Inyección de suelas	Producto:		
N°-	Operario	Tiempo	Máquina	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Anexo 9.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina KCLKA

Tabla 82. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina KCLKA

Dato	Operario	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
1	Líder turno 1	304,06	5,07
2	Líder turno 1	280,40	4,67
3	Líder turno 1	259,19	4,32
4	Líder turno 1	284,55	4,74
5	Operario turno 1	380,22	6,34
6	Líder turno 1	230,93	3,85
7	Líder turno 1	241,14	4,02
8	Líder turno 1	244,20	4,07
9	Líder turno 1	237,09	3,95
10	Líder turno 1	283,01	4,72
11	Líder turno 1	232,40	3,87
12	Líder turno 1	233,77	3,90
13	Líder turno 1	237,51	3,96
14	Líder turno 1	223,56	3,73
15	Líder turno 1	230,81	3,85
16	Operario turno 1	486,47	8,11
17	Líder turno 1	222,66	3,71
18	Líder turno 1	218,85	3,65
19	Líder turno 1	220,29	3,67
20	Líder turno 1	229,48	3,82
21	Líder turno 1	232,90	3,88
22	Líder turno 2	265,95	4,43
23	Líder turno 2	267,00	4,45
24	Líder turno 2	308,44	5,14
25	Líder turno 2	241,80	4,03
26	Operario turno 2	476,61	7,94
27	Líder turno 1	281,08	4,68
28	Líder turno 1	272,52	4,54
29	Líder turno 1	269,75	4,50
30	Líder turno 1	232,09	3,87
31	Líder turno 1	234,31	3,91
32	Líder turno 2	232,71	3,88
33	Líder turno 2	209,39	3,49
34	Líder turno 2	250,18	4,17
35	Operario turno 2	431,15	7,19
36	Líder turno 2	313,19	5,22
37	Líder turno 1	260,18	4,34
38	Líder turno 1	238,89	3,98
39	Operario turno 1	413,28	6,89
40	Líder turno 1	251,13	4,19
41	Líder turno 1	255,18	4,25

Anexo 10.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 1

Tabla 83. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 1

Dato	Operario	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
1	Líder turno 1	303,27	5,05
2	Líder turno 1	247,40	4,12
3	Líder turno 1	262,19	4,37
4	Líder turno 1	287,25	4,79
5	Líder turno 1	264,30	4,41
6	Líder turno 1	240,33	4,01
7	Líder turno 1	246,14	4,10
8	Operario turno 1	414,22	6,90
9	Líder turno 1	254,09	4,23
10	Líder turno 1	325,01	5,42
11	Líder turno 1	256,77	4,28
12	Líder turno 1	243,77	4,06
13	Líder turno 1	242,21	4,04
14	Líder turno 1	237,57	3,96
15	Líder turno 1	250,02	4,17
16	Líder turno 1	284,34	4,74
17	Líder turno 1	246,66	4,11
18	Líder turno 1	287,94	4,80
19	Líder turno 1	271,29	4,52
20	Operario turno 1	420,69	7,01
21	Líder turno 1	239,66	3,99
22	Líder turno 1	273,39	4,56
23	Líder turno 1	316,78	5,28
24	Líder turno 1	292,01	4,87
25	Líder turno 2	269,10	4,49
26	Líder turno 2	294,87	4,91
27	Líder turno 2	269,89	4,50
28	Líder turno 2	267,48	4,46
29	Operario turno 2	421,33	7,02
30	Líder turno 2	260,86	4,35
31	Líder turno 2	252,76	4,21
32	Operario turno 2	401,15	6,69
33	Líder turno 2	249,49	4,16
34	Líder turno 1	257,85	4,30
35	Líder turno 1	253,49	4,22
36	Operario turno 1	426,04	7,10
37	Líder turno 1	254,41	4,24
38	Líder turno 1	281,35	4,69
39	Líder turno 1	303,86	5,06
40	Operario turno 1	369,60	6,16
41	Líder turno 1	261,98	4,37

Anexo 11.- Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 2

Tabla 84. Datos de los tiempos de cambio de molde máquina BENLONG 2

Dato	Operario	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
1	Líder turno 1	297,90	4,97
2	Líder turno 1	257,49	4,29
3	Líder turno 1	326,97	5,45
4	Líder turno 1	291,57	4,86
5	Líder turno 1	275,09	4,58
6	Líder turno 2	253,33	4,22
7	Líder turno 2	334,14	5,57
8	Líder turno 2	265,20	4,42
9	Operario turno 2	421,22	7,02
10	Líder turno 2	326,14	5,44
11	Líder turno 1	298,77	4,98
12	Líder turno 1	250,77	4,18
13	Líder turno 1	246,21	4,10
14	Operario turno 1	416,69	6,94
15	Líder turno 1	253,02	4,22
16	Líder turno 1	305,57	5,09
17	Líder turno 1	254,66	4,24
18	Líder turno 1	308,94	5,15
19	Líder turno 1	330,85	5,51
20	Líder turno 1	272,04	4,53
21	Líder turno 1	263,52	4,39
22	Operario turno 1	431,33	7,19
23	Líder turno 1	287,56	4,79
24	Líder turno 1	322,58	5,38
25	Líder turno 1	275,30	4,59
26	Líder turno 1	311,22	5,19
27	Líder turno 1	278,95	4,65
28	Líder turno 1	332,98	5,55
29	Líder turno 1	271,87	4,53
30	Líder turno 1	240,86	4,01
31	Líder turno 1	271,76	4,53
32	Líder turno 1	267,49	4,46
33	Operario turno 1	398,15	6,64
34	Líder turno 1	266,85	4,45
35	Líder turno 2	270,49	4,51
36	Líder turno 2	305,86	5,10
37	Operario turno 2	429,04	7,15
38	Líder turno 2	283,35	4,72
39	Líder turno 2	262,41	4,37
40	Líder turno 2	298,23	4,97
41	Líder turno 2	260,98	4,35

Anexo 12.- Herramientas usadas para el cambio de molde

Tabla 85. Herramientas usadas para el cambio de molde

Herramientas usadas para el cambio de molde	
Estanterías de moldes	
	
	
<p>Existen varias estanterías de moldes cada una de ellas destinada específicamente para cada máquina inyectora, cabe mencionar, que ciertos operarios colocan los moldes en lugares no apropiados lo que provoca que exista una desorganización en las estanterías.</p>	
Hexagonales	
	
<p>Cuando la rosca del molde se desgasta es necesario utilizar una hexagonal que encaje con la rosca desgastada, siempre y cuando sea factible, caso contrario se envía el molde a restaurar su rosca.</p>	

Anexo 13.- Cotización de precios

Tabla 86. Cotización del precio para la mesa hidráulica elevadora


Mesa Hidráulica Elevadora 150kg Marca Bp				
				
Producto	Características	Cantidad	Costo Unidad	Total
Mesa elevable hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 150KG • Altura máx.: 94 CM • Pistón: Hidráulico • Mecanismo tipo tijera. • Altura regulable para más comodidad. • Chasis fijo. • Con ruedas giratorias para mejor movilidad. • Pistón reforzado para mayor vida útil 	2	\$ 363,20	\$ 726,40
<p>Nota: El artículo es cotizado mediante la plataforma virtual Mercado Libre Ecuador.</p>				

Tabla 87. Cotización del precio para el taladro percutor atornillador inalámbrico

Taladro Percutor Atornillador Inalámbrico Dewalt				
				
Producto	Características	Cantidad	Costo Unidad	Total
Taladro percutor atornillador inalámbrico 1/2" (13 mm) 20v	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del mandril: 1/2" (13 mm) • Velocidad: 0-500 / 0-1750 RPM • Potencia: 340 UWO • Torque: 65 Nm • Luz led: Si • Golpes por minuto: 0-8500 / 0-29750 • Motor sin carbones (BRUSHLESS) es 17% más eficiente que un motor con carbones. • Mandril de ajuste rápido permite cambio de accesorios con mayor facilidad. • Función atornilladora con 15 posiciones de torque. 	2	\$ 115	\$ 230
Nota: El artículo es cotizado mediante la plataforma virtual Mercado Libre Ecuador.				

Anexo 14.- Diagrama de recorrido del cambio de moldes

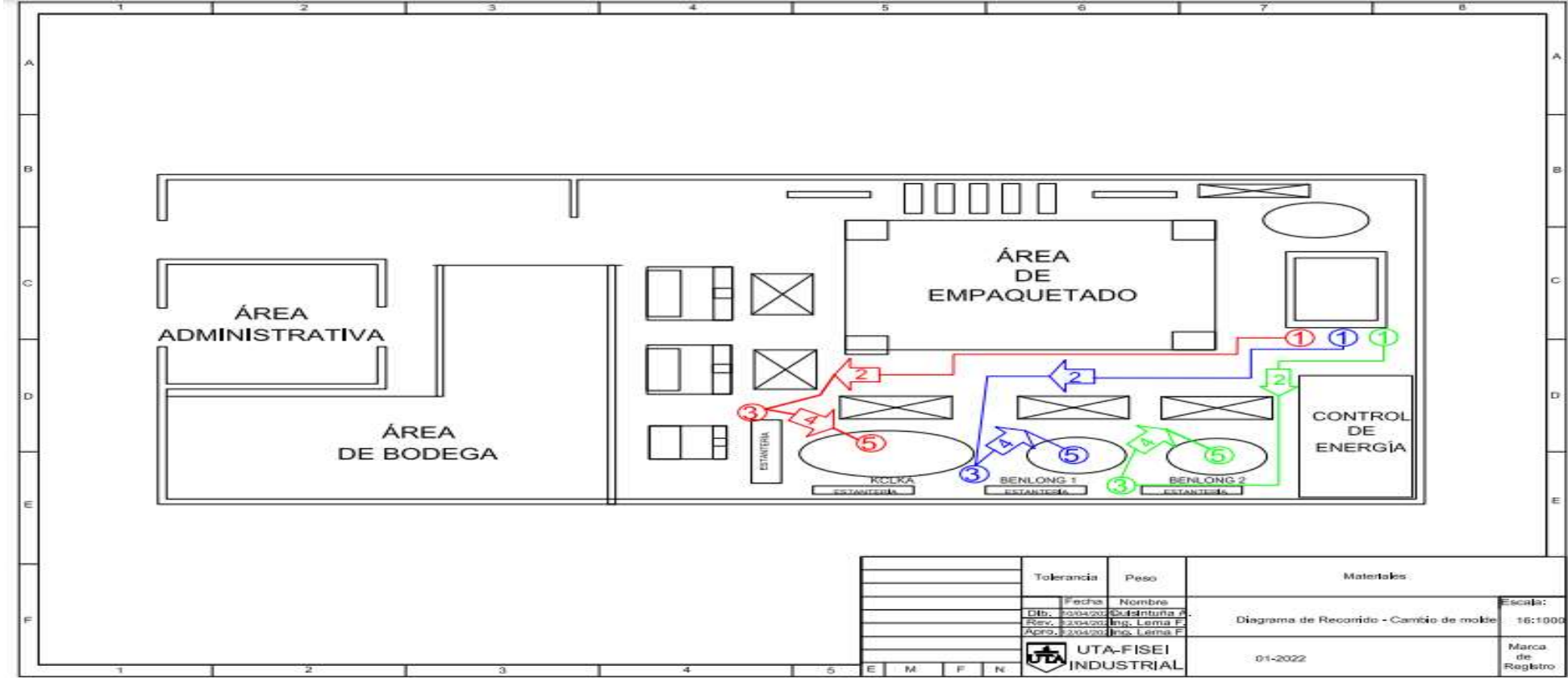


Figura 60. Diagrama de recorrido del cambio de moldes

Anexo 16.- Tiempos de mejora con SMED

Tabla 88. Tiempos de mejora con SMED

N.	Descripción	Muestras (s)											Desempeño		TS(s)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TN(s)	Sulp.	FD	
2	Tomar la herramienta hexagonal	1,09	1,03	1,26	1,09	1,27	1,16	1,15	1,03	1,04	1,15	1,13	0,38	1	1,56
3	Dirigirse a la estantería de los moldes	9,15	8,45	9,56	9,09	9,16	9,17	8,37	8,12	9,41	9,57	9,01	0,38	1	12,43
4	Buscar el molde que se requiera	40,23	48,61	53,07	38,09	42,87	49,12	44,12	41,23	46,89	46,09	45,03	0,38	1	62,14
5	Recoger el molde de la estantería	4,65	4,26	4,43	4,26	4,03	4,21	4,27	4,41	4,09	4,98	4,36	0,38	1	6,02
6	Transportar el molde hacia la inyectora	5,31	5,38	5,18	5,56	5,81	5,42	5,48	5,51	5,54	5,43	5,46	0,38	1	7,54
7	Colocar el molde en el piso (junto a la inyectora)	1,67	1,51	2,24	2,26	1,83	1,83	1,78	1,92	2,49	1,67	1,92	0,38	1	2,65
8	Seleccionar la estación en la cual colocar el molde	27,64	27,76	26,12	27,59	26,41	27,73	25,83	24,71	25,52	26,83	26,61	0,38	1	36,73
9	Desajustar el perno del molde actual con la hexagonal	5,86	5,84	5,18	5,92	5,97	5,42	5,97	5,33	5,12	5,84	5,65	0,38	1	7,79
10	Retirar el molde y colocarlo en el piso	2,51	3,76	2,48	2,56	2,67	2,44	2,68	2,97	2,46	2,92	2,75	0,38	1	3,79
11	Levantar y colocar el nuevo molde en la estación	2,22	2,35	2,23	2,24	2,42	3,07	3,17	3,04	2,59	2,34	2,57	0,38	1	3,54
12	Verificar la alineación y posición del molde	2,25	2,75	2,78	2,87	2,67	2,82	2,77	3,98	2,48	2,78	2,82	0,38	1	3,88
13	Ajustar el perno del molde con la hexagonal	10,02	10,25	10,10	10,61	10,16	9,02	9,23	9,12	9,81	9,62	9,79	0,38	1	13,52
14	Verificar que el molde esté correctamente colocado	5,23	5,19	5,19	5,62	5,21	6,22	5,98	5,83	5,65	5,01	5,51	0,38	1	7,61
15	Dirigirse al tablero de control	2,12	2,09	2,01	1,92	2,48	2,31	1,56	1,94	1,78	1,24	1,95	0,38	1	2,68
16	Colocar los parámetros adecuados para el molde instaurado	14,16	14,11	14,56	15,71	14,42	14,35	14,28	15,27	14,37	14,70	14,59	0,38	1	20,14
17	Iniciar la producción de ese modelo de suela	4,12	4,21	4,65	4,08	3,48	4,67	3,83	4,83	4,70	3,45	4,20	0,38	1	5,80
18	Comprobar que la suela se esté inyectando de manera normal	35,40	34,84	37,33	26,12	34,38	36,82	25,51	34,79	34,78	28,38	32,84	0,38	1	45,31

Anexo 17.- Estudio de la capacidad de producción de las máquinas inyectoras

Tabla 89. Estudio de la capacidad de producción de la máquina KCLKA

Máquina KCLKA			
Ítem	Producción Estándar (pares de suelas)	Turno 8h (s)	Tiempo de producción por par de suelas (s)
1	984	28800	29,27
2	987	28800	29,18
3	983	28800	29,30
4	1120	28800	25,71
5	980	28800	29,39
6	1100	28800	26,18
7	1000	28800	28,80
8	978	28800	29,45
9	1200	28800	24,00
10	1000	28800	28,80
Tiempo Promedio (s)			28,01
Tiempo Promedio (min)			0,47
Cp promedio (par/min)			2,14
Tiempo Estándar			
FD		1,00	
Suplemento		0,38	
Tiempo estándar (min)		0,65	
Cp estándar (pares/min)		1,54	

Tabla 90. Estudio de la capacidad de producción de las máquinas BENLONG

Máquinas BENLONG			
Ítem	Producción Estándar (pares de suelas)	Turno 8h (s)	Tiempo de producción por par de suelas (s)
1	1208	28800	23,84
2	1206	28800	23,88
3	1190	28800	24,20
4	1275	28800	22,59
5	1390	28800	20,72
6	1348	28800	21,36
7	1289	28800	22,34
8	1200	28800	24,00
9	1340	28800	21,50
10	1400	28800	20,57
Tiempo Promedio (s)			22,50
Tiempo Promedio (min)			0,38
Cp promedio (par/min)			2,67
Tiempo Estándar			
FD		1,00	
Suplemento		0,38	
Tiempo estándar (min)		0,52	
Cp estándar (pares/min)		1,90	

Anexo 18.- Distribuciones proporcionadas por Experfit

Tabla 91. Distribuciones proporcionadas por Experfit

Máquina	Proceso productivo	Cambio de molde actual																																								
KCLKA	<p>Relative Evaluation of Candidate Models</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Relative Score</th> <th>Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">1 - Beta</td> <td rowspan="4">100.00</td> <td>Lower endpoint 10.46296</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 41.49752</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 49.51361</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 47.19909</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2 - Johnson SB</td> <td rowspan="4">96.67</td> <td>Lower endpoint 10.38295</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 41.62710</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 -0.22025</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 4.91389</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">3 - Erlang(E)</td> <td rowspan="4">90.00</td> <td>Location 5.04824</td> </tr> <tr> <td>Scale 0.11575</td> </tr> <tr> <td>Shape 105</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>37 models are defined with scores between 5.00 and 100.00</p> <p>Absolute Evaluation of Model 1 - Beta</p> <p>Evaluation: Good Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative. See Help for more information.</p> <p>Additional Information about Model 1 - Beta</p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean -3.1424e-4 = 0.00%</p>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Beta	100.00	Lower endpoint 10.46296	Upper endpoint 41.49752	Shape #1 49.51361	Shape #2 47.19909	2 - Johnson SB	96.67	Lower endpoint 10.38295	Upper endpoint 41.62710	Shape #1 -0.22025	Shape #2 4.91389	3 - Erlang(E)	90.00	Location 5.04824	Scale 0.11575	Shape 105		<p>Relative Evaluation of Candidate Models</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Relative Score</th> <th>Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1 - Weibull(E)</td> <td rowspan="3">99.14</td> <td>Location 43.76366</td> </tr> <tr> <td>Scale 255.64019</td> </tr> <tr> <td>Shape 3.88564</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2 - Beta</td> <td rowspan="4">96.55</td> <td>Lower endpoint 0.11942</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 531.50885</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 7.57656</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 7.86249</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3 - Weibull</td> <td rowspan="3">93.10</td> <td>Location 0.00000</td> </tr> <tr> <td>Scale 300.93429</td> </tr> <tr> <td>Shape 4.68574</td> </tr> </tbody> </table> <p>30 models are defined with scores between 0.00 and 99.14</p> <p>Absolute Evaluation of Model 1 - Weibull(E)</p> <p>Evaluation: Good Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative. See Help for more information.</p> <p>Additional Information about Model 1 - Weibull(E)</p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean 0.15003 = 0.05%</p>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Weibull(E)	99.14	Location 43.76366	Scale 255.64019	Shape 3.88564	2 - Beta	96.55	Lower endpoint 0.11942	Upper endpoint 531.50885	Shape #1 7.57656	Shape #2 7.86249	3 - Weibull	93.10	Location 0.00000	Scale 300.93429	Shape 4.68574
	Model	Relative Score	Parameters																																							
1 - Beta	100.00	Lower endpoint 10.46296																																								
		Upper endpoint 41.49752																																								
		Shape #1 49.51361																																								
		Shape #2 47.19909																																								
2 - Johnson SB	96.67	Lower endpoint 10.38295																																								
		Upper endpoint 41.62710																																								
		Shape #1 -0.22025																																								
		Shape #2 4.91389																																								
3 - Erlang(E)	90.00	Location 5.04824																																								
		Scale 0.11575																																								
		Shape 105																																								
Model	Relative Score	Parameters																																								
1 - Weibull(E)	99.14	Location 43.76366																																								
		Scale 255.64019																																								
		Shape 3.88564																																								
2 - Beta	96.55	Lower endpoint 0.11942																																								
		Upper endpoint 531.50885																																								
		Shape #1 7.57656																																								
		Shape #2 7.86249																																								
3 - Weibull	93.10	Location 0.00000																																								
		Scale 300.93429																																								
		Shape 4.68574																																								
BENLONG 1	<p>Relative Evaluation of Candidate Models</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Relative Score</th> <th>Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">1 - Beta</td> <td rowspan="4">93.17</td> <td>Lower endpoint 6.79063</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 36.88424</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 37.89961</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 30.58800</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2 - Johnson SB</td> <td rowspan="4">97.50</td> <td>Lower endpoint 6.79476</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 36.70736</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 0.16546</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 4.38585</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3 - Weibull(E)</td> <td rowspan="3">83.33</td> <td>Location 16.25403</td> </tr> <tr> <td>Scale 5.89503</td> </tr> <tr> <td>Shape 3.48765</td> </tr> </tbody> </table> <p>31 models are defined with scores between 0.00 and 99.17</p> <p>Absolute Evaluation of Model 1 - Beta</p> <p>Evaluation: Good Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative. See Help for more information.</p> <p>Additional Information about Model 1 - Beta</p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean -2.6586e-4 = 0.00%</p>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Beta	93.17	Lower endpoint 6.79063	Upper endpoint 36.88424	Shape #1 37.89961	Shape #2 30.58800	2 - Johnson SB	97.50	Lower endpoint 6.79476	Upper endpoint 36.70736	Shape #1 0.16546	Shape #2 4.38585	3 - Weibull(E)	83.33	Location 16.25403	Scale 5.89503	Shape 3.48765	<p>Relative Evaluation of Candidate Models</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Relative Score</th> <th>Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">1 - Johnson SB</td> <td rowspan="4">100.00</td> <td>Lower endpoint 26.53277</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 579.88764</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 0.37395</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 2.36796</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2 - Beta</td> <td rowspan="4">96.53</td> <td>Lower endpoint 71.84756</td> </tr> <tr> <td>Upper endpoint 642.82451</td> </tr> <tr> <td>Shape #1 7.91784</td> </tr> <tr> <td>Shape #2 6.36521</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3 - Weibull(E)</td> <td rowspan="3">83.10</td> <td>Location 105.90520</td> </tr> <tr> <td>Scale 190.83443</td> </tr> <tr> <td>Shape 3.88852</td> </tr> </tbody> </table> <p>30 models are defined with scores between 0.00 and 100.00</p> <p>Absolute Evaluation of Model 1 - Johnson SB</p> <p>Evaluation: Good Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative. See Help for more information.</p> <p>Additional Information about Model 1 - Johnson SB</p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean 0.06796 = 0.02%</p>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Johnson SB	100.00	Lower endpoint 26.53277	Upper endpoint 579.88764	Shape #1 0.37395	Shape #2 2.36796	2 - Beta	96.53	Lower endpoint 71.84756	Upper endpoint 642.82451	Shape #1 7.91784	Shape #2 6.36521	3 - Weibull(E)	83.10	Location 105.90520	Scale 190.83443	Shape 3.88852
Model	Relative Score	Parameters																																								
1 - Beta	93.17	Lower endpoint 6.79063																																								
		Upper endpoint 36.88424																																								
		Shape #1 37.89961																																								
		Shape #2 30.58800																																								
2 - Johnson SB	97.50	Lower endpoint 6.79476																																								
		Upper endpoint 36.70736																																								
		Shape #1 0.16546																																								
		Shape #2 4.38585																																								
3 - Weibull(E)	83.33	Location 16.25403																																								
		Scale 5.89503																																								
		Shape 3.48765																																								
Model	Relative Score	Parameters																																								
1 - Johnson SB	100.00	Lower endpoint 26.53277																																								
		Upper endpoint 579.88764																																								
		Shape #1 0.37395																																								
		Shape #2 2.36796																																								
2 - Beta	96.53	Lower endpoint 71.84756																																								
		Upper endpoint 642.82451																																								
		Shape #1 7.91784																																								
		Shape #2 6.36521																																								
3 - Weibull(E)	83.10	Location 105.90520																																								
		Scale 190.83443																																								
		Shape 3.88852																																								

BENLONG
2

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	95.14	Lower endpoint	4.15671
		Upper endpoint	41.85200
		Shape #1	36.32544
		Shape #2	43.34833
2 - Johnson SB	97.41	Lower endpoint	2.57010
		Upper endpoint	41.51175
		Shape #1	8.51493
		Shape #2	4.59456
3 - Gamma	96.52	Location	0.00000
		Scale	0.20810
		Shape	103.61932

30 models are defined with scores between 0.00 and 95.14

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean relative to the sample mean: 5.0196e-4 = 0.00%

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	95.17	Lower endpoint	2.24248
		Upper endpoint	629.45364
		Shape #1	17.40493
		Shape #2	19.79935
2 - Johnson SB	95.83	Lower endpoint	1.05902
		Upper endpoint	629.03033
		Shape #1	8.28449
		Shape #2	2.96100
3 - Weibull(E)	95.00	Location	139.15325
		Scale	179.18812
		Shape	3.43494

31 models are defined with scores between 0.00 and 95.17

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean relative to the sample mean: -0.00216 = -0.01%

Cambio de molde con SMED

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Johnson SB	100.00	Lower endpoint	80.43321
		Upper endpoint	390.12344
		Shape #1	0.00403
		Shape #2	2.63897
2 - Beta	96.67	Lower endpoint	99.39604
		Upper endpoint	370.18374
		Shape #1	11.40721
		Shape #2	11.34406
3 - Erlang	88.75	Location	0.00000
		Scale	3.35955
		Shape	70

31 models are defined with scores between 0.00 and 100.00

Absolute Evaluation of Model 1 - Johnson SB

Evaluation: Good
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Johnson SB

"Error" in the model mean relative to the sample mean: 0.00206 = 0.00%

Python Representation of Model 1 - Johnson SB

Use:

When using a picklist option:

Distribution	Johnson Bounded
Minimum	80.433214
Maximum	390.123442
Shape1	0.004035
Shape2	2.638969

When using code:
johnsonbounded(80.433214, 390.123442, 0.004035, 2.638969, catname)

Nota: La distribución obtenida es utilizada para las 3 máquinas inyectoras puesto que el tiempo determinado con la herramienta SMED es estándar.

Anexo 19.- Ingreso de las distribuciones en los processor de FlexSim

Tabla 92. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina KCLKA

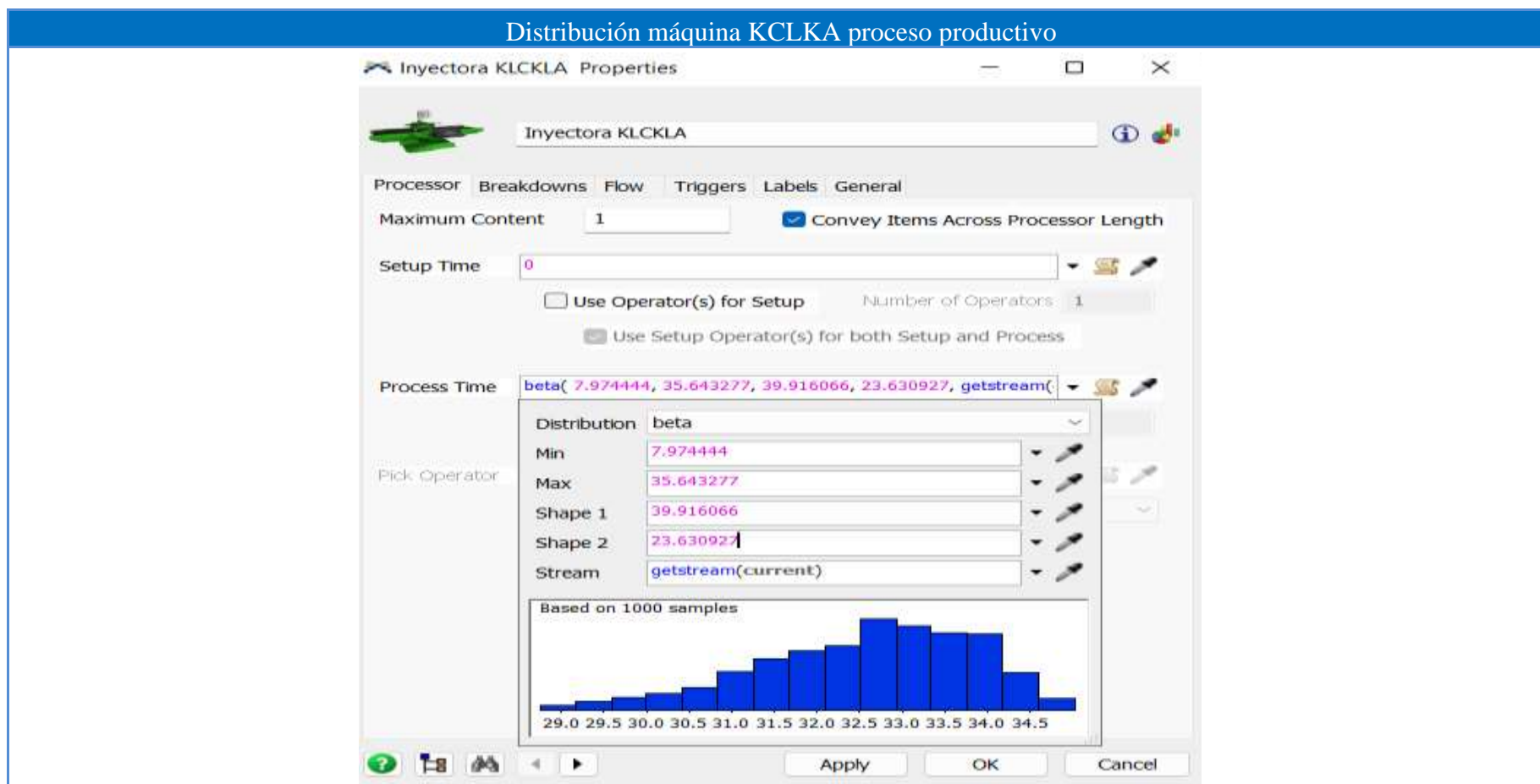


Tabla 93. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina BENLONG 1

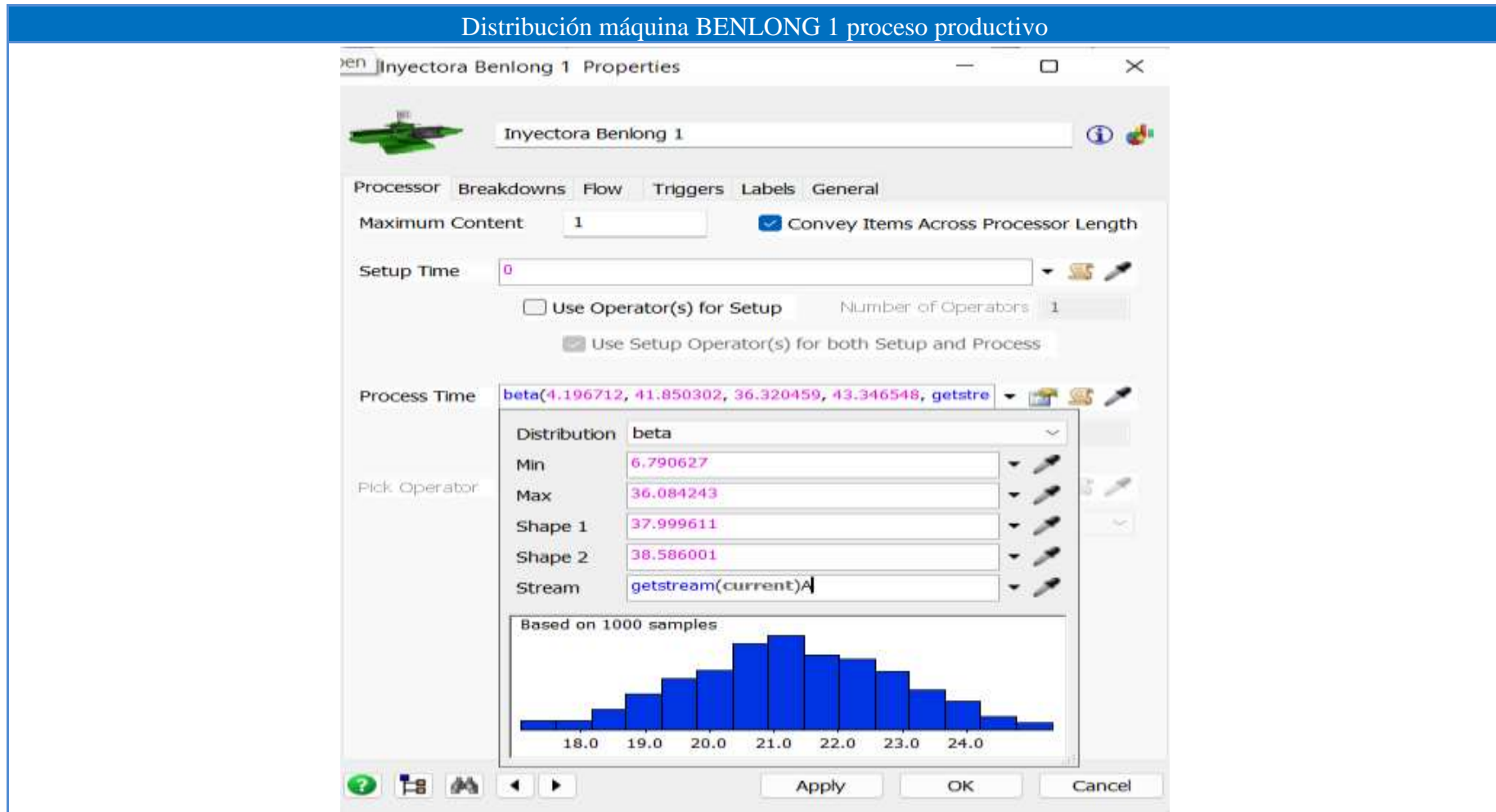


Tabla 94. Distribución del proceso productivo en FlexSim para la máquina BENLONG 2

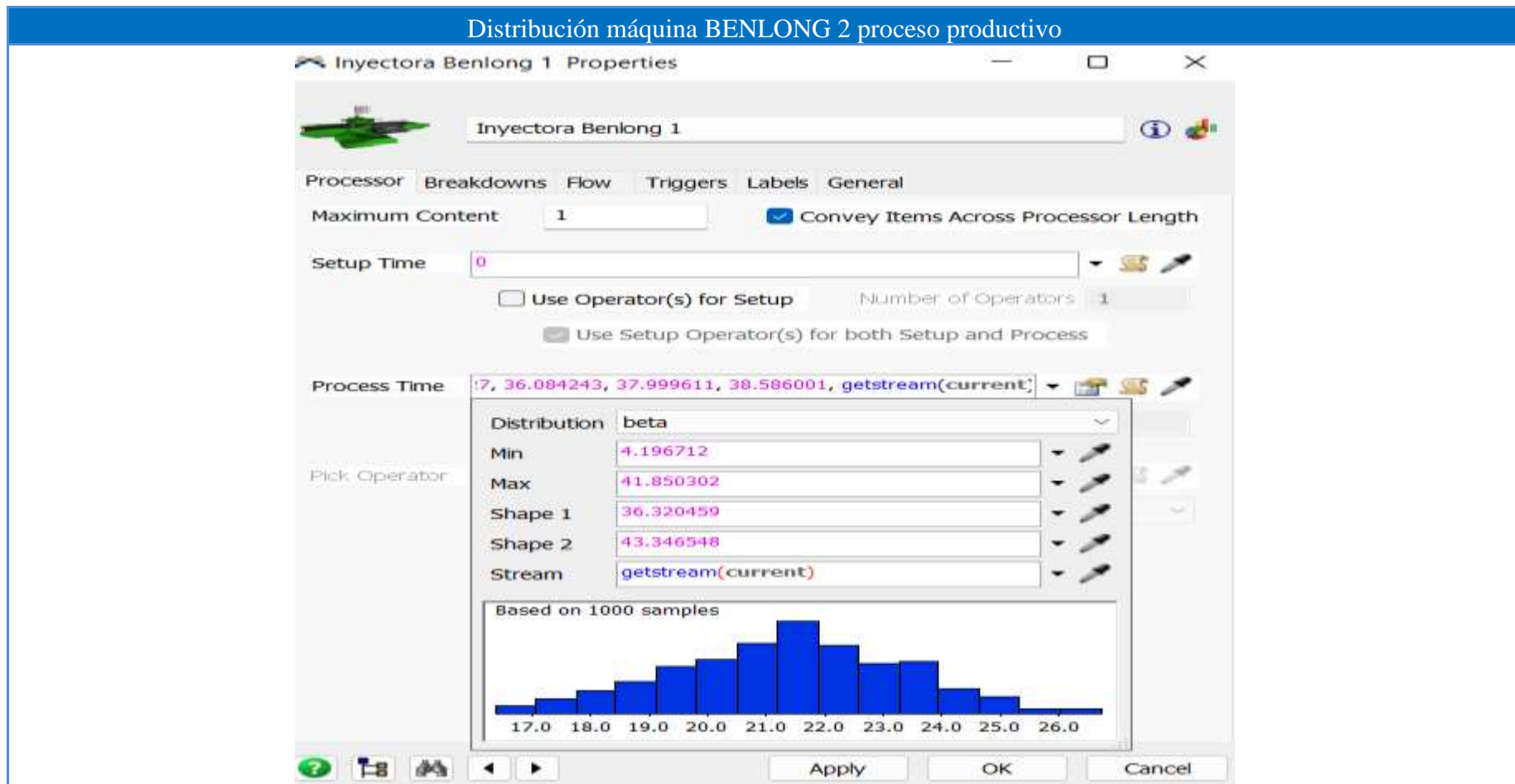


Tabla 95. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina KCLKA

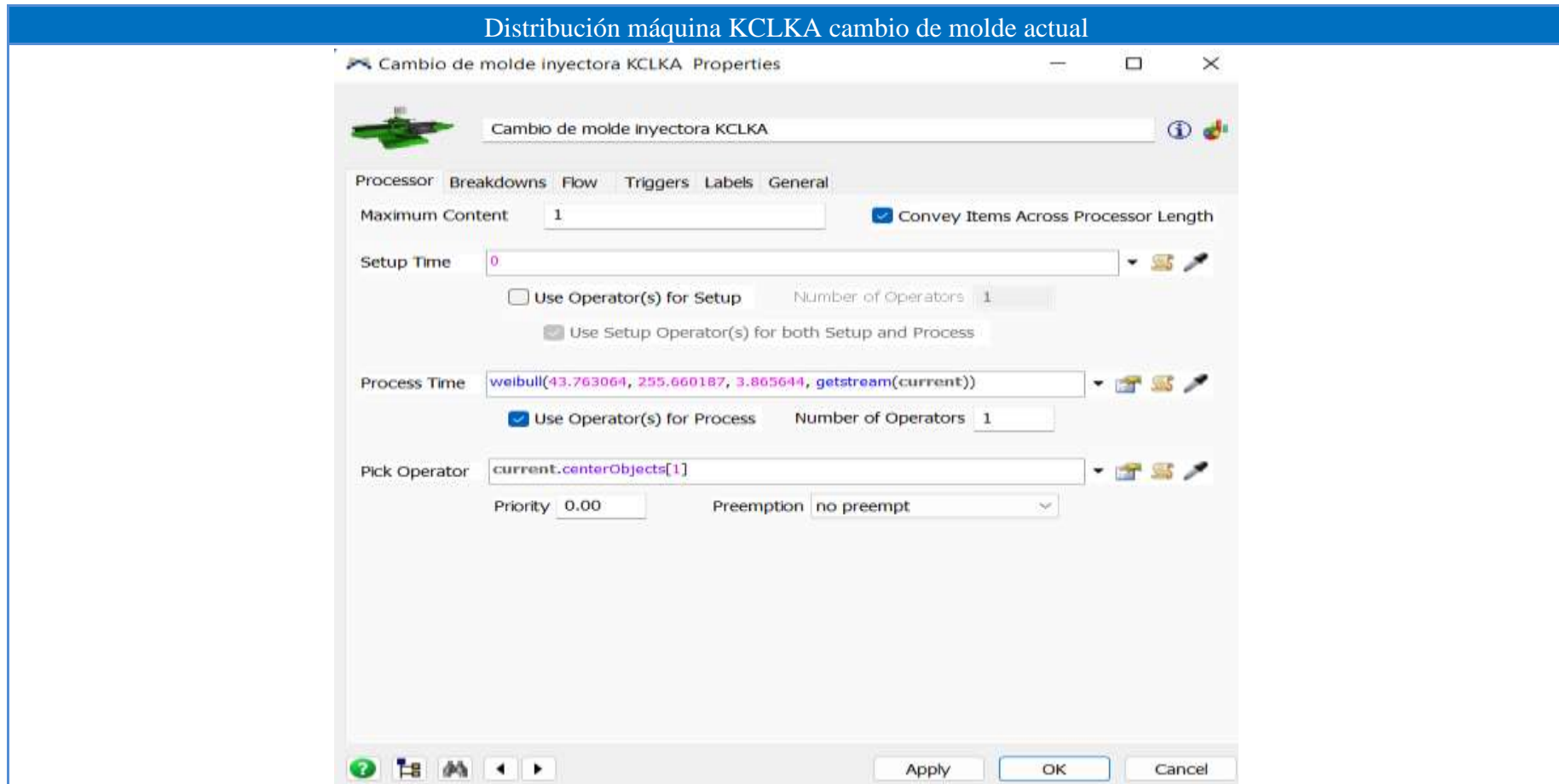


Tabla 96. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina BENLONG 1

Distribución máquina BENLONG 1 cambio de molde actual

Cambio de molde inyectora Belong 1 Properties

Cambio de molde inyectora Belong 1

Processor Breakdowns Flow Triggers Labels General

Maximum Content: 1 Convey Items Across Processor Length

Setup Time: 0

Use Operator(s) for Setup Number of Operators: 1

Use Setup Operator(s) for both Setup and Process

Process Time: Johnsonbounded(35.932774, 579.987643, 0.373946, 2.367976, getstream(current))

Use Operator(s) for Process Number of Operators: 1

Pick Operator: current.centerObjects[1]

Priority: 0.00 Preemption: no preempt

Apply OK Cancel

Tabla 97. Distribución del cambio de molde en FlexSim para la máquina BENLONG 2

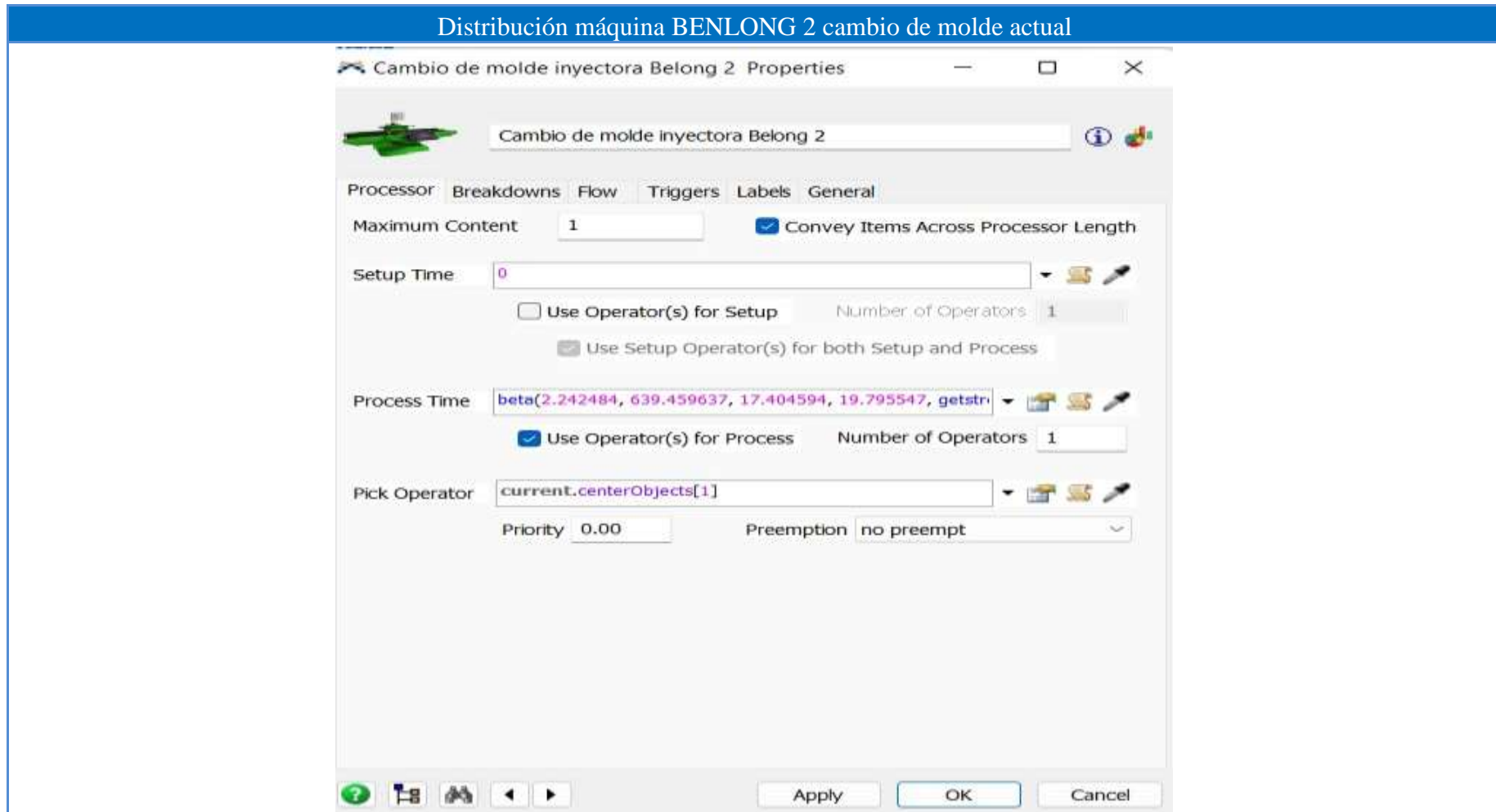
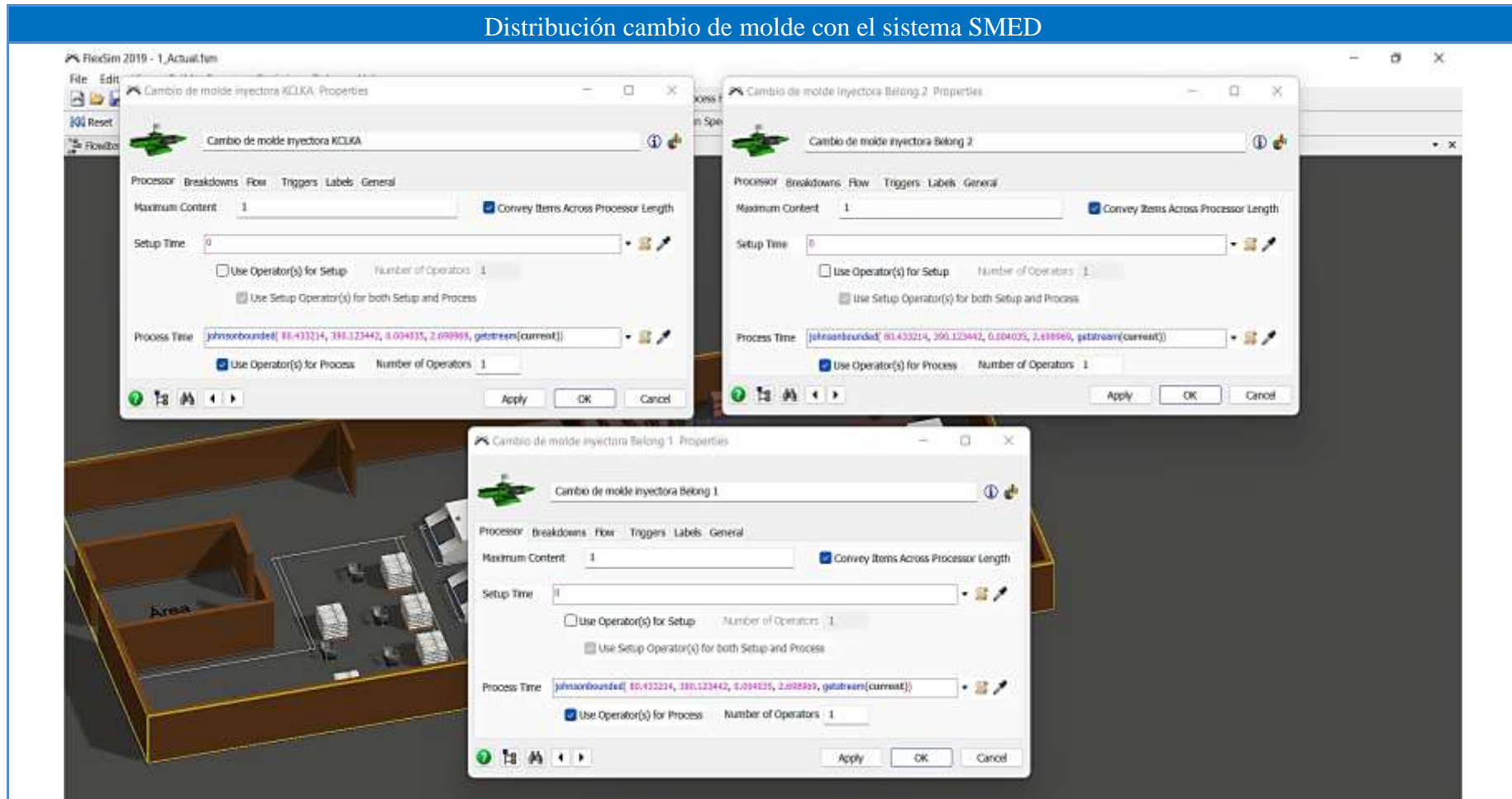


Tabla 98. Distribución del cambio de molde propuesto en FlexSim



Anexo 20.- Tiempos de cambios de molde de mejora SMED proporcionados por FlexSim

Tabla 99. Tiempos de cambios de molde con el sistema SMED-FlexSim


Tiempos de cambios de molde mejora SMED-FlexSim			
Ítem	Máquina Inyectora		
	KCLKA	BENLONG 1	BENLONG 2
	Tiempo (min)		
1	4,34	4,00	4,30
2	3,45	3,70	4,10
3	3,57	4,62	3,74
4	4,36	4,27	3,91
5	4,73	3,87	4,01
6	3,73	4,42	3,97
7	4,41	4,85	3,91
8	3,99	3,57	4,35
9	3,50	3,37	3,65
10	3,82	3,78	3,78
11	3,94	3,70	4,35
12	4,02	4,12	4,09
13	4,05	4,16	3,90
14	3,38	4,20	4,76
15	4,04	3,50	3,67
16	4,16	4,41	4,15
17	3,83	4,12	3,59
18	4,61	4,09	4,73
19	3,94	3,30	4,30
20	3,78	4,16	4,07
21	3,70	4,61	3,95
22	4,27	3,89	3,62
23	4,56	3,77	3,47
24	4,47	3,60	3,67
25	4,79	4,18	4,44
26	4,10	3,93	3,77
27	3,95	4,14	4,28
28	3,70	4,12	4,06
29	4,21	3,95	3,96
30	3,83	4,37	3,49
Total	121,23	120,77	120,02
Promedio	4,04	4,03	4,00



Figura 62. Tiempos de cambios de molde de mejora SMED proporcionados por FlexSim

Anexo 21.- Lista de Chequeo de materiales para el cambio de moldes

Tabla 100. Lista de Chequeo de materiales para el cambio de moldes

Lista de Chequeo de materiales para el cambio de moldes				
Nombre del operario:			Turno:	
Inyectora:			Fecha:	
Herramientas	¿Se encuentra en buen estado?		¿Se encuentra en el sitio adecuado?	
	Si	No	Si	No
Taladro inalámbrico				
Hexagonal #10				
	¿Se encuentra organizada la estantería?			
	Estantería 1	Estantería 2	Estantería 3	Estantería 4
Moldes				
Observaciones:				