



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**

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

**Tema:**

---

**ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE**  
**SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL**  
**S.A.**

---

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:** Luis Byron Abril Flores

**TUTOR:** Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

**Ambato – Ecuador**

**Agosto – 2020**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Luis Byron Abril Flores, 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 agosto, 2020



.....  
Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado: ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., 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 agosto, 2020

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a horizontal dashed line.

Luis Byron Abril Flores

CC: 1804726980

AUTOR

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Luis Byron Abril Flores, 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 ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., 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 la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato agosto, 2020



Firmado electrónicamente por:  
**ELSA PILAR  
URRUTIA**

.....  
Ing. Pilar Urrutia, Mg.  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:  
**CHRISTIAN  
JOSE MARINO  
RIVERA**

.....  
Ing. Christian Mariño, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:  
**FRANKLIN  
GEOVANNY TIGRE**

.....  
Ing. Franklin Tigre, 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 Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato agosto, 2020

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Luis Byron Abril Flores'.

Luis Byron Abril Flores

CC: 1804726980

AUTOR

## DEDICATORIA

*A Dios, por ayudarme todos los días de mi vida, guiando mi camino y sobre todo dándome fuerzas cada día para seguir adelante, teniendo en mente siempre la frase de mi madre “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”.*

*A mi madre, por el gran apoyo incondicional, el amor, la paciencia y sobre todo por su valioso sacrificio que me ha brindado por ser padre y madre a la vez y ayudarme a que jamás me rinda.*

*A mi hijo, por ser mi motivación y mi felicidad, para lograr todas las metas que me proponga y ser el ejemplo de superación para él.*

*Luis Byron Abril Flores*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por brindarme sabiduría y el conocimiento y darme la oportunidad de seguir mejorando cada día y desarrollarme actualmente como profesional.*

*A mi familia, por creer en mí y confiar que puedo cumplir todo lo que me proponga, gracias por ser mis pilares de mi vida.*

*Al Ing. Luis Morales Mg., por ser el guía de mi trabajo de investigación, por sus conocimientos, su paciencia y dedicación para terminar mi carrera con éxito.*

*A Plasticaucho Industrial S.A., a su gerente de operaciones de la planta de calzado cementado e industrias diversas al Ing. Iván Álvarez por la apertura y colaboración brindada, y a todos quienes conforman la familia Plasticaucho por su ayuda para realizar mi proyecto de investigación.*

*Luis Byron Abril Flores*

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO .....	1
1.1    Antecedentes Investigativos .....	1
1.1.1    Contextualización del problema.....	1
1.1.2    Estudio del arte.....	3
1.1.3    Fundamentación teorica .....	7
Proceso productivo.....	7
Lean Manufacturing .....	10
Six Sigma .....	12
Herramientas de Six Sigma.....	12
Lean Six Sigma .....	18
AMEF.....	21
SMED (Single-Minute Exchange of Die) .....	22
FlexSim .....	23
1.2    Objetivos .....	25
1.2.1    Objetivo General .....	25
1.2.2    Objetivos Específicos.....	25
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA .....	26
2.1    Métodos .....	26
2.1.1    Enfoque .....	26

2.2.1	Modalidad de investigación .....	26
2.1.3	Población y muestra .....	27
2.2.2	Recolección de información.....	28
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos .....	29
2.2.5	Desarrollo del proyecto .....	31
2.2	Materiales .....	48
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		50
3.1	Diagnóstico del estado actual de la empresa .....	50
2.1.1	Análisis ABC de suelas de calzado .....	55
2.1.2	Caracterización del proceso de inyección de suelas de calzado .....	57
2.1.3	Mapa de proceso y flujograma del proceso de inyección .....	58
2.1.4	Diagrama de SIPOC .....	60
3.2	Etapa de definición .....	61
5.2.1	Diagnóstico inicial de producción.....	61
5.2.2	Identificación de las variables críticas del proceso .....	64
5.2.3	Identificación del problema a estudiar .....	75
5.2.4	Análisis de pérdidas .....	76
5.2.5	Carta del Proyecto o Project Charter.....	79
3.3	Etapa de Medición .....	81
5.3.1	Identificación de la medición .....	81
5.3.2	Plan de muestreo .....	82
5.3.3	Diagrama de flujo del proceso actual de cambio de molde .....	83
5.3.4	Desempeño del proceso.....	83
5.3.5	Nivel Sigma del proceso de cambio de molde .....	94
3.4	Etapa de análisis .....	95
5.4.1	Análisis 6M .....	95
5.4.2	Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF) .....	99
5.4.3	Identificación de causas potenciales .....	102
3.5	Etapa de mejora .....	104
5.5.1	Generación de alternativas de mejora .....	104
5.5.2	Análisis de factibilidad.....	106
5.5.3	Presupuesto de la propuesta de mejora .....	107
5.5.4	Matriz de funciones de cargo .....	108

5.5.5	Organización y etiquetado de moldes .....	111
5.5.6	Desarrollo del Sistema SMED .....	112
5.5.7	Validación de mejora mediante FlexSim 2019 .....	119
3.6	Etapa de control.....	131
3.1.1	Estandarización del proceso de cambio de molde con SMED.....	131
3.1.2	Planteamiento del plan de control .....	134
3.1.3	Monitoreo del proceso.....	136
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		137
4.1	Conclusiones .....	137
4.2	Recomendaciones .....	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		140
ANEXOS .....		148
Anexo 1.- Formato de ficha de recolección de datos .....		148
Anexo 2.- Registro del plan de producción diario de suelas.....		149
Anexo 3.- Lluvia de ideas .....		150
Anexo 4.- Identificación de molde y regleta de la máquina Wintech .....		151
Anexo 5.- Descripción del proceso de cambio de color.....		152
Anexo 6.- Plan de mantenimiento de inyectoras WT09 Y WT10 .....		153
Anexo 7.- Estructura de costo de suela de PVC-SAP.....		154
Anexo 8.- Lista de chequeo por molde y regleta .....		155
Anexo 9.- Ficha de registro de datos.....		158
Anexo 10.- Datos recopilados .....		159
Anexo 11.- Fotografías de los materiales usados para el cambio de molde .....		160
Anexo 12.- Instructivos del área de inyección suelas .....		162
Anexo 13.- Matriz General de Riesgos (INSHT) del área de inyección.....		164
Anexo 14.- Cotización de precios .....		165
Anexo 15.- Estudio de tiempos y movimientos de cambio de molde.....		167
Anexo 16.- Matriz de suplementos para proceso de cambio de molde.....		168
Anexo 17.- Estudio de tiempos de mejoras con SMED, en las actividades mejoradas .....		169
Anexo 18.- Matriz de condiciones de inyección para suela Kelly negro violeta para WT09 Y WT10 (Plasticaucho Industrial S.A.) .....		170

Anexo 19.- Información complementaria de fase de inyección máquinas WT09 Y WT10.....	171
Anexo 20.- Estudio de tiempos de ciclo del proceso de inyección WT09 Y WT10 .....	173
Anexo 21.- Matriz de suplementos de Niebel para proceso inyección .....	174
Anexo 22.- Modelos para cada proceso obtenido de Experfit .....	175
Anexo 23.- Configuración de los processor con distribución .....	177
Anexo 24.- Tiempos de cambio de molde actual-FlexSim 2019 .....	179
Anexo 25.- Tiempos de cambio de molde mejora SMED-FlexSim 2019 .....	180
Anexo 26.- Check List de ejecución de actividades .....	181
Anexo 27.- Check List de herramientas de inicio de turno.....	182

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Naturaleza de la ventaja competitiva de Lean Six Sigma.....	5
Fig. 2 Estructura de un proceso productivo .....	8
Fig. 3 Herramientas de Lean Manufacturing .....	11
Fig. 4 Partes de la gráfica de control.....	15
Fig. 5 Evolución de Lean Six Sigma.....	19
Fig. 6 Beneficios de la unión de Lean y Six Sigma .....	20
Fig. 7 Modelo de simulación 3D FlexSim 2019 .....	24
Fig. 8 Flujograma de actividades del software Minitab 18.....	30
Fig. 9 Flujograma de actividades del software FlexSim 2019.....	31
Fig. 10 Metodología Lean Six Sigma utilizada para la investigación.....	32
Fig. 11 Proceso de desarrollo de AMEF .....	42
Fig. 12 Pasos para el desarrollo del sistema SMED.....	45
Fig. 13 Productos que oferta Plasticaucho Industrial S.A.....	53
Fig. 14 Gráfico ABC de producción de suelas de calzado.....	56
Fig. 15 Partes de la suela inyectada Kelly negro violeta.....	56
Fig. 16 Mapa de procesos del área de inyección suelas .....	58
Fig. 17 Diagrama SIPOC del proceso de inyección de suelas de calzado .....	60
Fig. 18 Gráfico del cumplimiento del plan de producción de enero-junio 2019 .....	62
Fig. 19 Gráfico del cumplimiento del plan de producción semanal enero-junio 2019 .....	63
Fig. 20 Mapa mental de los problemas del área de inyección de suelas de PVC .....	64
Fig. 21 Diagrama de Ishikawa del incumplimiento del plan de producción.....	65
Fig. 22 Gráfico de Pareto con los problemas en el área de inyección de suelas de PVC .....	67
Fig. 23 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde normal por turno de trabajo .....	68
Fig. 24 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde normal por máquina.....	69
Fig. 25 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde con regleta por turno .....	71
Fig. 26 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde con regleta por máquina.....	72

Fig. 27 Gráfico de barras del porcentaje de fallos por máquina .....	73
Fig. 28 Gráfico de Pareto con los problemas de máquina enero-junio 2019 .....	75
Fig. 29 Gráfico de columnas apiladas de pérdidas de pares de suelas por semana...	78
Fig. 30 Diagrama de Pareto por tipo de cambio de molde.....	81
Fig. 31 Gráfico de control de observaciones individuales de tiempos de cambio de molde WT09 (Minitab) .....	84
Fig. 32 Gráfico de probabilidad de tiempo de cambio de molde WT09 (Minitab) ..	85
Fig. 33 Gráfico de control de observaciones individuales de tiempos de cambio de molde WT10 (Minitab) .....	86
Fig. 34 Gráfico de probabilidad de tiempo de cambio de molde WT09 (Minitab) ..	87
Fig. 34 Gráfico de probabilidad de tiempo de cambio de molde WT09 (Minitab) ..	88
Fig. 36 Capacidad del proceso de cambio de molde WT09(Minitab) .....	88
Fig. 37 Capacidad del proceso de cambio de molde WT09(Minitab) .....	91
Fig. 38 Diagrama de Ishikawa de demoras en el cambio de molde .....	95
Fig. 39 Diagrama de pareto de causas agrupadas .....	98
Fig. 40 Prioridad del NPR.....	101
Fig. 41 Diagrama de Pareto de las causas potenciales .....	102
Fig. 42 Organización y etiquetado de perchas de moldes.....	111
Fig. 43 Tiempo promedio de cambio de molde por operario.....	112
Fig. 44 Diagrama de recorrido del proceso de cambio de molde.....	113
Fig. 45 Interfaz Gráfica de las instalaciones del área de inyección suelas (FlexSim 2019) .....	121
Fig. 46 Ejemplo de registro del tiempo de cambio de molde (FlexSim 2019) .....	122
Fig. 47 Resultados de la simulación en cuanto a producción situación actual (FlexSim 2019) .....	123
Fig. 48 Análisis de capacidad cambio de molde actual WT09 (Minitab).....	123
Fig. 49 Análisis de capacidad cambio de molde actual WT10 (Minitab).....	124
Fig. 50 Resultados de la simulación en cuanto a producción situación propuesta (FlexSim 2019) .....	125
Fig. 51 Análisis de capacidad cambio de molde propuesta WT09 (Minitab).....	125
Fig. 52 Análisis de capacidad cambio de molde propuesta WT10 (Minitab).....	126
Fig. 53 Gráfica de individuales antes y después WT09 (Minitab).....	127
Fig. 54 Gráfica de individuales antes y después WT10 (Minitab).....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Simbología utilizada para diagramas de flujo del proceso .....	9
Tabla 2 Simbología utilizada para cursogramas analíticos según ASME.....	10
Tabla 3 Etapas de Lean Six Sigma-DMAIC .....	21
Tabla 4 Estimación de cambios de molde promedio por turno.....	27
Tabla 5 Cálculo de la población estimada.....	27
Tabla 6 Plan de muestreo y toma de datos .....	27
Tabla 7 Técnicas y métodos de recolección de información en etapas DMAIC .....	29
Tabla 8 Valores del Cp y su interpretación .....	36
Tabla 9 Índices Cp, Cpi, Cps en términos de cantidad de unidades malas .....	37
Tabla 10 Formulas de los intervalos de confianza .....	39
Tabla 11 Formulas de las PPM y rendimiento del proceso.....	40
Tabla 12 Tabla de rendimiento, partes por millón y el nivel sigma.....	41
Tabla 13 Niveles del índice de severidad.....	43
Tabla 14 Niveles del índice de ocurrencia .....	43
Tabla 15 Niveles del índice de detección.....	44
Tabla 16 Resultados de NPR .....	44
Tabla 17 Tabla de muestras de General Electric.....	45
Tabla 18 Tabla británica de valoración de la OIT.....	46
Tabla 19 Materiales del proyecto de investigación.....	48
Tabla 20 Reseña Histórica de Plasticaucho Industrial S.A. ....	50
Tabla 21 Datos informativos de la empresa.....	51
Tabla 22 Suelas producidas en el área de inyección de calzado cementado.....	54
Tabla 23 Análisis ABC de producción suelas de enero a junio 2019 .....	55
Tabla 24 Descripción del proceso de inyección de suelas de PVC.....	57
Tabla 25 Trabajadores del área de inyección.....	57
Tabla 26 Características de Inyectoras Wintech modelo WS202 .....	58
Tabla 27 Flujograma del proceso de inyección de suelas de calzado .....	59
Tabla 28 Cumplimiento del plan de producción en el área de inyección en el periodo enero-junio 2019 .....	61
Tabla 29 Cumplimiento del plan de producción semanal .....	63
Tabla 30 Descripción de los problemas generados en el proceso de inyección.....	66
Tabla 31 Frecuencia de problemas en el proceso de inyección enero-junio 2019.....	67

Tabla 32	Tiempos de cambios de molde normal por turno enero-junio 2019 .....	68
Tabla 33	Tiempos de cambios de molde normal por máquina enero-junio 2019.....	69
Tabla 34	Tiempos de cambios de molde con regleta por turno enero-junio 2019.....	70
Tabla 35	Tiempos de cambios de molde con regleta por turno enero-junio 2019....	71
Tabla 36	Pares por cambios de color enero-junio 2019 .....	73
Tabla 37	Frecuencia de fallos de máquina enero-junio 2019 .....	73
Tabla 38	Datos diagrama de Pareto de los fallos de las inyectoras enero-junio 2019	74
Tabla 39	Estándar de producción de suelas actualizado junio 2019 .....	76
Tabla 40	Pares perdidos por demoras en cambios de molde por semana .....	77
Tabla 41	Pares perdidos por demoras en cambios de molde por semana .....	78
Tabla 42	Project Charter del Proyecto Lean Six Sigma.....	79
Tabla 43	Datos de moldes con regleta normal y con regleta grande .....	81
Tabla 44	Diagrama de flujo del proceso de cambio de molde normal.....	83
Tabla 45	Registro del plan de muestreo .....	82
Tabla 46	Valores del índice K e intervalos de confianza de WT09.....	89
Tabla 47	Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT09 .....	89
Tabla 48	Valor del índice K e intervalos de confianza de WT10 .....	92
Tabla 49	Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT10 .....	92
Tabla 50	Nivel sigma de cambios de molde por máquina y su rendimiento .....	94
Tabla 51	Causas agrupadas de las 6M .....	98
Tabla 52	Matriz de análisis de modo y efecto de fallo (AMEF).....	100
Tabla 53	Escala valorativa del NPR.....	101
Tabla 54	Causas con su NRP .....	102
Tabla 55	Alternativas de mejoras.....	104
Tabla 56	Análisis de factibilidad .....	106
Tabla 57	Presupuesto del proyecto .....	107
Tabla 58	Matriz de funciones para inyector suelas.....	108
Tabla 59	Matriz de funciones para abastecedor.....	109
Tabla 60	Tiempos de cambio promedio por operario .....	112
Tabla 61	Cursograma analítico del proceso de cambio de molde.....	115
Tabla 62	Cursograma analítico propuesto SMED .....	116
Tabla 63	Análisis de mejora mediante la propuesta del sistema SMED teórico .....	118
Tabla 64	Datos estadísticos para simulación en FlexSim 2019 .....	119

Tabla 65 Distribuciones para simulación en FlexSim 2019 .....	120
Tabla 66 Parámetros de simulación del proceso de inyección y cambio de molde .	122
Tabla 67 Resultados de la simulación en la situación actual y con la propuesta .....	129
Tabla 68 Ganancia estimada de la mejora.....	130
Tabla 69 Parámetros estándar del cambio de molde-abastecedor.....	132
Tabla 70 Parámetros estándar del cambio de molde-inyector suelas.....	132
Tabla 71 Plan de control del proceso de cambio de moldes .....	135

## RESUMEN EJECUTIVO

Los desperdicios de los procesos productivos como demoras generan el incumplimiento del plan de producción como también pérdidas de capacidad y económicas, por lo tanto, esta investigación tiene como finalidad realizar un análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

El proyecto tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, basado en la metodología DMAIC que cuenta con las etapas de definición, medición, análisis, mejora y control de Lean Six Sigma, se emplea un muestreo no probabilístico por conveniencia y se recopila datos del tiempo de ciclo de cambio de molde por medio de la técnica de cronometraje vuelta cero; los datos recopilados se los procesa mediante el software Minitab, para finalmente establecer una propuesta de mejora usando el sistema SMED y validar los resultados con la simulación en FlexSim 2019.

En base a los resultados obtenidos, el principal problema que afecta al cumplimiento del plan de producción es el cambio de molde normal, que se debe principalmente al no utilizar herramientas necesarias de trabajo y roles no definidos de los trabajadores, posteriormente se determina el nivel sigma teniendo un valor de 2,33 en promedio, indicando que el centrado del proceso es inadecuado.

Se concluye que el proceso de cambio de molde tiene un rendimiento promedio del 79,34%, y una estimación de pérdidas anuales de \$ 38.564,04 dólares. Por lo tanto, señala que el proceso no cumple con la especificación y requiere acciones de mejora para toda el área de inyección.

## ABSTRACT

The waste of the productive processes as delays detects the breach of the production plan as well as the losses of capacity and economic, therefore, this investigation has as a consequence a Lean Six Sigma analysis in the process of injection of shoe soles in the company Plasticaucho Industrial S.A.

The project has a quantitative and qualitative approach, based on the DMAIC methodology that has the stages of definition, measurement, analysis, improvement and control of Lean Six Sigma, a non-probabilistic sampling is used for convenience and cycle time data is collected of mold change by means of the zero-turn timing technique; The data collected is processed using the Minitab software, to finally establish a proposal for improvement through the SMED system and validate the results with the simulation in FlexSim 2019.

Based on the results obtained, the main problem that affects the fulfillment of the production plan is the change of normal mold, which is mainly due to not using necessary work tools and undetermined roles of the workers, then the sigma level is determined having a value of 2,33 on average, indicating that the centering of the process is approximate.

It is concluded that the mold change process has an average yield of 79.34%, and an annual loss amount of \$ 38.564,04. Therefore, it indicates the process does not meet the specification and requires improvement actions for the entire injection area.

## **CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes Investigativos**

#### **1.1.1 Contextualización del problema**

A nivel mundial existe una fuerte crisis económica que subyace en una cuestión preocupante, en la cual señala que gran parte de la disminución de costos se lleva de una manera ineficiente, ya que no se analiza ni comprende los principales factores que afectan a los resultados imprescindibles de las empresas, incluso al tomar decisiones pueden resultar fuertemente afectadas, logrando perder la lealtad del consumidor, por no atender a las prioridades de los clientes a causa de los errores generados por una mala ejecución y a la ineficiente capacidad de producción de las organizaciones manufactureras [1].

Durante la actual década del 2010 hasta el presente, se crean problemas típicos y complejos dentro del sector de manufactura, que afecta a la mayoría de las industrias, incluyendo la del sector de plásticos y calzado que van de la mano para su elaboración, forzándose a desarrollar estrategias de competitividad cada vez más agresivas para contrarrestar la fuerza de precios establecidos por el mercado, en esta etapa los hábitos del consumidor han cambiado y además se observa una cultura laboral con bajo nivel de enfoque hacia el mejoramiento continuo y la utilización de estrategias de planeación estratégica gerencial, la falta de modelos de producción, las decisiones de no inversión en tecnología de punta e informática, etc. Otro problema que se presenta dentro del sector de manufactura es la dificultad de la selección y el uso de las metodologías y herramientas para tener un desempeño superior dentro de sus procesos [2].

La crisis de las organizaciones se ve reflejada en el desperdicio inherente a todos los procesos productivos, por lo que en muchas organizaciones se desperdicia tiempo, esfuerzos y presupuestos automatizando sus actividades, sin darse cuenta de las consecuencias sobre los costos. No se enfocan en las tareas que no aportan valor para el cliente interno y externo, generando así un proceso inestable con desperdicios de gran magnitud en las actividades reduciendo la capacidad de procesamiento.

En Europa, se determinó una caída de alrededor del 5-6% en menos de 10 años con cierres de plantas al no conseguir controlar sus líneas de producción reduciendo el desperdicio interno de cada proceso lo cual trajo una pérdida en la manufacturación de productos de todo tipo, analizado por el Servicio de la Unión Europea en 2013. Lo que indica que los desperdicios en el proceso como tiempos muertos que es un factor crucial en la producción, se limita y se disminuye la capacidad, además de que la variabilidad del proceso se genera con más frecuencia como el resultado de desarrollar métodos inapropiados de control y monitoreo de las actividades productivas [3].

A nivel de Latinoamérica, se han desarrollado investigaciones sobre la gestión de la producción en pequeñas, medianas y grandes empresas en donde se han determinado desperdicios, como la mala calidad de productos, reproceso, tiempos de espera y actividades involucradas en la producción que no agregan valor, todo esto con el fin de identificar oportunidades de mejorar la productividad y hacerlos más eficientes, mediante diversos autores señalan que solo el 5% de las actividades de las empresas agregan valor y el 60% no agregan valor del todo, además, afirman que las empresas de manufactura desperdician alrededor de 70% de sus recursos y señalan que para muchas organizaciones menos del 10% de las actividades son eficientes y casi un 60% no contribuyen a mejorar el proceso [4] [5].

En varios estudios se han aplicado técnicas y herramientas de mejora basados en la metodología de Lean Manufacturing y Six Sigma, en lo cual se observa resultados favorables como la reducción del costo de producción y mejoras significativas en la productividad empresarial, pero son pocas las organizaciones a nivel de Ecuador que han adoptado este tipo de modelos, ya sea por desconocimiento, falta de confianza o escepticismo sobre el impacto en la eficacia y eficiencia que éstos podrían generar en sus operaciones, cabe mencionar que la mayoría de los estudios solo quedan registrados en informes pero no aplicados, en el caso de la industria de producción de suelas se determina una baja iniciativa en la utilización de herramientas de mejora en cuanto a la reducción de desperdicios generados en la variación de productos [6] [2].

En el caso de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., en el área de inyección de suelas de la planta de calzado cementado, al ser considerado como un proceso nuevo implantado a finales del año 2018, se observa que no se cumple con el porcentaje de eficiencia requerido con respecto a la planificación, causado por los distintos paros del

proceso como lo son: los cambios continuos de materiales y herramientas para la elaboración de diferentes modelos de suelas, paros por cambio de molde, paros por cambios de material, paros por fallo de las inyectoras y diversos problemas que generan pérdidas de producción y dinero. Además, la organización al contar con un enfoque de mejora continua, desconoce sobre la metodología Lean Six Sigma, que analiza la variabilidad del proceso y el control del mismo en condiciones reales de producción y de eficiencia combinando las métricas de Six Sigma para un mejor desempeño.

### **1.1.2 Estudio del arte**

Motorola da origen a la metodología Six Sigma a finales de la década de los 80, con el fin de incrementar la rentabilidad de la compañía por medio de la disminución de defectos en productos electrónicos. La organización se propuso mejorar diez veces los niveles de calidad en cinco años. En 1989 había logrado optimizar los productos y servicios cien veces respecto de esa meta. Alcanzando aproximadamente 4,500 millones de dólares en ahorros desde 1997 hasta 1999 y obteniendo el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988. Esta metodología emplea información y análisis estadístico para medir y reducir la variación del proceso, mejorando el rendimiento operativo de la organización, por medio de la identificación y eliminación de las causas raíces de los defectos y residuos [7] [8].

Six Sigma es considerado como una evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua; permite remover con exactitud problemas y demostrar los mejoramientos a través del uso del control estadístico para un manejo eficiente de datos para brindar un mejor producto y/o servicio, a través de la eliminación de la variabilidad en los procesos y el logro de un nivel de defectos menor o igual a 3.4 Defectos Por Millón de Oportunidades. El principio fundamental de esta metodología es el enfoque al cliente; Utiliza el proceso DMAIC con el fin de: Definir los problemas y situaciones a mejorar, Medir para obtener información y datos de los procesos, Analizar la información recolectada, Implementar mejoras a los procesos y finalmente, Controlar los procesos o productos con el objetivo de alcanzar resultados sostenidos [9] [10].

Las herramientas analíticas para Six Sigma se usan en los programas tradicionales de mejora de calidad y su aplicación se integra al sistema de administración corporativa. Las herramientas comunes de todas las iniciativas de calidad son: diagramas de flujos, gráficas de corridas, gráficas de Pareto, histogramas, formas de comprobación, diagramas de causas y efectos, y gráficas de control [11].

Además de Motorola, dos organizaciones que contribuyeron a consolidar la estrategia Six Sigma y sus herramientas son: Allied Signal, que inició su programa en 1994 en la cual logro más de 2.000 millones de dólares en ahorros de 1994 a 1999 y General Electric (GE), que inició en 1995 que alcanzo más de 3,000 millones de dólares en ahorros en dos años de 1998 a 1999. Por otro lado, la empresa Ford ahorro 52 millones en el 2000 en base a la reducción de desperdicio llegando a Six Sigma [12] [8].

Por otro lado, Lean Manufacturing es una filosofía de producción que tuvo sus orígenes en Japón con el sistema de producción Toyota, cuyos objetivos principales son la eliminación del desperdicio y la creación de valor, uno de los representantes de esta filosofía fue Taiichi Ohno, ingeniero de la empresa, en la cual su jefe Eiji Toyoda, le propone que mejore el flujo del proceso basándose en la metodología de Henry Ford en la producción en masa, en la cual aplica diferentes estrategias llegando a reducir las actividades que no agregan valor y mejorando la eficiencia del negocio logrando la mejora continua del área de producción aplicando distintas herramientas, su implementación se ha realizado exitosamente arrojando resultados prodigiosos a lo largo de los años [13] [14] [15].

Los creadores del concepto entendido hoy día como Lean Manufacturing fueron James P. Womack y Daniel T. Jones, del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Los investigadores analizaron la evolución de los sistemas de gestión de producción, en particular, lo que sucedió durante los últimos 50 años del siglo veinte en la industria automotriz japonesa, americana y europea. Pudieron definir los principios en que se basaron las empresas automotrices exitosas, estos conceptos los difundieron para ayudar a aplicarlos en empresas manufactureras y de servicios de cualquier tipo, tanto de Estado Unidos como del resto del mundo, los principales desperdicios que se tiene en esta metodología son la sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios, transporte, desaprovechar la capacidad de las personas, los defectos, reprocesos e inventarios [16] [17].

En base a la creación de Lean Manufacturing se pone de manifiesto en la práctica con la aplicación de una gran variedad de técnicas, muy diversas entre sí, que se han ido aplicando en empresas de todo tipo de sector y tamaño, para lo cual se aplica herramientas como lo son; el Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping), Justo a Tiempo (JIT), Cambios Rápidos (SMED), Kanban, 5S, el Mantenimiento Total Productivo, los Poka Yokes, entre otros, el objetivo principal es eliminar los desperdicios en sistemas de producción y servicios [18] [19] [20].

Cabe mencionar que a lo largo de los años se han desarrollado metodologías y filosofías con el fin de maximizar el valor para las empresas, sin embargo, los enfoques y objetivos de estas metodologías y filosofías han sido limitados al área productiva, al igual que sus herramientas. A finales de 1990, tanto Allied Signal y Maytag independientemente diseñaron programas que combinan aspectos de ambos Lean Manufacturing y Six Sigma, creando así una filosofía y metodología que combina Lean Manufacturing con Six Sigma llamándola Lean Six Sigma, con el objetivo de mejorar la calidad, reducir la variación, eliminar los desperdicios, disminuir los tiempos de producción e incrementar la eficiencia y capacidad del proceso [9] [21] [22].

La integración de las dos metodologías se ve reflejada en la mejora competitiva que puede darse en las organizaciones, mediante la Figura 1, se observa que en el eje horizontal representa la perspectiva del valor del cliente, incluyendo en la calidad y el rendimiento de la entrega, en el eje vertical se puede apreciar el coste que incide en el fabricante para ofrecer el producto o servicio al consumidor [23].

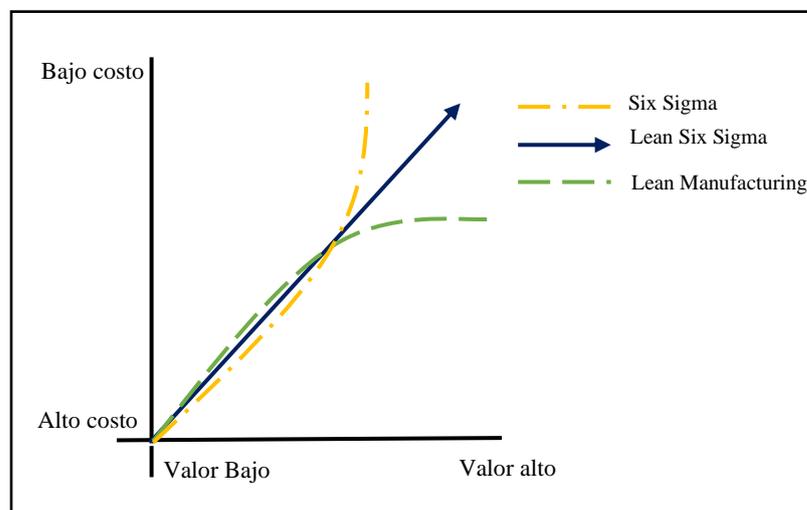


Fig. 1 Naturaleza de la ventaja competitiva de Lean Six Sigma [23]

Al contar solo con Six Sigma las mejoras decae al énfasis que tiene en el progreso de la calidad y entrega de los productos sin tomar en cuenta la eliminación de actividades que no agrega valor, en cambio al tener solo Lean Manufacturing se tiene la nivelación de optimización en la racionalización del flujo del proceso, pero el beneficio se denota mínimo que al hacerlo con métodos de análisis de datos y controles estadísticos de calidad, por tanto al unificar las dos metodologías se complementan para lograr una mejor competitividad en las organizaciones [23].

Lean Six Sigma se lleva a cabo utilizando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar) fases que permiten mejorar los procesos de manufactura y la utilización de herramientas de Lean para la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor. Por ejemplo, Honeywell ha utilizado Lean Six Sigma para reducir la variación en procesos de fundición y acelerar la velocidad del proceso, ya que tiene como objetivo solucionar un problema en el menor tiempo posible mediante la combinación o relación del Solo Hágalo (Just Do It) de Lean Manufacturing y el análisis estadístico profundo de Six Sigma [9] [21].

Las organizaciones latinoamericanas han logrado grandes beneficios en la reducción de desperdicios en sus procesos, generando ahorros y reducción de tiempos de entrega principalmente por la reducción de inventarios y reprocesos en sus operaciones. Una investigación desarrollada para la mejora de la productividad en dos empresas del sector cuero, calzado y marroquinería de Cali, se evidencia la inexistencia de una adecuada distribución de planta, ocasionando la baja productividad y dificultad del flujo de los trabajadores y materiales, en la cual establece la aplicación de la metodología para la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso mediante la recolección de tiempos y gráficos estadísticos de control, llegando así a establecer una mejora mediante la estandarización de los procesos e incrementando la eficiencia y eficacia en la producción de calzado [24] [6].

Un estudio realizado por la Universidad de la Salle en Bogotá, en el que propone una mejora del proceso de armado de calzado en la empresa Adrenalina S.A.S mediante la utilización de la metodología Lean Six Sigma, en la solución de problemas en procesos de manufactura; propone cinco pasos los cuales son: identificar y medir el problema, análisis de la causa raíz, plantear una solución, verificar la solución y controlar, en dicha investigación se determinó que aproximadamente el 93,83% del

tiempo de ciclo corresponde a actividades que no generan valor al proceso, y propone implementar herramientas de Lean Manufacturing y estandarización para disminución de los tiempos muertos, como las instrucciones del correcto procedimiento de guarnición de calzado (Poka-Yoke), la ficha técnica de producto y la sistematización del MRP, permitieron disminuir la variabilidad y los errores humanos del proceso. Se obtuvo una disminución en el tiempo de ciclo de aparato de aproximadamente el 68,7%, reflejada en un incremento tanto en la productividad del área como en los ingresos de la empresa validando dicha información con la simulación en ProModel de las mejoras establecidas [25] [7].

Las fábricas de calzado a nivel de Latinoamérica cuentan con metodologías para mejorar sus procesos, si bien es cierto que uno de los procesos esenciales es la elaboración de suelas de calzado, por ello mediante un análisis del desperdicio del proceso se determinó el exceso de inventario, productos defectuosos, transporte, espera, sobreproducción y movimiento. Mediante el uso de herramientas de recopilación de datos y el diagrama VSM, recomienda la revisión, el seguimiento y la aplicación de las herramientas SMED, 5S, VSM Y KAIZEN en los procesos de producción de suela en PVC, con la finalidad de reducir el tiempo de procesamiento y reducción de inventarios, sin embargo en otra organización se establece el rediseño de la productividad del proceso de fabricación de suelas y el mejoramiento de tiempos en producción, en la cual se obtuvo incremento en la productividad de 26 pares/operario a 30 pares/operario con mejor manejo de la mano de obra usando herramientas de Lean Manufacturing en estandarización de procesos [26] [27].

### **1.1.3 Fundamentación teorica**

#### **Proceso productivo**

Proceso es un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad de transformar las entradas en salidas que agreguen y suministre un producto a un cliente externo o interno, el proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información. Las entradas y salidas incluyen tránsito de información y de productos [11].

Para determinar si una actividad realizada por una organización es un proceso o subproceso, debe cumplir los siguientes parámetros:

- El proceso cuenta con un propósito definido.
- El proceso tiene entradas y salidas, en donde se identifica los clientes, proveedores y producto final.
- El proceso se descompone en operaciones más simples.
- El proceso se estabiliza mediante la aplicación de la metodología de gestión de tiempo, recursos y costos [28].

### Estructura de un proceso

Los procesos poseen una estructura definida que tiene como elementos: los inputs (entradas), outputs (salidas), recursos y requisitos [29]. A continuación, en la Figura 2, se ilustra la estructura de un proceso productivo.

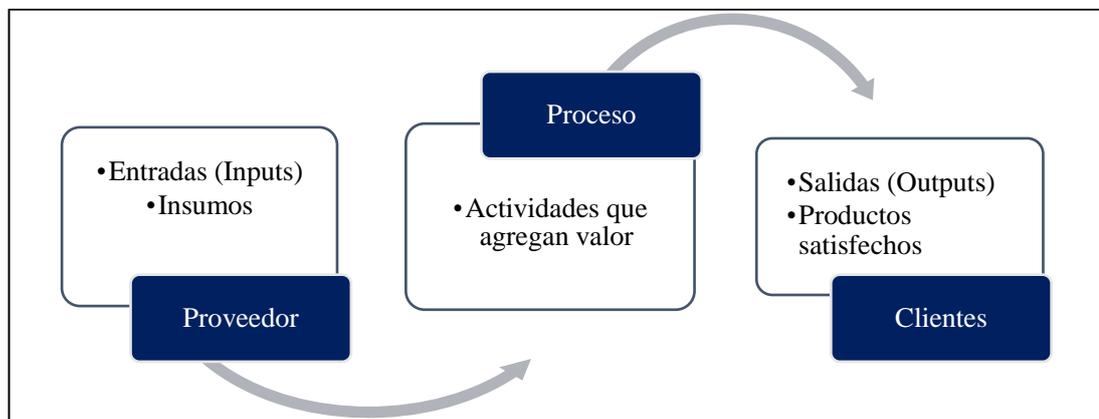


Fig. 2 Estructura de un proceso productivo [28]

Los inputs o entradas son entidades que se transforman por el proceso de crear los outputs o salidas. En general son materiales o información, pero también pueden ser recursos humanos, financieros, o condiciones medio ambientales requeridas para llevar a cabo el proceso [28].

Un proceso debe ser bien descrito cuando se ejecuta el levantamiento del mismo, en la cual debe ser bien descrito para que sea comunicado al personal, la forma más sencilla de representar dicho proceso y en base a la norma ISO 9000:2015 es por medio de flujogramas y debe ser evaluado mediante indicadores que señalen la información global del proceso en diversos factores de cumplimiento de producción, indicadores de calidad y de cumplimiento, así también como indicadores financieros que permitan tener un panorama amplio ante la toma de decisiones de manera gerencial [28].

## Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo del proceso se representa de manera esquemática como fluye un producto o servicio al pasar por las diversas operaciones de procesamiento, se visualiza el sistema completo y se identifica los puntos problemáticos potenciales, particularmente es útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales [30], en la cual se utiliza una simbología particular presentada en la Tabla 1.

**Tabla 1** Simbología utilizada para diagramas de flujo del proceso [31]

Símbolo	Significado	Descripción
	Inicio o finalización	Simboliza el inicio o finalización del proceso.
	Operación	Se utiliza para describir una acción dentro del proceso.
	Inspección	Significa una revisión del producto en términos de calidad.
	Decisión	Señala cuando se debe tomar una decisión dentro del proceso
	Dirección del flujo	Indica el movimiento de los materiales u operarios de un lugar a otro.
	Archivo	Indica que un documento debe ser guardado de forma temporal o permanente.

## Cursograma analítico

Un cursograma analítico es la representación gráfica del orden de cada una de las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que se generan durante un proceso, en la cual se utiliza los símbolos de la norma ASME presentada en la Tabla 2, adicionalmente, se utiliza la información adecuada para el análisis, como el tiempo requerido y distancia recorrida [24].

**Tabla 2** Simbología utilizada para cursogramas analíticos según ASME [31]

Símbolo	Significado	Descripción
 Circulo grande	Operación	Establece una acción que agrega valor al producto como, por ejemplo, clavar, mezclar, taladrar etc.
 Flecha	Transporte	Se denomina el movimiento de material de un lugar a otro mediante el uso de coches, personas, maquinaria etc.
 Triángulo	Almacenamiento	Representa materia prima en algún almacén, producto terminado apilado sobre tarimas etc.
 Letra D mayúscula	Retraso o espera	Establece la espera de material a ser procesado, documentos en espera a ser archivados etc.
 Cuadrado	Inspección	Representa el examinar el material para observar si está bien en cuanto a cantidad y calidad o analizar las formas impresas para obtener información.

### **Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido es un modelo más o menos a escala, que muestra el lugar donde se efectúan las operaciones y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo con la finalidad de ejecutar las acciones requeridas, además representa un complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta [31].

### **Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) es una metodología que se fundamenta en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas, temporal, material, eficiencia o procesos. Los principales propósitos son eliminar el desperdicio, mejorar la capacidad del sistema, reducir el tiempo de flujo, disminuir los inventarios, satisfacer a los clientes, eliminar los cuellos de botella, y mejorar las comunicaciones [32].

La palabra desperdicio también se la conoce como muda, se describe como algo que no agrega valor al producto, pero adicionalmente consume recursos como tiempo, dinero, mano de obra, espacio, entre otros. Por tanto, para eliminar el desperdicio o disminuirlo, por lo cual ha sido clasificado en las siguientes categorías:

1. **Sobreproducción.** Producir el producto más rápido o en cantidades mayores a las requeridas tanto para el cliente interno y externo.
2. **Espera.** Es el tiempo perdido mientras se espera por el próximo paso del proceso o por cambios de materiales para el desarrollo de diferentes modelos.
3. **Inventario.** Se considera al almacenamiento excesivo de materia prima, en proceso o terminada que ocupa espacio y requiere de una administración adicional.
4. **Transporte.** Mover material en proceso o producto terminado de un lado a otro, generalmente no agrega valor al producto.
5. **Defectos.** Reparación de un material en proceso o repetición de un proceso.
6. **Sobre procesos.** Se lo denomina al desarrollar más trabajo o calidad más alta de la que el cliente requiere.
7. **Movimiento.** Cualquier movimiento de personas o máquinas que no agreguen valor al producto o servicio.
8. **Subutilización del personal.** Cuando no se utilizan las habilidades y destrezas del personal como su habilidad creativa, física y mental [33].

Con el fin de eliminar todas las mudas anteriormente enunciadas, la manufactura esbelta hace uso de las siguientes herramientas presentada en la Figura 3.



Fig. 3 Herramientas de Lean Manufacturing [18]

## **Six Sigma**

Six Sigma es una evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua, como el Control Estadístico de Proceso y la Administración de la Calidad Total TQM [10]. En este sentido Six Sigma en su éxito, se basa en los siguientes aspectos:

- Se basa en la reducción de la variabilidad, y con ello se establece encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos de los procesos del negocio, así como disminuir los costos directos de operación.
- Hace uso intensivo de datos y herramientas estadísticas.
- Los resultados de las mejoras son medibles desde el punto operacional y financiero.
- Genera un cambio cultural orientado a la excelencia operacional.

Por otro lado, se enfoca a mejorar métricas de eficiencia operacional, como tiempos de entrega, costos de no calidad y defectos por unidad. Mientras que, a nivel del proceso, en su nivel más elemental la meta de  $6\sigma$ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Six Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades de error [12] [10].

## **Herramientas de Six Sigma**

Six Sigma utiliza diversas herramientas que permiten la identificación de problemas de los procesos, así también las posibles técnicas de como atacarlos en base a la medición del fenómeno a ser estudiado y la forma de que los cambios efectuados se mantengan en el tiempo.

### **Histograma**

Es un gráfico que describe la variación del proceso, la capacidad y la relación con las especificaciones. También sugiere la forma de la población, e indica si hay diferencias en los datos, por lo que el análisis de un histograma da como resultado información acerca de las especificaciones, la forma de la distribución de frecuencia para la población sobre determinado problema de la calidad o del proceso que se observa en un gráfico estadístico en base a las frecuencias de los valores de tipo continuo o discreto [34].

## **Diagrama de Pareto**

Se lo define como un gráfico de barras que ayuda a la identificación de prioridades y causas, ya que se ordenan por importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso, se considera el principio de Pareto que establece que el 80% de la problemática en una organización es por causas simples, es decir, se debe a situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos. Pero, además, en todo proceso son pocos los problemas vitales que contribuyen en gran magnitud a la problemática global. La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada que el 20% generan la mayor parte del efecto del 80%, y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total, estableciendo una priorización de los problemas y atacarlos [12].

## **Gráfico ABC**

Es la representación gráfica de la relación de los artículos que son de mayor valor o producción durante un periodo de tiempo de 6 meses a 1 año, sirve para tener una óptima administración de los recursos de inventario y de toma de decisiones en el proceso productivo. En base a este método, los artículos se clasifican en clases, generalmente son A, B y C, permite dar un orden de prioridades a los distintos productos: Los productos en la zona A corresponde estrictamente al 80% de la valorización total, y el 20% restante se divide entre las zonas B y C, considerando porcentajes muy cercanos al 15% y el 5% del valor para cada zona respectivamente, por lo tanto los artículos A son los más importantes a los efectos del control que se implemente, por lo tanto, el diagrama se concentra los esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar, principalmente este diagrama se basa en el gráfico de Pareto [34].

## **Diagrama SIPOC**

El diagrama SIPOC significa en español proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes por sus siglas en inglés, por lo cual es una representación gráfica que sirve de complemento al mapa de procesos, tiene la finalidad de definir todos y cada uno de los componentes de un proceso, así como los elementos que tiene:

- El proveedor es quien suministra las entradas para la ejecución del proceso como insumos y materiales necesarios para iniciar las operaciones productivas.

- Las entradas del proceso son: materiales, información o recursos con los cuales se desarrolla el proceso.
- El proceso es el conjunto de actividades y acciones que son realizadas sobre las entradas con la finalidad de conseguir las salidas del proceso en cuanto a un producto o un servicio.
- Las salidas se los denomina a los productos, subproductos o servicios que son el resultado de la ejecución de los procesos productivos de una organización.
- El cliente es quien recibe las salidas que se obtienen de los procesos, que pueden ser los clientes internos o externos [30].

### **Hoja de verificación**

Una hoja de verificación es un recurso que sirve para registrar datos y en esencia se trata de una lista de categorías que se basa en el fenómeno de estudio a ser medido sea estos en parámetros de calidad como defectos o en dimensiones a ser controladas en cualquier variable de tipo continua, por lo cual se da una lista de elementos o eventos, en la cual el usuario marca la cantidad de ocasiones que ocurre un evento específico, mediante un instrumento o por simple observación, se utiliza con frecuencia en conjunto con otras técnicas de aseguramiento de la calidad y además de tomas de cualquier variable a ser estudiada dentro del proceso [12].

### **Lluvia de ideas**

Es una técnica desarrollada para un grupo de personas creada para el trabajo en equipo, basado en el pensamiento creativo encaminada a todos los participantes que aporten ideas libremente sobre los problemas existentes en cierta área de trabajo, es de gran utilidad, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad llegar a una solución que no perjudique al personal ni a la organización [12].

### **Diagrama Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa es una figura formada por líneas y símbolos semejantes a una espina de pescado cuyo objetivo es representar una relación entre un efecto y sus causas, donde el problema principal representa la cabeza del pescado, en la cual emerge una espina central de donde se derivan las causas mayores o espinas grandes,

las causas se suelen descomponer en: materiales, mano de obra, método de trabajo, medio ambiente, medición y maquinaria, posteriormente cada causa principal se subdivide aún más en numerosas causas menores [12]. Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica teniendo así:

- Diagrama de Ishikawa flujo del proceso.
- Diagrama de Ishikawa 6 Ms.
- Diagrama de Ishikawa por estratificación [12].

### Cartas de control

Las cartas de control de Six Sigma se las denomina como un método gráfico que permite evaluar un proceso si se encuentra o no en un estado de control estadístico estable y dentro de los límites de control superior e inferior, adicionalmente se identifica permanentemente las posibles causas de variación de las características de los procesos, por lo cual, cuando un proceso está fuera de control se debe a causas especiales o inesperadas, ya que las causas comunes están incluidas en el desempeño del proceso [35]. Los límites de control, inferior y superior, establecen el inicio y final del rango de la variación, por lo tanto, esto permite conocer que el proceso está en control estadístico, existe una alta probabilidad de que todos los valores estén dentro de los límites y no tengan tendencias anormales. En la Figura 4, se muestra las partes que tiene una gráfica de control.

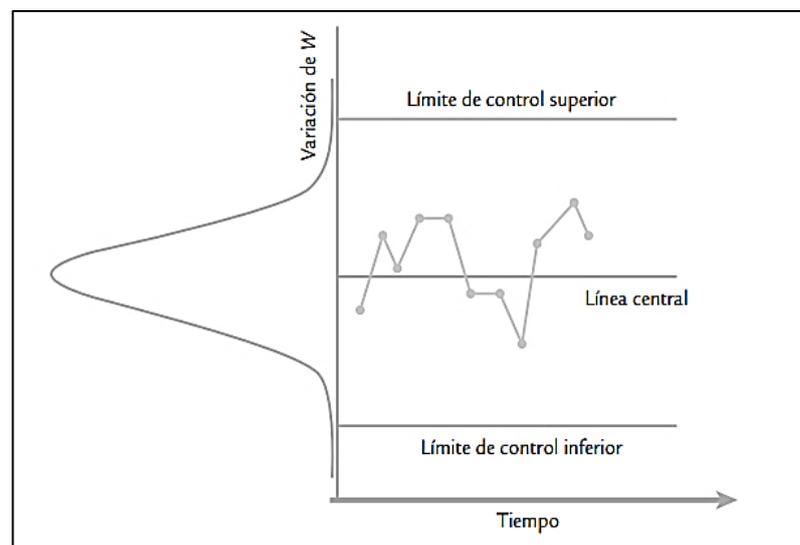


Fig. 4 Partes de la gráfica de control [12]

Existen dos tipos de cartas de control: para variables y para atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de tipo continuo, que son aquellas que requieren un instrumento de medición como, por ejemplo: tiempo, longitud, peso, temperatura etc., generalmente las cartas de tipo Shewart más usuales para datos continuos son de medias, de rangos, de desviaciones estándar y de medidas individuales [12].

Sin embargo, las cartas de control por atributos son aquellas que se basan en las características de calidad de un producto que no son medidas con un instrumento de medición en una escala numérica, por lo cual se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; también, al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene, por tanto, se usa las cartas de control para atributos que son para de proporción o fracción de artículos defectuosos, de número de unidades defectuosas, de número de defectos y de número de defectos por unidad [12].

### **Carta de control de muestras individuales**

La carta de control de muestras individuales es un diagrama para las variables de tipo continuo que generalmente se utiliza instrumentos de medición para la obtención de datos, principalmente se muestra en procesos lentos, en los cuales para la recolección de datos de una muestra de la producción se requiere periodos relativamente largos entre una medición y la siguiente, por lo tanto se es más fácil realizar un control directamente en las mediciones individuales, por otra parte los límites de control, coinciden por definición con los límites reales [12].

### **Índices de capacidad de proceso**

Los índices de capacidad del proceso se ven reflejados en el cumplimiento con las especificaciones con el objetivo de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria, permite evaluar la habilidad o capacidad de un proceso que consiste en conocer la amplitud de la variación normal o natural que permite saber si cumple con los requisitos del proceso sean satisfactorios, para definir el proceso se establece el número de especificaciones que debe tener el producto sea de una especificación o de doble especificación que define los índices de capacidad tanto para corto plazo como para largo plazo [12].

### **Índices de corto plazo**

Los índices de corto plazo se los determina a partir de bastantes datos tomados durante un periodo corto de tiempo para que no haya influencias externas en el proceso, o con muchos datos de un periodo largo, pero calculando  $\sigma$  con el rango promedio [12].

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (1)$$

#### **Donde:**

$\sigma$ =Desviación para corto plazo.

$\bar{R}$ = Media de los rangos de los subgrupos.

$d_2$ = Constante en función al tamaño del subgrupo.

### **Índices de largo plazo**

Los índices de largo plazo se los obtiene en base a una gran cantidad de datos tomados de un periodo largo para que los factores externos influyan en el proceso, y  $\sigma$  se estima mediante la desviación estándar de todos los datos [12].

$$\sigma = S \quad (2)$$

#### **Donde:**

$\sigma$ =Desviación estándar para largo plazo

$S$ = Desviación estándar de los datos

### **Estimación por intervalo de los índices de capacidad**

La estimación por intervalo de los índices de capacidad señalan una forma de validación cuando se tiene muestras pequeñas, por lo cual indica que un valor grande del índice muestral no necesariamente quiere decir que se tiene buena capacidad de proceso o un valor pequeño no implica una mala capacidad del proceso, por tanto, se utiliza intervalos de confianza para los índices Pp y Ppk o Cp y Cpk, que son para los índices de largo plazo y los índices de corto plazo respectivamente que contribuyen a la validez de los datos obtenidos [12].

## **Métricas Six Sigma**

Las métricas de Six Sigma se basan en un concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una organización, por lo cual cuenta con varios índices para determinar los valores de Sigma.

### ➤ **Índice Z**

El índice Z es la métrica de capacidad de procesos de mayor uso en Six Sigma. Se obtiene calculando la distancia entre la media y las especificaciones superior e inferior, y esta distancia se divide entre la desviación estándar. Adicionalmente, añadiéndole 1,5 al índice Z de largo plazo se obtiene el valor de sigma del proceso [12].

### ➤ **PPM (Partes por millón)**

Las ppm o partes por millón indica el número de partes no conformes en el proceso, se utiliza para llevar un control de los productos defectuosos o rechazados, ya que mientras más bajo sean los PPM, el proceso de producción será más eficiente con un producto de buena calidad o un proceso que cumpla con las especificaciones no necesariamente de calidad [12].

## **Rendimiento del proceso (yield)**

El rendimiento esperado del proceso denominado yield, determina el porcentaje de elementos que, si cumplen con las especificaciones del cliente, se lo obtiene el valor porcentual de los elementos de Six Sigma [12].

## **Lean Six Sigma**

Lean Six Sigma es una metodología que maximiza el valor de los grupos de interés mediante la consecución de mejores indicadores en la satisfacción del cliente interno y externo, también se enfoca en la mejora de los costes, calidad y velocidad de proceso. De esta manera, la integración de Lean Manufacturing y Six Sigma se utiliza debido a que Lean Manufacturing no puede hacer que un proceso esté bajo control estadístico, por otro lado Six Sigma, no puede mejorar simultáneamente la velocidad del proceso y reducir la inversión en proyectos de mejora, cabe mencionar que ambos enfoques contienen una gama de herramientas y técnicas que se complementan y refuerzan, por

lo que proyectos de dicha combinación brindan notables resultados, la adopción y mezcla de estos dos enfoques no está exenta de problemas [25].

### Evolución de Lean Six Sigma

A lo largo de los años diferentes metodologías de mejora se han ido sumando para tener una metodología que acoplara todos los sistemas, comenzado desde los TQC(Control de la Calidad Total) unificado con los círculos de calidad se tenía los TQM(Total Quality Management) que tiene como significado gestión de calidad total, por otra parte dos metodologías emergen en cuanto a su sistema JIT(Just in time) que establece el sistema justo a tempo creando la clase mundial, luego a estas metodologías se integra los TPM(Mantenimiento productivo total) además de TOC(Teoría de restricciones) y obteniendo así la Clase Lean Manufacturing o Lean Enterprise para confinarse con Six Sigma, teniendo finalmente la nueva metodología que engloba todas las herramientas para la solución de problemas denominada Lean Six Sigma como se muestra en la Figura 5, la evaluación a lo largo de los años [18].

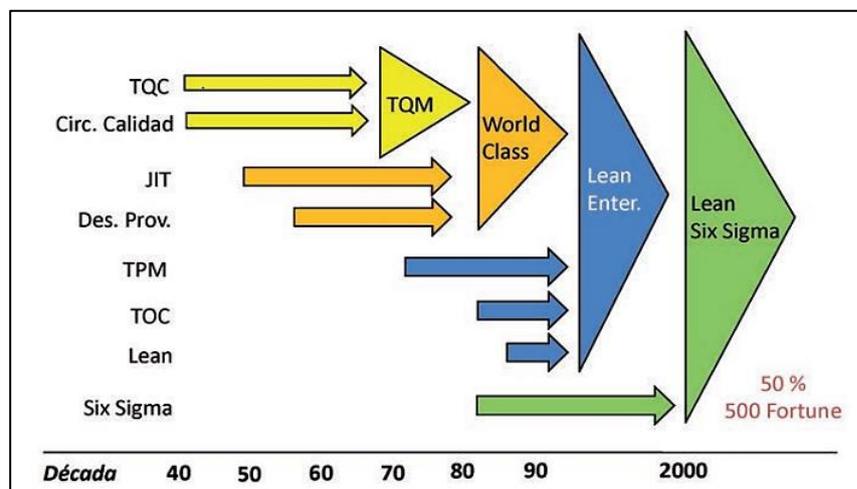


Fig. 5 Evolución de Lean Six Sigma [18]

Por otro lado, la clave de la integración de estas dos metodologías en un solo enfoque es desarrollar las actividades de una forma más rápida que las tradicionales, además de más baratas, son seguras y más ecológicas para la empresa; por tanto, Lean Six Sigma tiene una razón de ser: llegar a la excelencia en poco tiempo, acelerar la velocidad de los proyectos de mejora y atacar los costos de la complejidad y disminuirlos [36]. En la Figura 6 se indica de forma resumida de los beneficios que se tiene al unir ambas metodologías de una manera resumida y de fácil entendimiento.

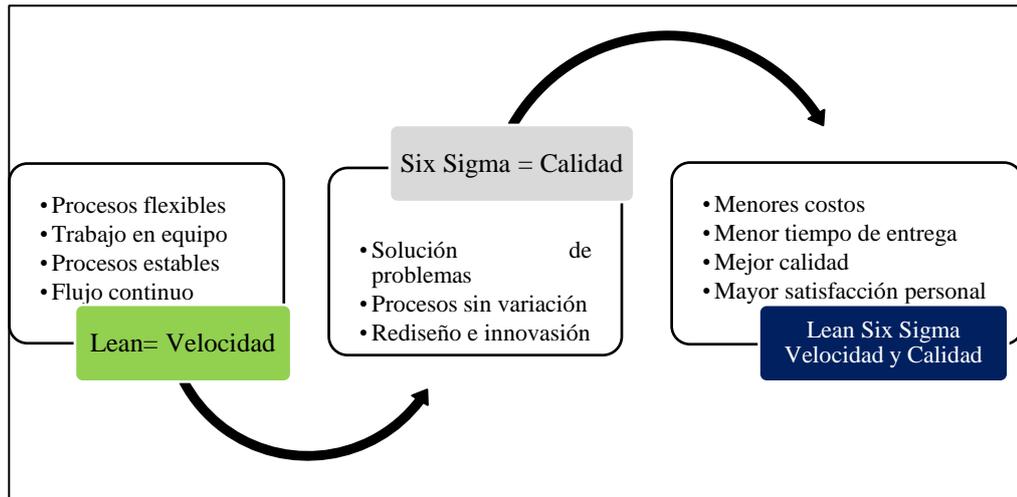


Fig. 6 Beneficios de la unión de Lean y Six Sigma [18]

### Lean Six Sigma-DMAIC

Lean Six Sigma utiliza la metodología DMAIC, con las cinco fases compuestas de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y tiene establecido mejorar el proceso productivo mediante el control estadístico conjuntamente con las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar los procesos productivos y que se mantengan en el tiempo considerando cada factor crítico que afecte a corto o a largo plazo las acciones correctivas para los procesos y manteniendo una cultura de orden y de mejora continua basados en el ciclo de Deming para el desarrollo de los proyectos Lean Six Sigma [37] [38].

Sin embargo, antes de establecer cada una de las fases de DMAIC, Lean Six Sigma tiene como fundamento el compromiso de la dirección, en la cual señala que es una parte clave antes de ingresar a profundidad la metodología, adicionalmente todo proceso garantiza la continuidad de la metodología, por tanto mediante la asignación de los recursos necesarios y el impulso en toda la organización, se toma en cuenta la alineación estratégica para definir el rumbo y enfoque que debe tomar Lean Six Sigma dentro de la organización, y para ello primero se debe conocer su planeación estratégica, y en caso de no tenerla, se debe por lo menos conocer las proyecciones de la organización a mediano y largo plazo, sin hacer a un lado el enfoque al cliente que es de suma importancia, ya que la organización conozca quiénes son las partes interesadas en este proceso. Consiguientemente al contener estos criterios del uso de esta metodología en la Tabla 3, se muestra las etapas de Lean Six sigma en su enfoque metodológico para la resolución de problemas mediante DMAIC [10].

**Tabla 3** Etapas de Lean Six Sigma-DMAIC [10]

Etapa	Descripción
<b>Definir</b>	En esta etapa se define los aspectos generales del proyecto de mejora en el cual se establece el problema, equipo de trabajo, programación de las actividades, métricas, variables del proceso, actividades del proceso u otra información necesaria para realizar la completa caracterización del proceso.
<b>Medir</b>	En esta etapa se valida el sistema de medición, además se define el plan de recolección de datos con el fin de recopilar información necesaria para hacer seguimiento a las medidas de desempeño y realizar análisis estadístico que permita identificar la causa raíz de los problemas de la etapa de definición.
<b>Analizar</b>	Se identifica y analiza las causas potenciales para posteriormente determinar la causa raíz, para ello se utiliza herramientas como el diagrama de Ishikawa y Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF).
<b>Mejorar</b>	En base a la causa raíz identificada se define acciones específicas para darle solución al problema y alcanzar el objetivo propuesto, en las acciones de mejora se utiliza herramientas de la Manufactura Esbelta, como las 5S, el Kanban, los Flujos de una Pieza, el Mantenimiento Total Productivo, el SMED, la Gerencia Visual, el Balanceo de Líneas y los Poka Yokes, además es necesario validar resultados mediante la implementación o simulación.
<b>Controlar</b>	En esta etapa se estandariza e integra las mejoras a los procesos y se definen los mecanismos de control de mejoras, los cambios a las partes interesadas, y si es necesario capacitarlos, para asumir los nuevos cambios. Para crear disciplina y orden se puede acudir a herramientas

### **AMEF**

El análisis de modo y efecto de fallo (AMEF) es una técnica analítica (una prueba escrita) donde se combinan la tecnología y la experiencia de las personas para identificar modos de fallo previsibles en un producto, servicio o proceso, y para planear su eliminación y mejora del mismo [34]. En este sentido, el análisis de modo y efecto de falla se puede describir como un grupo de actividades que pretenden:

- El reconocimiento y evaluación de la falla potencial de un producto, servicio o proceso, y sus efectos.
- La identificación de acciones que puedan eliminar o reducir la probabilidad de que suceda la falla potencial.
- Finalmente documentar el proceso.

El análisis de modo de falla se define como una acción que señala antes de que suceda, que requiere un esfuerzo de equipo para reducir en la forma más fácil y menos costosa los cambios en el diseño y la producción. Hay dos tipos de análisis de modo de falla y efecto: de diseño y de proceso [39] [34].

### **Estudio de tiempos y movimientos**

El estudio de tiempos es una técnica utilizada dentro de la medición del trabajo, ya que permite registrar el tiempo y el ritmo de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida y realizada en unas condiciones determinadas de trabajo, para ello se selecciona un trabajador calificado que posea aptitudes, destrezas y conocimientos necesarios para el desempeño de las actividades que se desea analizar de un proceso de cualquier tipo, por lo tanto la fijación de tiempos estándar se requiere un alto grado de objetividad por parte del analista de tiempos y un evidente sentido de justicia, ya que se debe asignar un nivel que pueda alcanzar y mantener un trabajador calificado sin excesiva fatiga [40].

### **Capacidad de producción**

La capacidad de producción se la define como el máximo nivel de actividades productivas que puede alcanzarse en una empresa de bienes o servicios en la práctica, por tanto la capacidad de producción es un indicador clave para la toma de decisiones como contratación o despido de personal, inversión en maquinaria, nuevas instalaciones, etc, pero generalmente está fijada en base al tiempo estándar para determinar el número de unidades que se elaboran en una unidad de tiempo [40].

### **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**

La herramienta SMED por sus siglas en inglés significa “Single Minute Exchange of Die” o cambio de herramientas en un solo dígito de minuto de Lean Manufacturing, establece el tiempo de cambio es el cual transcurre desde la última pieza buena del lote anterior hasta la primera pieza buena del lote que viene en camino. A través de su aplicación, pueden obtenerse reducciones de tiempo de hasta de un 50%, lo cual posibilita y contribuye a cualquier empresa, a aumentar su productividad y cumplir con expectativas y necesidades de los clientes sin comprometer la calidad y seguridad de sus productos o poniendo en riesgo sus utilidades [41].

El sistema SMED establece disminuir el tiempo muerto o que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio constante de modelos de productos, por lo tanto, es necesario reducir el tiempo de paso de producir un tipo de producto a otro con diferentes elementos del proceso, por ello se presentan algunos de los beneficios que aporta esta herramienta que son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción [41].

### **FlexSim**

FlexSim es un software para la simulación de eventos discretos, que permite analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, sin embargo, FlexSim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D a escala de las instalaciones generando una apariencia real con las dimensiones del emplazamiento, además de definir los turnos de trabajo, y la simulación de los sistemas logísticos al finalizar los procesos de manufactura [42].

FlexSim es usado por empresas líderes en la industria para simular sus procesos productivos como lo son: Coca Cola, FedEx, Apple, IBM, Toyota, Amazon entre otros. Por tanto, estas organizaciones utilizan el software con la finalidad de validar cualquier mejora antes de ponerlo en marcha. El software tiene grandes beneficios como:

- El software se orienta a objetos lo que admite una mayor visualización del flujo de producción de manera sencilla.
- Todo el proyecto generado en FlexSim, se desarrolla en un ambiente tridimensional y permitir importar infinidad de objetos de distintos paquetes de diseño, incluyendo AutoCAD, Solid Works, Revit, Google Sketch-Up, etc.
- FlexSim, no sólo simula sistemas discretos, sino que también se permite la simulación de fluidos o modelos combinados continuo-discreto.
- Las distribuciones de probabilidad de cada proceso se representan con gran precisión en lugar de valores promedio para representar fielmente la realidad.

- Existe mayor flexibilidad y mayor facilidad para obtener reportes de forma gráfica y todo lo que se refiere a los estadísticos del proceso productivo [43].

Un modelo con el software FlexSim es un sistema en donde el flujo de entidades denominado flowitems que son aquellos que viajan a través del modelo, por otro lado las colas o queues en inglés, se utiliza para el almacenamiento temporal de elementos hasta que se ejecute el proceso siguiente o denominado processor y sistemas de transporte o transportation mediante personas o maquinaria en la cual se visualiza de forma animada los elementos como fluye dentro del proceso como ejemplo se obtiene en la Figura 7 [43].

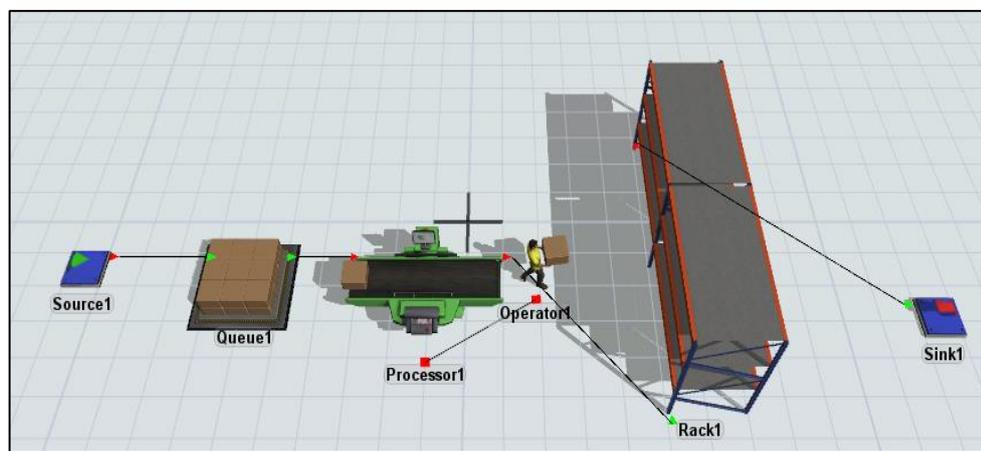


Fig. 7 Modelo de simulación 3D FlexSim 2019

La simulación mediante FlexSim, permite manejar valores promedio en los modelos en base a los datos referentes a tiempos de producción, tiempos de mantenimiento o cualquiera que se desee. La desventaja de utilizar promedios es que no contemplan un efecto muy importante, el de la aleatoriedad y variabilidad, por lo tanto, se establece que se usa la variabilidad como un factor clave de la simulación de manufactura a considerar las condiciones reales.

### **ExpertFit**

La herramienta de FlexSim denominada ExpertFit es un módulo de ajuste de curvas al que se le introducen los tiempos o valores que se quieren analizar para que en lugar de promedios, determine cual es la distribución de probabilidad que mejor se ajusta de forma rápida y automática para de esta manera tener contemplada la realidad de los hechos basado en un estudio de tiempos y movimientos [40].

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar un análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
- Aplicar las herramientas Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado.
- Plantear una propuesta de mejora en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. mediante la utilización de la metodología Lean Six Sigma.

## **CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA**

### **2.1 Métodos**

#### **2.1.1 Enfoque**

El proyecto de investigación poseerá un enfoque tipo cualitativo y cuantitativo, mediante el enfoque cualitativo se desarrolla la recolección de información organizacional y productiva de la empresa, así como la contextualización de los datos obtenidos; mediante el enfoque cuantitativo se mide las condiciones del proceso de inyección, así como el tiempo de procesamiento, capacidad del proceso, además se emplea la estadística para el análisis de la realidad objetiva del proceso [44].

#### **2.2.1 Modalidad de investigación**

##### **Modalidad Investigación Aplicada**

El presente trabajo se lo desarrolla con la modalidad de investigación aplicada; porque se utiliza los conocimientos adquiridos que incluye cualquier esfuerzo sistemático y socializado para resolver problemas, por lo que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad del proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. [45].

##### **Modalidad Investigación Bibliográfica-Documental**

La investigación se emplea con la modalidad bibliográfica documental, debido a que se acude a fuentes de informaciones primarias y secundarias en libros, revistas, tesis, artículos científicos y páginas web, para recolectar información útil y contar con una base teórica, que ayudará a obtener los conocimientos necesarios respecto a la metodología de Lean Six Sigma y poder desarrollarla.

##### **Modalidad Investigación de Campo**

También se trabaja con la modalidad de investigación de campo porque el estudio se realiza en su totalidad dentro de las instalaciones de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. en donde se produce los hechos, para interactuar y obtener información del proceso productivo y recopilar datos para el estudio.

### 2.1.3 Población y muestra

La investigación se la realiza sobre el área de inyección de suelas de calzado, en el proceso de cambios de molde, para lo cual se toma los datos del tiempo de ciclo y se establece una estimación por turno del promedio de cambios como muestra en la Tabla 4, en base a datos históricos del periodo enero-junio 2019.

**Tabla 4** Estimación de cambios de molde promedio por turno

Cambios por turno	
Total, de cambios	1193
Total, de turnos	408
# Cambios/ Turno	$2,92 = 3$

Se estima el número de cambios de molde para un mes de observación y se considera el turno de mayor repercusión que es en la jornada de la tarde, posteriormente se establece el cálculo de la población estimada en la Tabla 5.

**Tabla 5** Cálculo de la población estimada

Población total estimada	
Dato	Valor
# Cambios por turno	3
Turno de la tarde	1
Días a la semana	5
Semanas al mes	4
Número de máquinas	2
Población=#Cambios*#Turnos*#días*#semanas*#máquinas	
Población total # cambios de molde-mes	120

Mediante la Tabla 5, se observa una población estimada de 120 datos por las dos máquinas inyectoras, por tanto, se desarrolla el plan de muestreo en la Tabla 6.

**Tabla 6** Plan de muestreo y toma de datos

Plan de muestreo para datos continuos		
1.-Información inicial		
a) ¿Qué es lo que se va a medir?	Unidades	Minutos con centésimas de minuto
b) ¿Cuál es el tamaño de la población?	N	120
c) ¿Cuál es la característica que se ha de medir?	Característica	Tiempo de cambio de molde
d) ¿Cuál es el error máximo admisible?	D	0,05
e) ¿Cuál es la probabilidad de éxito?	P	0,5
f) ¿Cuál es la probabilidad de fracaso?	Q	0,5
g) Seleccionar el nivel de confianza ( $z=1.96$ para un 95%)	Z	1,96

**Tabla 6** Plan de muestreo y toma de datos (Continuación)

2.-Estrategia de muestreo		
La estrategia de muestreo es no probabilística por conveniencia, debido a que los cambios no tienen una estimación estadística sino se lo realiza cada vez que se ejecute un cambio de molde referente a la planificación establecida.		
3.-Tamaño de la muestra		
Fórmula	$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{D^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$	
Resultado	91,61 = 92 cambios de molde	
# de datos por máquina	WT09 = 46 datos y WT10 = 46 datos	
4.-Frecuencia de muestreo		
Frecuencia	Se toma tiempos de cambios de molde de 1 turno cada día, por cada máquina durante un mes.	
Instrumento de medición		
Fotografía	Datos	
	<b>Tipo de Instrumento</b>	
	Cronómetro vuelta cero	
	<b>Marca</b>	
	Max Electronics	
	<b>Modelo</b>	
	MG-506	
	<b>Características</b>	
	Operación Manual	
	Dos líneas para cronometrar tiempo parcial y tiempo total con 1/100 s	
	Guarda y recuerda hasta 10 recorridos	
Formato 12/24 horas		
Cuenta Regresiva (33H59M59)		
Medidas: 83 x 64 x 25 mm		

### 2.2.2 Recolección de información

La recolección de la información del proyecto de investigación, se realiza directamente en las inmediaciones del emplazamiento en días laborables normales de trabajo, además se define en primera instancia, la caracterización del proceso de inyección de suelas de calzado mediante la utilización de las técnicas y herramientas de recolección de información en fundamentación con la metodología DMAIC de Lean Six Sigma, por lo cual se detalla cada una de las herramientas y técnicas en la Tabla 7.

**Tabla 7** Técnicas y métodos de recolección de información en etapas DMAIC

Técnicas o métodos para recolección de información				
Etapas	Actividades	Métodos o técnicas	Herramientas	Identificación
Diagnostico del estado actual		Observación, se logra obtener una percepción real del proceso y determinar el comportamiento del fenómeno de estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de recolección de información</li> </ul>	Formato de ficha de recolección de información Anexo 1
	Etapa de definición		Hojas de control de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de recolección de información</li> </ul>
Etapa de medición			Lluvia de ideas o brainstorming	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formato de lluvia de ideas a los trabajadores del área de inyección suelas</li> </ul>
	Etapa de medición		Observación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de chequeo para los moldes de suelas con regleta</li> </ul>
Etapa de medición			Método cronometraje de tiempos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de registro de tiempos</li> <li>Cronómetro Max Electronics</li> </ul>

#### 2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

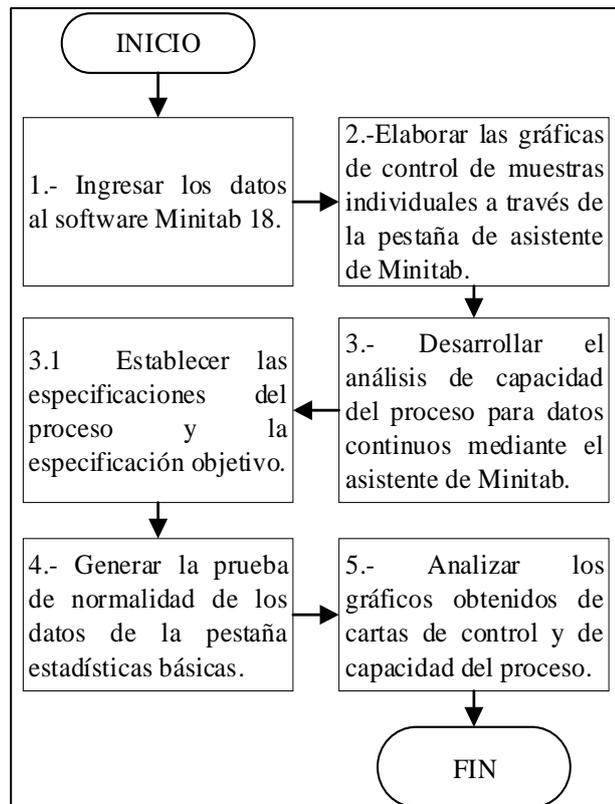
Los datos recopilados se siguen los siguientes procedimientos:

- Revisión crítica de la información recogida, eliminando información no necesaria, incompleta o errónea.
- Repetición de la recolección de datos, en ciertos casos para corregir errores de medición.

- Registro de datos cuantitativos y cualitativos mediante el software Excel de Microsoft Office, para consiguiente, desarrollar los cálculos pertinentes con el uso de fórmulas estadísticas para el tratamiento de los mismos.
- Caracterización del proceso productivo mediante el software Visio de Microsoft Office, para la elaboración de mapas de procesos y cursogramas analíticos.
- Elaboración de documentación desarrollada durante el proceso de investigación a través del software Microsoft Word y para la elaboración de formatos de recopilación de datos.

En el análisis de datos se desarrolla las siguientes actividades:

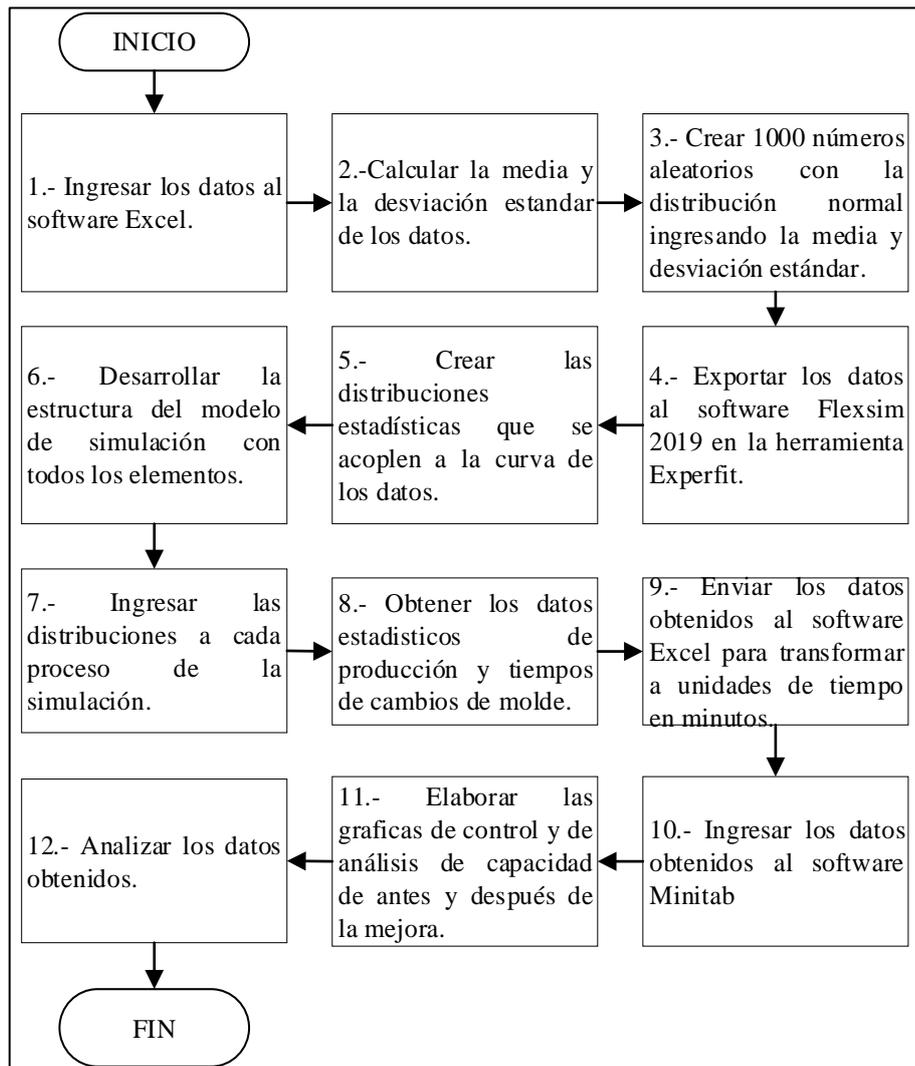
- Tabular la información recolectada.
- Analizar los datos de las métricas Lean Six Sigma mediante el software Minitab 18, en base a las actividades de la Figura 8.



**Fig. 8** Flujograma de actividades del software Minitab 18

- Examinar los problemas potenciales, determinados por la metodología AMEF, mediante gráficos estadísticos.

- Validar la propuesta de mejora con los datos cuantitativos obtenidos, mediante el software FlexSim 2019, para determinar parámetros estadísticos de mejora en cuanto a capacidad de producción y eficiencia del proceso productivo de suelas de calzado, en la cual se sigue las siguientes actividades ilustradas en el flujograma de la Figura 9.



**Fig. 9** Flujograma de actividades del software FlexSim 2019

- Discutir los resultados obtenidos, verificando la validez de los datos y del proceso simulado, con la comparación sistemática con varios autores sobre el tema del proyecto de investigación.

### 2.2.5 Desarrollo del proyecto

En el presente proyecto de investigación se emplea bajo la metodología de Lean Six Sigma (DEMAIC), en la que se detalla en la Figura 10.

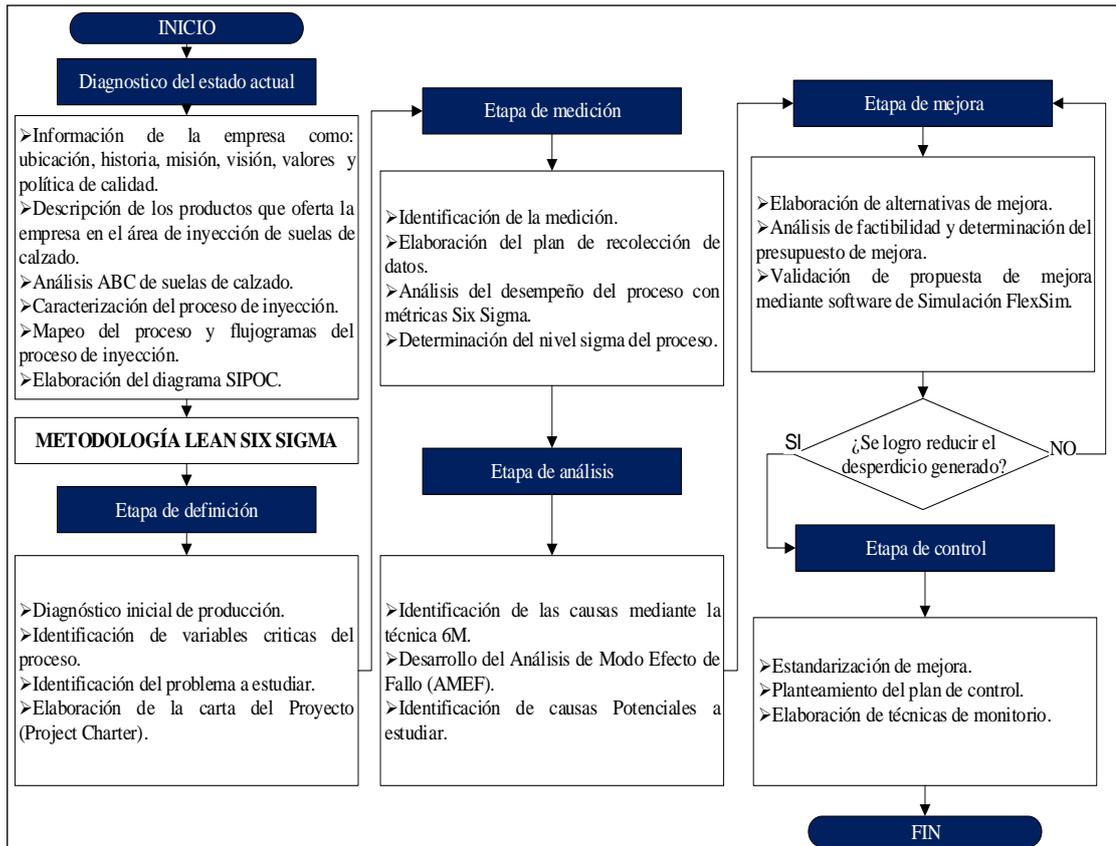


Fig. 10 Metodología Lean Six Sigma utilizada para la investigación

## Descripción de la metodología

### Diagnóstico del estado actual

En esta etapa se realiza el diagnostico general del proceso de inyección de suelas de calzado de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., en cual se desarrolla las siguientes actividades:

- Describir los datos informativos de la organización como: ubicación, historia, misión, visión y valores por medio de una investigación bibliográfica en el sitio web de la organización.
- Analizar los productos más elaborados en el área, mediante un diagrama ABC, en el cual se identifica los productos más producidos y el costo, los mismos que son otorgados por parte del departamento de planificación correspondiente al periodo enero-junio 2019, para posteriormente elaborar el diagrama con el software Excel e identificar las zonas; A que corresponde al 80% de la valorización, el 20% restante entre las zonas B y C, considerando porcentajes muy cercanos al 15% y el 5% del valor para cada zona.

- Caracterizar el proceso de inyección en cuanto a las actividades productivas del área, identificando los operarios y los turnos respectivos de trabajo, y establecer adicionalmente las características técnicas de las máquinas inyectoras.
- Elaborar un mapa de proceso y flujograma del área de inyección mediante la ficha de recolección de datos del Anexo 1, y representar gráficamente los diagramas con el software de Microsoft Visio, siguiendo la simbología ASME.

### **Etapas de definición**

En esta etapa se define el problema más crítico en el proceso de inyección en la cual se despliega las siguientes actividades:

- Definir el problema macro mediante un diagnóstico inicial de producción en cuanto al porcentaje de cumplimiento de los pares planificados con respecto a los pares producidos, mediante la tabulación de las hojas de registro diario de producción en el periodo enero-junio 2019.
- Identificar las variables críticas del proceso; se determina los factores que integran el problema; se maneja la técnica de lluvia de ideas mediante el formato del Anexo 3, y por medio de la información; se desarrolla el Diagrama de Ishikawa para identificar las causas ante el problema encontrado y establecer los problemas más recurrentes y atacar al más significativo [46].
- Desarrollar un análisis de pérdidas económicas generadas por retrasos de producción al generarse cambios de molde, considerando la determinación de la capacidad de producción en función a los tiempos estándares obtenidos de la empresa.
- Desarrollar la carta del proyecto o Project Charter en cuanto a las necesidades del negocio, la definición del problema, el objetivo, alcance, así como los recursos humanos, materiales y las métricas de medición del proceso.

### **Etapas de medición**

En la etapa de medición se obtiene una mejor percepción del problema considerando la línea base de la investigación, por lo cual se emplea las siguientes actividades:

- Desarrollar del diagrama SIPOC, para obtener una visión macro del proceso, y visualizar las entradas y salidas, en las que se logra identificar las variables críticas

que afectan al producto, por lo cual este diagrama se basa en identificar lo siguiente:

1. S: Proveedores
2. I: Entradas
3. P: Proceso
4. O: Salidas
5. C: Clientes

La información se obtiene por medio de la organización y se procede a analizar e identificar todos los componentes del proceso de una manera estructurada [10].

- Identificar la medición mediante la lista de chequeo de los tipos de molde del Anexo 8, por consiguiente, se proceder a determinar el tipo de cambio de molde con más afluencia en el proceso, y delimitar el estudio mediante el diagrama de Pareto mediante la contabilización de los datos recopilados de la lista de chequeo.
- Elaborar el cursograma analítico del proceso de cambio de molde, con la finalidad de identificar cada una de las actividades inmersas en el tiempo de ciclo del proceso mediante la simbología ASME.
- Establecer el plan de muestreo que permita recopilar datos del tiempo de ciclo de cada cambio de molde por un mes de observación, teniendo en consideración el uso del cronómetro vuelta a cero en las dos máquinas inyectoras.
- Desarrollar las gráficas de control de muestras individuales y el análisis de capacidad del proceso de una especificación mediante el software minitab 18, con los datos recopilados del tiempo de ciclo de cambio de molde se establece la prueba de normalidad de los datos, para validar la medición, en cuanto a las gráficas de control.

Para el cálculo de los parámetros de las gráficas de control de muestras individuales se procede a estimar la media y la desviación estándar del estadístico  $W$ , que es directamente la medición individual de la variable  $X$ . Por lo tanto, los límites se obtiene con la expresión  $\mu X \pm 3\sigma X$ , donde  $\mu X$  y  $\sigma X$  son la media y la desviación estándar del proceso, respectivamente, por lo cual se provee utilizar la ecuación (3) [12].

$$u_x = \bar{X} \text{ y } \sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128} \quad (3)$$

**Donde:**

$\bar{X}$  = media de las mediciones

$\sigma_x$  =desviación estándar

$u_x$  =es la media

$\bar{R}$  =media de los rangos móviles de orden 2

Al dividir el rango promedio entre la constante d2 se sigue a estimar la desviación estándar del proceso, para proceder a determinar los límites de control superior e inferior mediante las ecuaciones (4) y (5) respectivamente.

$$LCS = \bar{X} + 3 \left( \frac{\bar{R}}{1.128} \right) \quad (4)$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \left( \frac{\bar{R}}{1.128} \right) \quad (5)$$

➤ Realizar una prueba de normalidad de los datos mediante el software Minitab mediante la prueba de Anderson Darling, para consiguiente interpretar los valores en cuanto al P-valor obtenido, en base a los siguientes criterios:

1. **Valor  $p \leq \alpha$ :** Los datos no siguen una distribución normal considerando que el valor p es menor que o igual al nivel de significancia del 0,05, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal [47].
2. **Valor  $p > \alpha$ :** Los datos indican que, si el valor p es mayor que el 0,05 de alfa, señalan que los datos siguen una distribución normal y se apegan a la curva y se evidencia de manera gráfica [47].

➤ Desarrollar el análisis de índices de capacidad de un proceso con una sola especificación donde lo que interesa es que sean mayores a cierto valor mínimo (EI); o de variables del tipo entre más pequeña mejor, donde lo que se quiere es que nunca excedan cierto valor máximo (ES) [12], en la cual se establece utilizar la formula (6) y la relación de la ecuación (7) de igualdad.

$$C_{ps} = \frac{ES-\mu}{3\sigma} \text{ o } C_{pi} = \frac{\mu-EI}{3\sigma} \quad (6)$$

$$C_{pk} = C_{ps} \text{ o } C_{pk} = C_{pi} \quad (7)$$

**Donde:**

**ES**= Especificación superior.

**EI**= Especificación inferior.

$\mu$  =Media.

$\sigma$  = Desviación estándar de corto plazo

$C_{ps}$ =Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación superior de una característica de calidad o del proceso.

$C_{pi}$ =Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación inferior de una característica de calidad o del proceso.

$C_{pk}$ = Indicador de la capacidad real de un proceso.

**Nota:** Al considerar como un proceso con una sola especificación no se tiene el índice Cp [12].

- Interpretar los índices de corto plazo, en base a los criterios establecidos en la Tabla 8 con los valores de Cp; además, al considerarse un proceso con una sola especificación el valor del Cp esta dado por el Cpi, Cps y Cpk.

**Tabla 8** Valores del Cp y su interpretación [12]

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

Mediante la Tabla 9, se determina el porcentaje fuera de especificación en función a los índices Cp, Cpi, Cps y se los interpreta en base a los criterios de la Tabla 8, considerando el centrado del proceso y la variación del mismo.

**Tabla 9** Índices Cp, Cpi, Cps en términos de cantidad de unidades malas [12]

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	Partes por millón fuera de especificación (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera de especificación (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

En cuanto al índice Cpk que se basa en el centrado del proceso, se lo interpreta siguiendo los siguientes criterios:

1. Cuando existe valores menores a 1 de Cpk indica que el proceso está produciendo elementos fuera de las especificaciones.
2. Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1,25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que  $Cpk > 1,45$ .
3. Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones [12].

➤ Determinar los índices reales enfocados al desempeño del proceso a largo plazo, y no sólo a su capacidad, en la cual se determina mediante la ecuación (8).

$$P_{pk\text{ minimo}} = \left[ \frac{ES - \mu}{3\sigma_L}, \frac{\mu - EI}{3\sigma_L} \right] \quad (8)$$

**Donde:**

**Ppk** es el indicador del desempeño real del proceso.

La clasificación para este índice es el siguiente:

1. Cuando  $Ppk < 1$  significa que el proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional.
2. Cuando  $Ppk = 1$  implica que el proceso solo alcanza los requerimientos mínimos.
3. Cuando  $Ppk > 1$  indica que el proceso excede los requerimientos mínimos [12].

- Calcular el índice  $K$  que verifica qué tan centrada está la distribución de un proceso con respecto a las especificaciones de una característica [12], en la cual se emplea la ecuación (9).

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100 \quad (9)$$

**Donde:**

$K$ =Indicador de que tan centrada esta la distribución

$\mu$  =Media

$N$ =Valor objetivo

$ES$ = Especificación superior

$EI$ = Especificación inferior

La interpretación de los valores de  $K$  se lo desarrolla en base a los siguientes criterios:

1. Si es positivo el signo del valor  $K$  significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y negativo cuando  $\mu < N$ .
2. Si el índice  $K$  es menor a 20% en valor absoluto se considera aceptable, en el caso de ser mayor a dicho valor, indica que el proceso se encuentra descentrado, por tanto, la capacidad del proceso es baja para cumplir con las especificaciones.
3.  $N$  es el valor nominal, es decir la calidad óptima, por ello, cuando un proceso esté descentrado se deben hacer serios esfuerzos para centrarlo [12].

- Validar los valores de los índices de capacidad mediante el cálculo de los intervalos de confianza y el rendimiento del proceso con las siguientes formulas presentadas en la Tabla 10.

**Tabla 10** Formulas de los intervalos de confianza

Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	
<b>Z<math>\alpha/2</math></b>	1,96
<b>Ppk</b>	Valor del índice de largo plazo
<b>n</b>	Tamaño de los datos
Intervalo de confianza para Ppk	$P_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{P_{PK}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}}$
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	
<b>Z<math>\alpha/2</math></b>	1,96
<b>Cpk</b>	Valor del índice de corto plazo
<b>n</b>	Tamaño de los datos
Intervalo de confianza para Cpk	$c_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{c_{PK}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}}$

Para interpretar los intervalos de confianza se lo hace en función a los siguientes criterios:

1. Si el límite inferior de los intervalos de confianza para los índices es mayor a 1,33 o por lo menos 1, se tiene un proceso con muy buena capacidad.
  2. Cuando el límite superior de los intervalos de confianza para los índices es menor a 1, el proceso tiene muy mala capacidad.
  3. Cuando no se tiene ninguna de las dos situaciones anteriores, es decir, el intervalo incluye al número 1 o 1,33, se tiene un proceso con una capacidad intermedia o incertidumbre sobre su capacidad, por lo cual, se debe monitorear el proceso hasta tener un tamaño mayor de muestra.
- Definir las métricas Six Sigma, mediante el cálculo del índice Z en función a la desviación de largo plazo con el uso de la ecuación (10) y (11), resultado del análisis de capacidad del proceso del software Minitab, en el cual señala que agregándole 1,5 al valor obtenido se obtiene el valor sigma real, para consiguiente analizar los resultados [10] [12].

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \quad (10)$$

$$Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma} \quad (11)$$

**Donde:**

$Z_s$ =Nivel Z superior

$Z_s$ =Nivel Z inferior

$ES$ =Especificación superior

$EI$ =Especificación inferior

$\mu$  =Media

$\sigma$  =Desviación estándar

Determinar la capacidad real del proceso, en la cual es el valor más pequeño entre los dos niveles de Z superior e inferior como indica la ecuación (12).

$$Z_{min} = [Z_s, Z_i] \quad (12)$$

- Calcular las partes por millón, que establece las partes no conformes del proceso, es decir los elementos que sobrepasan las especificaciones, el proceso de producción será más eficiente cuando las PPM (Partes por millón) sean más pequeñas, generalmente se aplica cuando la parte cumple o no cumple (pasa o no pasa), aplicándose la distribución binomial y su aproximación a la normal [12]. Por consiguiente, se determina el rendimiento del proceso que señala el porcentaje de elementos que, si cumplen con las especificaciones del cliente, para los dos cálculos se utiliza las siguientes ecuaciones de la Tabla 11.

**Tabla 11** Formulas de las PPM y rendimiento del proceso [12]

PPM (Partes por millon)	
PPM	$\frac{\text{Cantidad de piezas defectuosas}}{\text{Cantidad de piezas inspeccionadas}} * 1\,000\,000$
Rendimiento real del proceso	
Rendimiento	$\frac{(1000000 - PPMtotal)}{1000000} * 100$

Para establecer los valores del nivel sigma del proceso y el rendimiento se utiliza la Tabla 12, con la finalidad de interpretar los datos en base a los defectos por millón y establecer la clase del proceso.

**Tabla 12** Tabla de rendimiento, partes por millón y el nivel sigma [12].

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	1 350	50	1,5	500 000
99,814	4,4	1 860	46	1,4	540 000
99,745	4,3	2 550	43	1,3	570 000
99,654	4,2	3 460	39	1,2	610 000
99,534	4,1	4 660	35	1,1	650 000
99,379	4	6 210	31	1	690 000
98,181	3,9	8 190	28	0,9	720 000
98,93	3,8	10 700	25	0,8	750 000
98,61	3,7	13 900	22	0,7	780 000
98,22	3,6	17 800	19	0,6	810 000
97,73	3,5	22 700	16	0,5	840 000
97,13	3,4	28 700	14	0,4	860 000
96,41	3,3	35 900	12	0,3	880 000
95,54	3,2	44 600	10	0,2	900 000
94,52	3,1	54 800	8	0,1	920 000

### Etapa de análisis

Para esta etapa se emplea un análisis basado en determinar la causa raíz y poderla mejorar o disminuir, en la cual se emplea los siguientes pasos:

- Identificar las causas potenciales mediante el diagrama de Ishikawa en función de cada una de las 6M del problema encontrado.
- Establecer el análisis de modo efecto de fallo (AMEF), para identificar las fallas potenciales del proceso de inyección de suelas de calzado a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan, las actividades se observan en la Figura 11.

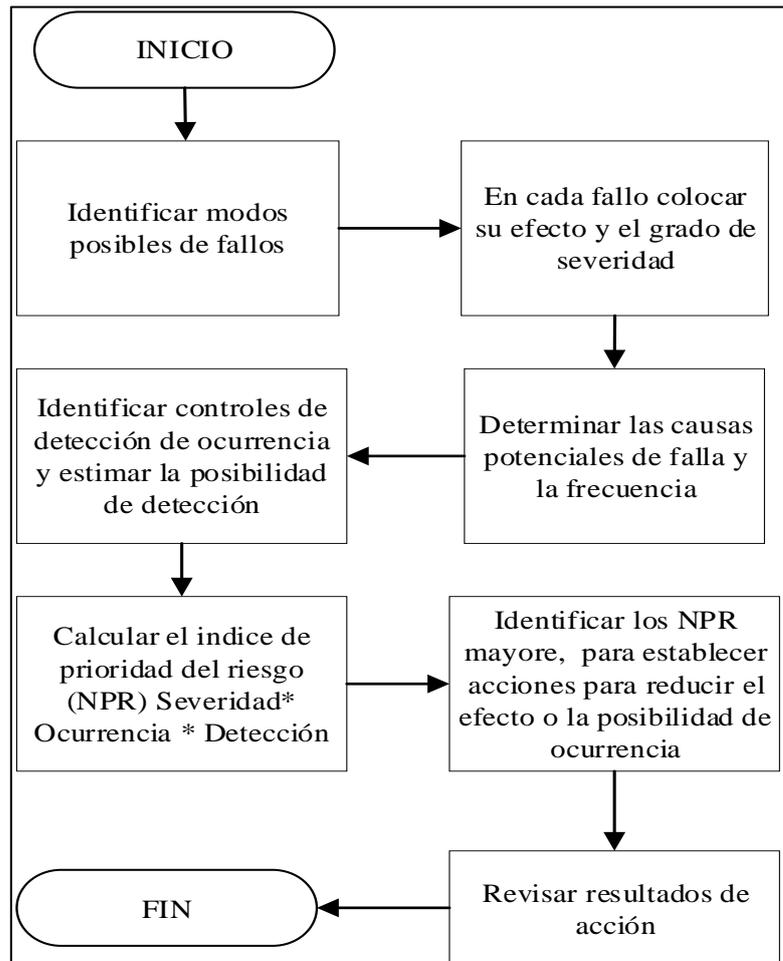


Fig. 11 Proceso de desarrollo de AMEF [47]

Para el cálculo del NPR se emplea la fórmula (13):

$$\text{NPR} = \text{SEV} \times \text{OCU} \times \text{DET} \quad (13)$$

**Donde**

**SEV:** Índice de severidad

**OCU:** Índice de ocurrencia

**DET:** Índice de detección con escala de valoración

### Índice de severidad (SEV)

La severidad de los defectos potenciales o de mayor gravedad para el proceso se determina en función a la Tabla 13, que expresa los niveles del índice de severidad.

**Tabla 13** Niveles del índice de severidad [47]

Severidad	Criterio	Valor
Muy Baja	Se tiene repercusiones imperceptibles, por lo que no origina efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja	Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles, origina un ligero inconveniente al cliente, por lo que se denomina un pequeño deterioro del rendimiento, de fácil remediación.	2-3
Moderna	Son defectos de la relativa importancia, por lo que produce un cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observara deterioro en el rendimiento.	4-6
Alta	El fallo es crítico e inutiliza el sistema, genera un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	La severidad es muy crítica que afecta el funcionamiento proceso seriamente e incumpliendo las normas reglamentarias.	9-10

### Índice de ocurrencia (OCU)

Determinar la ocurrencia con la cual se espera que ocurra la falla debido a las causas potenciales, por lo que se ve reflejado en la posibilidad de que ocurra cada una de las causas, mediante la Tabla 14, se determina la escala de los niveles del índice de ocurrencia con cada uno de los criterios a identificar.

**Tabla 14** Niveles del índice de ocurrencia [47]

Ocurrencia	Criterio	Valor
Muy Baja	No se asocia ningún fallo en el pasado, por lo que es concebible.	1
Baja	Se genera fallos aislados en procesos similares, por lo cual es poco probable que suceda.	2-3
Moderna	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha detectado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

## Índice de detección (DEC)

Definir el valor de probabilidad que la causa sea detectada con la finalidad de determinar los fallos, por lo cual se utiliza la Tabla 15, para determinar el valor del índice de detección.

**Tabla 15** Niveles del índice de detección [47]

Detectabilidad	Criterio	Valor
Improbable	El falla o defecto no se puede detectar.	9-10
Pequeña	El defecto o fallo resulta difícil detectarlo.	7-8
Mediana	El defecto o falla se es detecta y se puede corregir antes que llegue al cliente, generalmente se detecta al finalizar la producción.	4-6
Alta	El defecto o falla es fácilmente detectable, aunque en un principio no pueda ser detectado, pero al finalizar el proceso se puede detectar con facilidad.	2-3
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1

## Interpretación del NPR

Determinar el valor del NPR mediante la ecuación (13). En la Tabla 16, se procede a identificar las acciones a tomar en base a la prioridad del NPR, y tomar las medidas necesarias para contrarrestar los problemas.

**Tabla 16** Resultados de NPR [47]

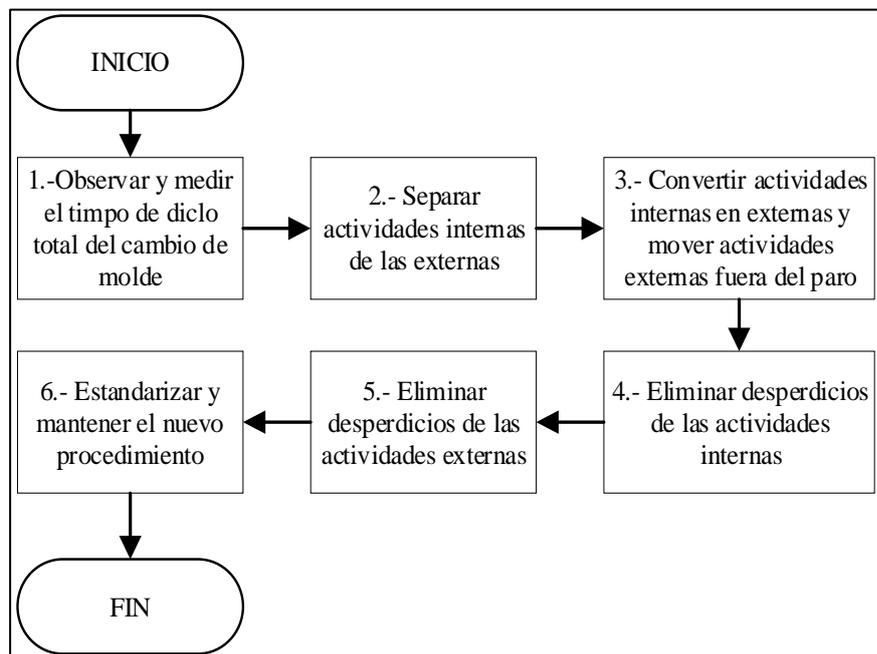
Prioridad del NPR	Nivel de Riesgo
De 1 a 124	Ninguna Acción requerida
De 125 a 499	Acción requerida
Por encima 500 hasta 1000	Implementación de acción inmediata

- Definir el problema principal respecto al nivel de prioridad de riesgo y en base al Diagrama de Pareto, delimitar las causas y establecer las acciones de mejora.

## Etapa de mejora

Para esta etapa se propone acciones de mejora mediante herramientas de Lean Manufacturing para atacar la causa potencial en el cual se ejecuta las siguientes actividades:

- Generar alternativas de mejora ante el problema, mediante la delegación de responsabilidad e identificación de herramientas Lean Manufacturing.
- Analizar la factibilidad de las mejoras propuestas en el aspecto técnico, económico, operativo y los beneficiarios, de las mejoras establecidas
- Determinar el presupuesto de las mejoras propuestas y desarrollo.
- Establecer el diagrama de recorridos del proceso de cambio de molde.
- Desarrollar el sistema SMED (Cambio de matriz en un minuto) en base a los pasos establecidos en la Figura 12.



**Fig. 12** Pasos para el desarrollo del sistema SMED [41]

- Identificar al operario con menor tiempo de cambio de molde con la finalidad de establecer como base al trabajador más calificado, por lo cual se procede a medir el tiempo de cambio de molde mediante el uso del cronómetro en medición vuelta cero, en función a los datos recopilados de la línea base.
- Emplear el estudio de tiempos y movimientos, comenzando con la determinación del número de mediciones con respecto al tiempo de ciclo de la actividad, como señala la Tabla 17 de General Electric.

**Tabla 17** Tabla de muestras de General Electric [31]

General Electric											
Parámetro	Hasta										Mas de
Min por ciclo	0,1	0,25	0,50	0,75	1	2	5	10	20	40	40
# de ciclos recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

- Por consiguiente, identificar el desempeño del trabajador en base a la tabla británica de valoración, presentada en la Tabla 18.

**Tabla 18** Tabla británica de valoración de la OIT [31]

Tabla británica de valoración		
0-100%	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha (km/h)
0	Actividad nula	0
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, el operador parece dormido y sin interés en el trabajo	3,2
75	Obrero constante sin prisa, como obrero no pagado al destajo, pero bien dirigido y vigilado, parece lento, pero no pierde tiempo mientras lo observan	4,8
100 (ritmo tipo)	Activo, capaz, como obrero calificado medio, pagado a destajo, logra con tranquilidad el nivel de presión y calidad fijada.	6,4
125	Operario muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos. Muy por encima del obrero calificado medio.	8
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de dudar o descansar por largos periodos, actuación de virtuosos solo alcanzado por unos pocos trabajadores	9,6

- Seleccionar el suplemento del trabajador en base al formato de lista de chequeo del porcentaje de holgura de Niebel, como se visualiza en el Anexo 16 y 20, para posteriormente determinar el tiempo estándar del proceso de inyección y del cambio de molde con la ecuación (14), en la cual se visualiza en los Anexos 15 y 19.

$$Ts = T_N(1 + s) \quad (14)$$

**Dónde:**

**Ts:** tiempo estándar

**Tn:** tiempo normal

**S:** suplemento

- Determinar la capacidad de producción con la ecuación (15), en cuanto al proceso de inyección [31].

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (15)$$

**Dónde:**

**Ts:** Tiempo estándar

**Cp:** Capacidad de producción

- Ejecutar los pasos del sistema SMED, mediante la elaboración del cursograma analítico del proceso de cambio de molde con cada una de las actividades.
- Validar las mejoras propuestas con el software FlexSim 2019.
- Simular el proceso de cambio de molde actual y la mejora definiendo los parámetros de planificación de suelas y el número de cambios de molde, para constatar valores de producción y métricas Lean Six Sigma.
- Desarrollar el análisis de capacidad y graficas de control comparativas de la situación actual y la propuesta de mejora mediante el software Minitab18.
- Analizar los resultados obtenidos.

**Etapa de control**

En esta etapa se desarrolla un plan de control, en la cual se toma las acciones que se deben tener para salvaguardar las mejoras en base a la simulación planteada, por consiguiente, se diseña los mecanismos para hacer seguimiento y mantener las mejoras alcanzadas, se sigue las siguientes actividades:

- Estandarizar el proceso de cambio de molde, respecto a los tiempos estándar de cada una de las actividades y las herramientas nuevas a utilizar y reducir los tiempos improductivos.
- Plantear el plan de control con la delegación de responsabilidades y herramientas de formatos, para mantener las mejoras establecidas.
- Plantear el monitorio del proceso para conseguir mejoras considerables en el transcurso del tiempo.

## 2.2 Materiales

Los materiales a ser utilizados en el presente trabajo de investigación son presentados en la Tabla 19, donde se representa la ilustración y la descripción individual.

**Tabla 19** Materiales del proyecto de investigación

Material	Ilustración	Descripción
Cámara fotográfica y de video		Equipo utilizado para el registro de evidencia fotográfica y de video del proceso productivo y del cambio de molde efectuado en la elaboración de suelas de calzado.
Cronómetro		Instrumento para la toma de tiempos en decimas de segundos
Ficha de recolección de datos del proceso		Formato de registro de actividades e información del proceso, como personal y maquinaria.
Ficha de toma de tiempos		Formato del registro de datos de tiempos de ciclo de cada actividad efectuada en el proceso de inyección de suelas.
Excel 2016		Software para el procesamiento de datos recopilados y representación de forma gráfica.
Visio 2019		Software para el desarrollo de diagramas de proceso, flujogramas, diagrama de recorrido, mapa mental de lluvia de ideas, líneas de tiempo de proceso.
Minitab 2018		Software utilizado para la elaboración de graficas de control y análisis de desempeño del proceso y pruebas de normalidad de datos.

Autocad 2018		Software para el Desarrollo del layout y estructuras 3D de máquinas.
FlexSim 2019 (Licencia Académica)		Software empleado para la simulación de procesos industriales, con resultados de capacidad de producción y tiempos por actividad.

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Diagnóstico del estado actual de la empresa



#### Reseña Histórica

En la Tabla 20, se representa la historia de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., además se describe su evolución en el transcurso de los años, hasta lo que actualmente es la organización.

**Tabla 20** Reseña Histórica de Plasticaucho Industrial S.A. [48]

Año	Historia
1930	Don José Filometor Cuesta Tapia determina la orientación de la compañía y comienza la fabricación de calzado de Caucho.
1938	Se registra la marca VENUS ante el estado ecuatoriano.
1942	Se inauguran las instalaciones propias de la Fábrica Venus y nuestro fundador abastece al país de CAMELBACK (material para reencauche de llantas) salvaguardando al sector del transporte el mismo que cruzaba una dura crisis resultado de la segunda guerra mundial.
1965	Plasticaucho Industrial S.A. se constituye como personería jurídica y comienza una evolución histórica al incorporar nueva tecnología, maquinaria moderna y procesos eficientes.
1972	La empresa traslada su planta física a Catiglata, donde en la actualidad se mantiene algunas plantas de producción. Durante los siguientes años se crearon centros de atención en las ciudades de Guayaquil, Quito, Cuenca, Ambato y Santo Domingo de los Tsáchilas.
1992	Se crea la Fundación Cuesta Holguín, como un brazo ejecutor de la política de colaboración social que ha caracterizado a los accionistas de la empresa y colaboradores a lo largo de los años.
1999	Se crean las filiales Venus Colombiana y Venus Peruana además de la comercialización de productos en algunos países de Latinoamérica. Comienza el traslado al Parque Industrial de la ciudad de Ambato donde en la actualidad encontramos la mayoría de nuestras plantas productivas y oficinas administrativas.
2013	Plasticaucho, Parque Industrial, las mejores instalaciones de calzado de la Costa del Pacífico Sur.

## Datos informativos de la empresa

En la Tabla 21, se observa los datos informativos de la empresa como: la ubicación, números de contactos, dirección de la página web y la actividad que ejecuta actualmente la organización a nivel nacional e internacional.

**Tabla 21** Datos informativos de la empresa [48]

Datos	Descripción
<b>Nombre de la empresa:</b>	Plasticaucho Industrial S.A.
<b>Ubicación de la empresa</b>	Ambato, Panamericana Norte Km. 2 ½
<b>Contac Center</b>	1800 223344
<b>Página Web</b>	<a href="http://www.plasticaucho.com.ec">http://www.plasticaucho.com.ec</a>
<b>Actividad</b>	El objeto social de la compañía es la industrialización del caucho y sus derivados, la fabricación y comercialización nacional y exportación de calzado y la compra e importación de materia prima, insumos, materiales para la elaboración de calzado. Alrededor del 30% de la producción se comercializa en el exterior, siendo los principales distribuidores las compañías relacionada Venus Colombiana y Venus Peruana S.A.C. Plasticaucho Industrial S.A. también posee todas las acciones de Corpocalza S.A., una empresa dedicada a la prestación de servicios de administración de empresas.

La información en cuanto a la misión, visión y valores de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. mostrada a continuación se la obtiene de la página web de la organización, además del sistema de gestión de calidad que cuenta basada en la normativa ISO 9001:2015 con la fecha de su aprobación [48].

## Misión, Visión y Valores de la empresa

### Misión

Lideramos el sector calzado en el Ecuador con procesos ágiles, eficientes e innovadores.

### Visión

Todo ecuatoriano usará un par de zapatos de una de las marcas comercializadas por la empresa.

## Valores de la Empresa

- **Honestidad:** La integridad en cada acción que tomamos, es la manera con la que buscamos nuestros objetivos, la exigimos a todos quienes se relacionan con nuestra Empresa.
- **Justicia:** Actuamos otorgando a cada persona lo que le corresponde en sentido de razón y equidad.
- **Ética:** Actuamos apegados a nuestros valores, que son el conjunto de normas que rigen la conducta organizacional e individual.
- **Solidaridad:** Nos sentimos y actuamos cercanos y adheridos a los propósitos de desarrollo de nuestros colaboradores y la comunidad.
- **Lealtad:** Somos fieles a nuestros principios y creencias y nuestros actos son coherentes con ellos.
- **Honorabilidad:** Cumplimos con nuestras obligaciones para con la sociedad y las personas y lo hacemos con convicción y alegría.

## Política del Sistema de gestión ISO 9001-2015

Somos una empresa sólida, solvente y rentable que diseña, produce y comercializa Calzado de uso general y productos para aplicaciones didácticas, manualidades, insumos de calzado y accesorios para vehículos, cumpliendo con los requisitos de consumidores y clientes y la legislación aplicable, buscando permanentemente la mejora continua de nuestros procesos- Aprobada: 02/05/2018.

## Productos que oferta la empresa

Plasticaucho Industrial S.A. oferta una variedad de productos como lo son: calzado escolar, calzado lona y cuerina, calzado lona urbana, calzado casual, calzado deportivo, zapatillas, botas infantiles, botas agrícolas, botas de seguridad industrial y productos de eva y caucho, se ilustra en la Figura 13, la representación de los productos que manufactura la empresa, para la fabricación de cada uno de estos se los ejecuta en plantas diferentes que cuentan con las instalaciones adecuadas y el personal capacitado además de maquinaria de última tecnología con énfasis en la mejora continua de sus procesos.



Fig. 13 Productos que oferta Plasticaucho Industrial S.A. [48]

### Modelos de suelas manufacturas en el proceso de inyección

El estudio se centra en el proceso productivo de inyección, por tanto, en el área se manufactura suelas monocolor y bicolor para las líneas de escolar diario y deportivo multiuso. En la Tabla 22, se observa los diferentes modelos que corresponden a cada línea de producción, así como el molde, la serie y el nombre de la suela, por otra parte, se tiene la fotografía para identificar cada tipo de suela. Por otra parte, cabe mencionar que dicho producto se utiliza en los círculos de montaje para pegar el corte armado a la suela.

Las suelas se producen en función al calzado que se manufactura. El personal de planificación se encarga de determinar las cantidades a producir en función de la demanda del mercado y dependiendo de la temporada, sea esta de la costa o sierra del país.

**Tabla 22** Suelas producidas en el área de inyección de calzado cementado

LÍNEA	MOLDE	SERIE	NOMBRE	FOTOGRAFIA
ESCOLAR DIARIO	AZALEA	34-39	SUELA AZALEA CAFÉ	
		33-41	SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA	
		37-40	SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA A 2602	
	KELLY	23-36	SUELA KELLY CAFÉ	
		23-36	SUELA KELLY NEGRO VIOLETA	
	DEPORTIVO MULTIUSO	SMITH	25-43	SUELA SMITH BEIGE BEIGE
25-43			SUELA SMITH BLANCO BLANCO	
25-43			SUELA SMITH NEGRO NEGRO	
25-41			SUELA SMITH ROSADO ROSADO 7605 CP	
SURIN		25-38	SUELA SURIN BLANCO AZUL 2380C	
		25-43	SUELA SURIN BLANCO BLANCO	
		25-36	SUELA SURIN BLANCO FUCSIA 2395C	
		25-36	SUELA SURIN BLANCO GRIS 11C	
		25-43	SUELA SURIN BLANCO GRIS 6C	
		25-38	SUELA SURIN BLANCO VIOLETA 2583C	
		25-43	SUELA SURIN NEGRO NEGRO	
VOLT		34-43	SUELA VOLT BLANCO BLANCO	
		34-43	SUELA VOLT NEGRO NEGRO	
CLASSIC		24-43	SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C	
		24-43	SUELA CLASSIC BLANCO NEGRO	

### 2.1.1 Análisis ABC de suelas de calzado

En la Tabla 23, muestra los diferentes tipos de suelas referentes a la cantidad producida y al costo por modelo, dichos datos son otorgados por parte de la organización, cabe mencionar que dicho producto no se vende de manera individual, por lo que las suelas son usadas en el área de montaje de la misma planta y se lo denota como el cliente interno; por tanto, se analiza la producción del área de inyección en el periodo enero-junio 2019; destacando que el proceso es nuevo en la planta de calzado cementado, desde finales del año 2018, además el costo por par de suelas se obtiene por parte del departamento de costeo de la organización por cada uno de los modelos, el costo de la suela por modelo se estructura en función de la materia prima, mano de obra, maquinaria y todos los insumos correspondientes a energía y transporte dentro de la planta.

**Tabla 23** Análisis ABC de producción suelas de enero a junio 2019

Item	MODELO	Cantidad (pares)	Costo por par	Costo total	% Particip.	% Partici. Acum	ABC
1	SUELA KELLY NEGRO VIOLETA	156.789	\$ 0,71	\$ 111.320,19	33,48%	33,48%	A
2	SUELA SMITH BLANCO BLANCO	66.569	\$ 0,87	\$ 57.915,03	17,42%	50,89%	
3	SUELA SURIN BLANCO BLANCO	41.925	\$ 1,15	\$ 48.213,75	14,50%	65,39%	
4	SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C	24.264	\$ 1,18	\$ 28.631,52	8,61%	74,00%	
5	SUELA SURIN BLANCO GRIS 6C	18.798	\$ 1,33	\$ 25.001,34	7,52%	81,52%	
6	SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA	14.081	\$ 0,93	\$ 13.095,33	3,94%	85,46%	B
7	SUELA SURIN NEGRO NEGRO	6.791	\$ 1,19	\$ 8.081,29	2,43%	87,89%	
8	SUELA SMITH NEGRO NEGRO	5.549	\$ 1,21	\$ 6.714,29	2,02%	89,91%	
9	SUELA VOLT BLANCO BLANCO	5.609	\$ 1,16	\$ 6.506,44	1,96%	91,87%	
10	SUELA SURIN BLANCO AZUL 2380C	5.123	\$ 1,14	\$ 5.840,22	1,76%	93,62%	
11	SUELA KELLY CAFE	4.252	\$ 0,81	\$ 3.444,12	1,04%	94,66%	C
12	SUELA SURIN BLANCO VIOLETA 2583C	2.893	\$ 1,14	\$ 3.298,02	0,99%	95,65%	
13	SUELA SMITH BEIGE BEIGE	3.123	\$ 1,05	\$ 3.279,15	0,99%	96,64%	
14	SUELA SMITH ROSADO ROSADO 7605 CP	3.043	\$ 0,94	\$ 2.860,42	0,86%	97,50%	
15	SUELA CLASSIC BLANCO NEGRO	3.076	\$ 0,92	\$ 2.829,92	0,85%	98,35%	
16	SUELA SURIN BLANCO FUCSIA 2395C	1.908	\$ 0,95	\$ 1.812,60	0,55%	98,89%	
17	SUELA SURIN BLANCO GRIS 11C	1.908	\$ 0,95	\$ 1.812,60	0,55%	99,44%	
18	SUELA VOLT NEGRO NEGRO	406	\$ 2,90	\$ 1.177,40	0,35%	99,79%	
19	SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA A 2602	1.007	\$ 0,63	\$ 634,41	0,19%	99,98%	
20	SUELA AZALEA CAFE	60	\$ 1,03	\$ 61,80	0,02%	100,00%	
Total		367174	\$ 22,19	\$ 332.529,84	100%		
Promedio		18.359	\$ 1,11	\$ 16.626,49			

En la Tabla 23, se observa el valor del costo promedio de suelas con un valor de \$1,11, que servirá de base para el análisis, por otro lado, en la Figura 14, se elabora de forma gráfica el diagrama ABC de los productos de suelas por modelo.

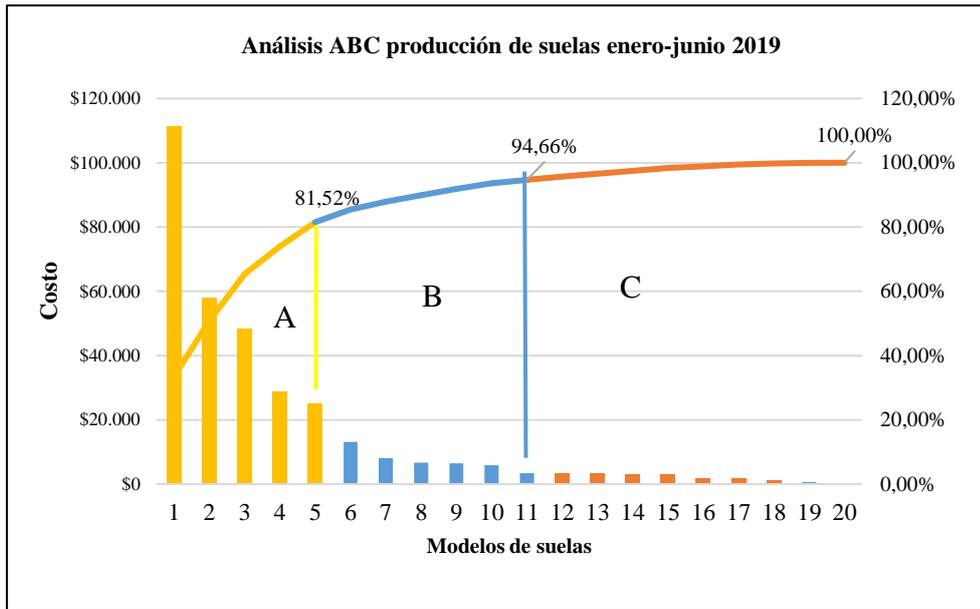


Fig. 14 Gráfico ABC de producción de suelas de calzado

Mediante la Figura 14, se observa la gráfica ABC, en la que los productos más producidos considerados en el 80% de las frecuencias acumuladas se lo denota como los productos tipo A que requieren del grado de rigor más alto en cuanto a control y los productos que representan del 80 al 95% son los productos tipo B y los restantes se los conoce como los tipos C de la producción total del periodo enero - junio 2019, se hace énfasis en los productos más vendidos ya que son los productos con mayor consideración.

### Interpretación de resultados del diagrama ABC

Mediante el análisis de la gráfica ABC, se obtiene que las suelas que más se producen en el área de inyección se encuentran en el grupo A que son: Suela Kelly Negro Violeta, Suela Smith Blanco Blanco, Suela Surin Blanco Blanco y la Suela Classic Blanco Gris, por lo que el producto donde se analiza en la investigación será la suela Kelly Negro Violeta con una producción de 156789 pares. Este producto se toma en cuenta considerando que los dos colores que significan el primer color al piso y el segundo a la bandeleta de la suela, como ejemplo se observa en la Figura 15.

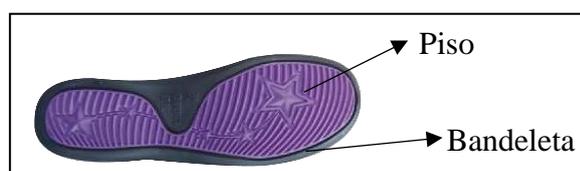


Fig. 15 Partes de la suela inyectada Kelly negro violeta

### 2.1.2 Caracterización del proceso de inyección de suelas de calzado

En la Tabla 24, muestra la descripción del proceso de inyección de suelas de PVC para calzado escolar y deportivo, en la cual se identifica el número de inyectoras que cuenta el área, así también las actividades que se desarrollan.

**Tabla 24** Descripción del proceso de inyección de suelas de PVC

Proceso de inyección de suelas	Fotografía
<p>El área cuenta con dos inyectoras Wintech modelo: WS202 BORADUE de origen italiano. El proceso comienza cuando el operario prepara las condiciones de máquina para cada modelo de suela, así como los colores a utilizar, moldes, presiones y temperaturas de inyección, por consiguiente se ejecuta la inyección de la suela para posteriormente el operario revisar la calidad de las suelas y limpieza de la rebaba y colocar en las jvas para luego pasar por un control de calidad al 100% y se envía a bodega, en caso de que las suelas estén de mala calidad se las coloca en los super sacos de desperdicio para su posterior molienda.</p>	

Mediante la Tabla 25, se identifica el número de empleados que tiene el área de inyección, y como están distribuidos por cada turno, se tiene: inyector, sus actividades son: operar las máquinas inyectoras y desarrollar los cambios de molde. Se cuenta con un abastecedor que se encarga de suministrar el material PVC hacia las inyectoras, cabe mencionar que dicho trabajo se turna por operario, por otro lado, existe un líder; se encarga de entregar las suelas terminadas a bodega, verificar la planificación diaria y repartir el trabajo, además de ayudar en las actividades de gestión del área.

**Tabla 25** Trabajadores del área de inyección

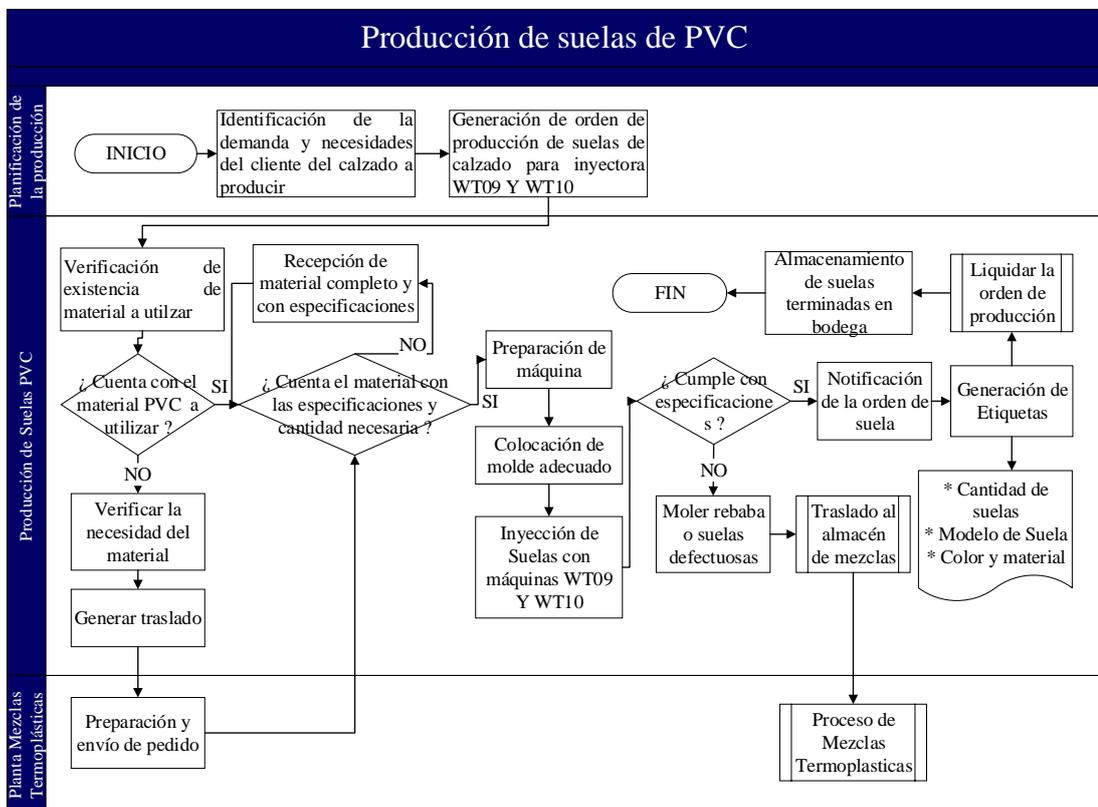
N°	Operario	Puesto	Turno	Horario
1	Operario 1	Líder	Jornada única	8:30-17:00
2	Operario 2	Inyector	Rotativo	Mañana 6:00-14:00 Tarde 14:00:22:00 Velada 22:00-6:00
3	Operario 3	Inyector	Rotativo	
4	Operario 4	Inyector	Rotativo	
5	Operario 5	Inyector	Rotativo	
6	Operario 6	Inyector	Rotativo	
7	Operario 7	Inyector	Rotativo	
8	Operario 8	Inyector	Rotativo	

En la Tabla 26, se tiene las características generales de las máquinas inyectoras que cuenta el área, se menciona adicionalmente los beneficios que tiene.

**Tabla 26** Características de Inyectoras Wintech modelo WS202 [49]

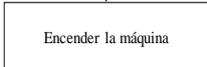
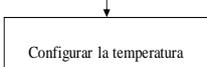
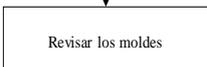
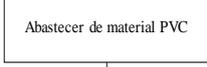
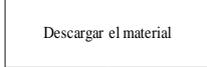
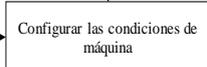
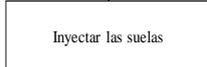
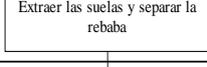
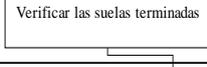
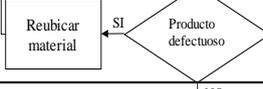
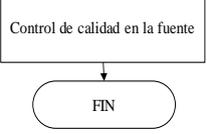
<b>Inyectora de PVC Wintech modelo WS202</b>	
<p>BORADUE de WINTECH de Italia, es la máquina rotativa compacta flexible con 3 estaciones para la producción de suelas bicolors en materiales termoplásticos compactos o expanso PVC, TR, TPU, etc. Posee moldes de 3 piezas con cabeza cuadrada rotativa a 90°.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resulta muy efectiva para el procesamiento de materiales expanso.</li> <li>➤ Puede utilizar moldes de todas las máquinas estáticas, 100% intercambiables.</li> <li>➤ Para la producción de suelas bicolors ofrece un innovador sistema: inyecta 2 colores en una vuelta: suela compacta y entresuela expanso; ó 2 colores en 2 vueltas: suela y entresuela compactas.</li> </ul>	

### 2.1.3 Mapa de proceso y flujograma del proceso de inyección



**Fig. 16** Mapa de procesos del área de inyección suelas

**Tabla 27** Flujograma del proceso de inyección de suelas de calzado

		<b>FLUJOGRAMA DE INYECCIÓN DE SUELAS MAQUINAS WINTech WT09 Y WT10</b>		Código	FISWT001
				Fecha de Elaboración	9/9/2019
				Fecha de Aprobación	13/9/2019
				Aprobado Por:	Ing. Luis Morales
				Elaborado Por:	Luis Byron Abril Flores
<b>Objetivo:</b> Elaborar el flujograma del proceso de inyección de suelas de calzado <b>Alcance:</b> El flujograma es apto para todo tipo de suelas de calzado					
Número	Proceso	Fotografía	Descripción	Observación	Riesgo
1			La orden de producción generada por planificación es enviada al supervisor para que se encargue de verificar los modelos a producir y determinar el molde y material que necesita.	N/A	N/A
2			Se gira la perilla a la posición (-), posteriormente se acciona los tres pulsadores de color blanco del tablero, además se activa el giro del molde, mesa, bomba y válvula principal del aire	N/A	N/A
3			Se enciende las temperaturas de los dos cañones girando los selectores verdes a la derecha, se setea los valores y se espera a que llegue al valor adecuado.	Se deben ajustar las temperaturas a corde al modelo que se va a realizar.	N/A
4			Se revisaa que los moldes y tornillos de la regleta estén ubicados y ajustados.	Se debe constatar que no tengan defectos los moldes donde puedan escapar el material.	
5			Se coloca los super sacos de compuestos a utilizar en la parte posterior de las inyectoras y se ubican las mangueras de succión.	N/A	S/N
6			Se retira el material de los cañones, poniendo el selector en la posición media y se ejecuta el botón de descarga, la cual se repite este procedimiento de 4 a 5 veces el proceso.	N/A	S/N
7			Se coloca los parámetros de acuerdo al modelo y talla de acuerdo a la ayuda visual ubicada en la máquina	N/A	S/N
8			Se gira los selectores al modo automático de los dos cañones, si el molde se encuentra abierto se presiona Inicio de Ciclo(botón azul) para que inicie el ciclo de trabajo	N/A	S/N
9			Al culminar la inyección se espera que la estación llegue al puesto de trabajo para extraer la suela	Las rebabas obtenidas del proceso se las retira del molde y se muelen en la moledora.	
10			Se verifica que la bandeleta y el piso de la suela estén bien adheridos y sin rechupes y/o defectos, por consiguiente se apila las suelas en las repisas hasta que se enfríe.	Para la verificación de los defectos presentes en las suelas cuenta con ayudas visuales.	N/A
11			Las suelas que tengan falla se ubican en la zona de material no conforme, para luego ser enviado a mezclas termoplásticas y revisar las condiciones de máquina	N/A	N/A
12			Se contabiliza las suelas y se coloca sus respectivas jabas y la etiqueta correspondiente a la cantidad de suelas, modelo y color.	N/A	N/A
Nomenclatura	 Inicio o Finalización  Proceso  Decisión		 Riesgo de Aplastamiento en manos  Riesgo de altas temperaturas  Riesgo de Atrapamiento de manos  Riesgo de Caída de objetos a pies		
<b>Riesgos del proceso:</b> Al no cumplir con los parametros de este documento se generan Producto no conforme, Incumplimiento del plan de producción, Incumplimiento con optimización de recursos y accidentes laborales.					

Mediante la Figura 16, señala como el proceso de inyección fluye diariamente por departamento, adicionalmente se describe detalladamente el proceso de inyección de suelas con todas las actividades que se desarrollan incluyendo los riesgos presentes por actividad mostrado en la Tabla 27.

### 2.1.4 Diagrama de SIPOC

Con la finalidad de conocer a detalle el proceso de inyección de suelas y sus factores de entrada y salida, se elabora el diagrama SIPOC en sus siglas en inglés (Suppliers, Input, Process, Outputs, Customers) y en español que significa (Proveedores, Entrada, Proceso, Salidas, Clientes), permite una perspectiva grafica de las etapas del proceso, ya que sirve para el análisis relativo a sus parámetros y conocer su impacto en la cadena de valor [50].

En la Figura 17, se observa el diagrama SIPOC del proceso de inyección de suelas de calzado, en donde se describe cada etapa del proceso desde los proveedores hasta los clientes internos de la empresa.

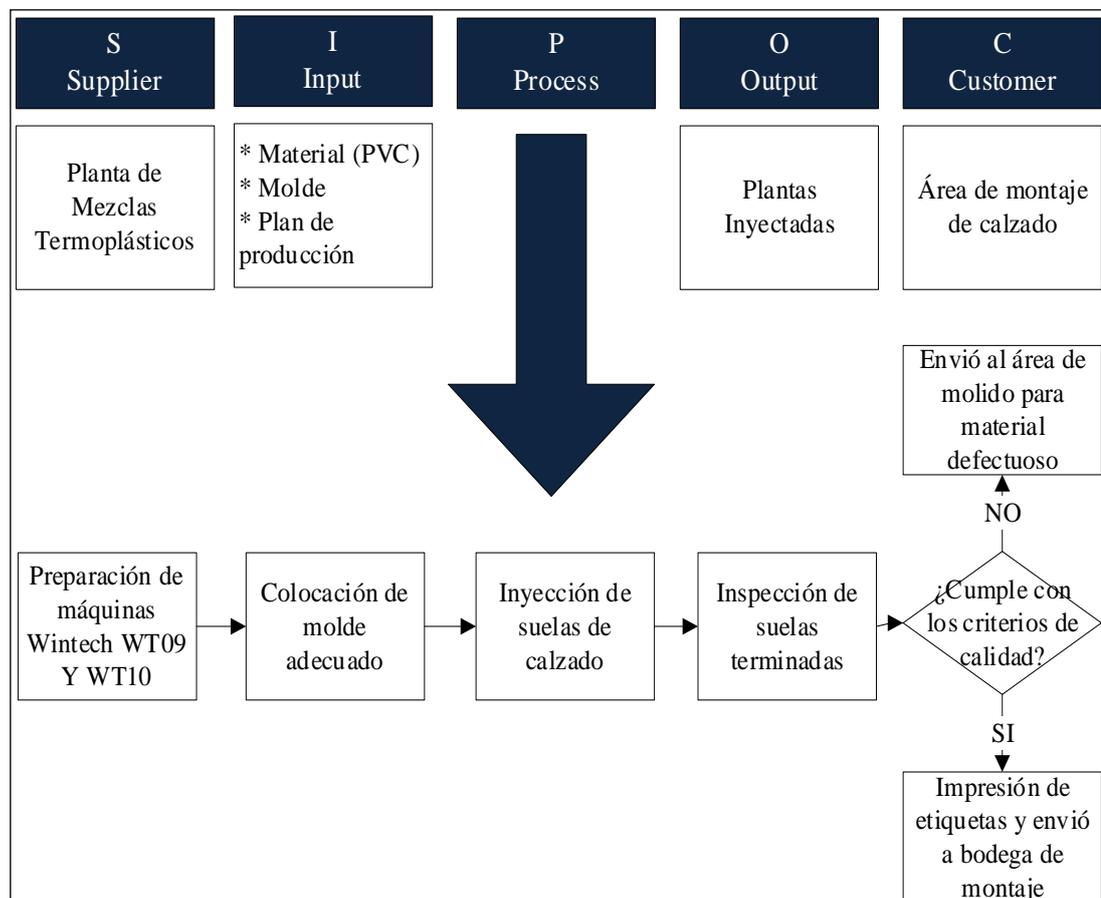


Fig. 17 Diagrama SIPOC del proceso de inyección de suelas de calzado

### 3.2 Etapa de definición

En esta etapa se enfoca en definir el problema a tratar, por consiguiente, el área de inyección de suelas de PVC es considerado como un proceso nuevo en la planta de calzado cementado, ya que a inicios del año 2019 se compró dos máquinas de marca Wintech modelo: WS202 Boradue de origen italiano y ambas cuentan con los códigos WT09 y WT10, por lo cual existe alta variabilidad del proceso, esto infiere en el porcentaje de cumplimiento del plan de producción diario.

#### 5.2.1 Diagnóstico inicial de producción

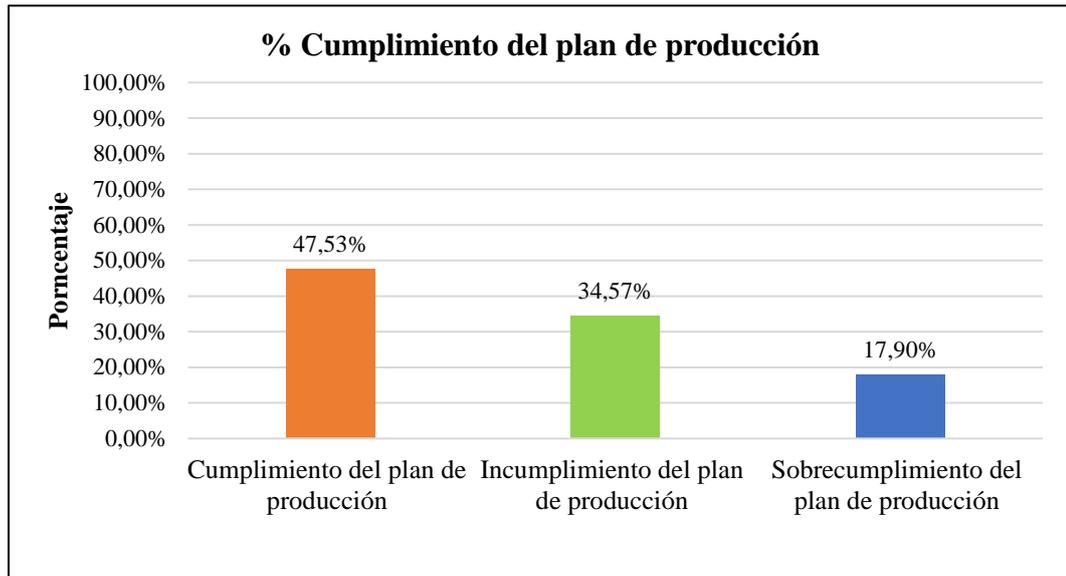
Se recopila información de la empresa con datos históricos obtenidos de los registros diarios de producción donde se ingresa el total de suelas producidas por turno y por máquina, así también como los problemas que se tiene en la jornada de trabajo, en el Anexo 2, se tiene de ejemplo el registro diario de producción del área.

Se tabula 648 datos desde el mes de enero hasta junio por cada turno de trabajo, y en la cual se determina las frecuencias del cumplimiento del plan de producción es decir que se cumpla el número pares de suelas planificadas con los pares producidos con un rango del 98,5 al 100%; el incumplimiento del plan de producción en cambio es cuando el turno no cumple el mínimo del 98,5%; además, el sobrecumplimiento del plan de producción se da con la finalidad de cumplir los planes incumplidos por los turnos que sobrepasan el 100%, en la Tabla 28, se presenta los rangos de cumplimiento en cuanto al plan de producción de enero a junio del 2019.

**Tabla 28** Cumplimiento del plan de producción en el área de inyección en el periodo enero-junio 2019

Cumplimiento	Cumplimiento del plan de producción	Incumplimiento del plan de producción	Sobrecumplimiento del plan de producción	Total
Rango	98,5%=> X <= 100%	< 98,5%	>100%	
Frecuencia Turno	308	224	116	648
Porcentaje	47,53%	34,57%	17,90%	100,00%

Los datos obtenidos se los representa en la Figura 18, en donde se los visualiza como se encuentra el cumplimiento del plan de producción, cabe mencionar que los rangos establecidos para definir que se cumplió están dados por la organización específicamente por el área de inyección suelas.



**Fig. 18** Gráfico del cumplimiento del plan de producción de enero-junio 2019

### **Análisis**

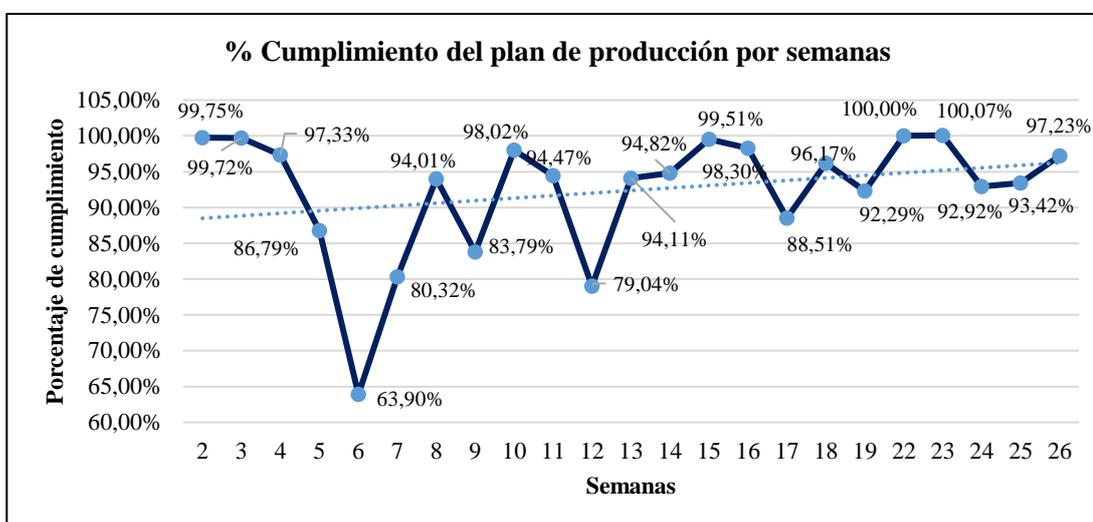
Como se evidencia en la Figura 18, el 34,57 % de los turnos analizados señalan que tiene un incumplimiento del plan de producción, en cambio el 47,53% de los turnos refleja que cumplen con el plan de producción asignado, adicionalmente el 17,90% denota el sobrecumplimiento del plan de producción, por lo tanto, el indicador potencial en este análisis se observa que en la mayoría de los turnos cumple con el plan de producción, sin embargo, existen gran porcentaje de incumplimiento.

### **Interpretación**

Al ser un proceso nuevo en el área de inyección, no se cumple a cabalidad el plan de producción, por lo que en los turnos siguientes se genera el sobrecumplimiento para de esta manera recuperarse de los pares de suelas no realizados, y de esta manera mejorar el indicador semanal de productividad y obteniendo como resultado ser el principal problema del área. Sin embargo, se analiza el porcentaje de cumplimiento por semana, se visualiza en la Tabla 29 y en la Figura 19, dando como resultado valores dentro del rango del 90 al 100% teniendo un problema en las dos inyectoras, por lo que se debe tener un cumplimiento del 98,5 al 100% por semana para considerar estable el proceso.

**Tabla 29** Cumplimiento del plan de producción semanal

Semana-mes	Semana	Pares planificados	Pares notificados	% Cumplimiento
2-ene	2	3995	3985	99,75%
3-ene	3	11521	11489	99,72%
4-ene	4	20866	20309	97,33%
5-ene	5	2657	2306	86,79%
1-feb	6	11780	7527	63,90%
2-feb	7	16588	13324	80,32%
3-feb	8	31599	29707	94,01%
4-feb	9	18586	15574	83,79%
1-mar	10	16025	15708	98,02%
2-mar	11	21540	20348	94,47%
3-mar	12	31505	24902	79,04%
4-mar	13	21350	20093	94,11%
5-mar	14	12060	11435	94,82%
1-abr	15	17639	17553	99,51%
2-abr	16	16451	16172	98,30%
3-abr	17	16465	14573	88,51%
4-abr	18	8230	7915	96,17%
1-may	19	16077	14838	92,29%
2-may	22	6	6	100,00%
1-jun	23	6780	6785	100,07%
2-jun	24	12625	11731	92,92%
3-jun	25	20804	19435	93,42%
4-jun	26	15346	14921	97,23%
<b>TOTAL</b>		350495	320636	91,48%
<b>PROMEDIO</b>		15239	13941	92,37%



**Fig. 19** Gráfico del cumplimiento del plan de producción semanal enero-junio 2019

### Análisis

Mediante la Figura 19, se observa como fluctúa el cumplimiento del plan de producción en las semanas del año desde la segunda semana de enero hasta la última de junio; por tanto, se obtiene que en promedio se está cumpliendo un intervalo del

91,48%-92,37% que en consideración es bajo, pero se ve que tiene una tendencia a subir en el transcurso de las semanas, por otro lado, en la semana 6 se ve el punto más bajo por incumplimientos, esto se debe a que existieron diversos problemas y demoras que no contribuyeron positivamente en el proceso, generados por pruebas inesperadas de nuevos modelos de suelas por parte del departamento de diseño, como consecuencia se genera un desabastecimiento de suelas al proceso de montaje de calzado, ya que se detiene la producción generando pérdidas económicas.

### 5.2.2 Identificación de las variables críticas del proceso

Para identificar las posibles causas del problema de incumplimiento del plan de producción. Se utiliza la técnica de lluvia de ideas o brainstorming con el personal del área de inyección de suelas, en la cual se evidencia en el Anexo 3, las ideas obtenidas por el personal, a continuación, se agrupan los diferentes problemas que se tiene para que no se cumpla el plan de producción representado en la Figura 20.

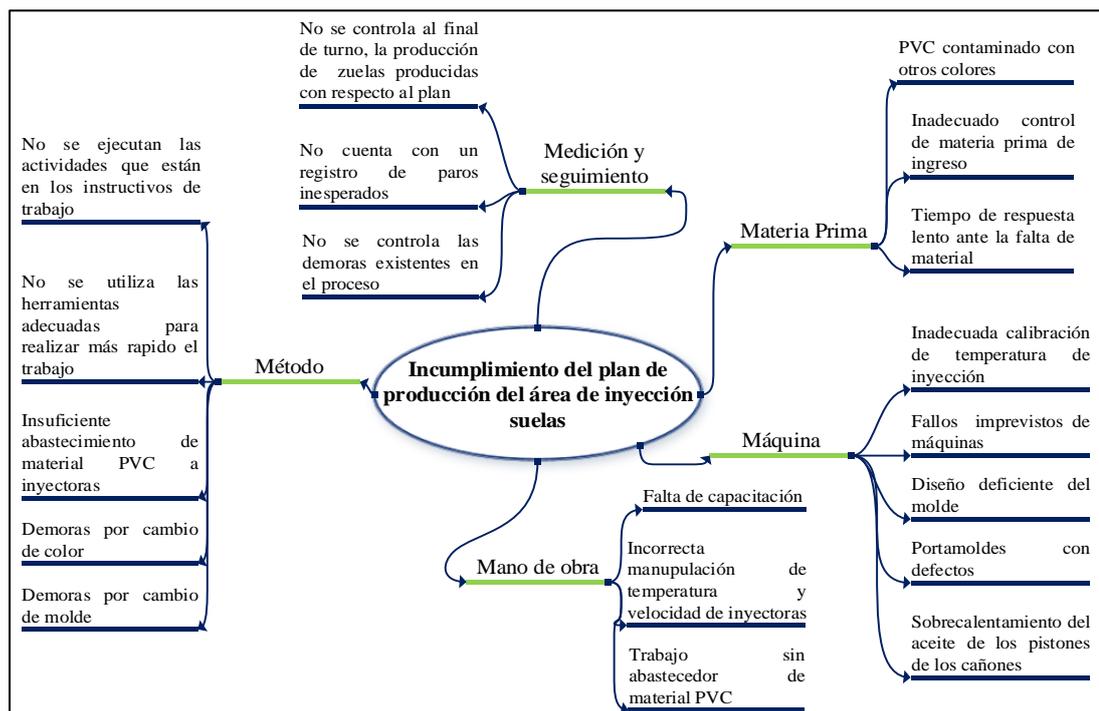


Fig. 20 Mapa mental de los problemas del área de inyección de suelas de PVC

Al elaborar la lluvia de ideas se identifica varios factores tanto de maquinaria, mano de obra y métodos de trabajo que son los que más afectan al proceso. Con la finalidad de determinar los problemas más significativos, en la cual se observa que existe la mayor cantidad de ideas en el método de trabajo y máquina.

Teniendo como base el mapa mental, se elabora el diagrama Ishikawa [46], con los problemas más potenciales que se deducirían a incumplir el plan de producción y se ilustra en la Figura 21.

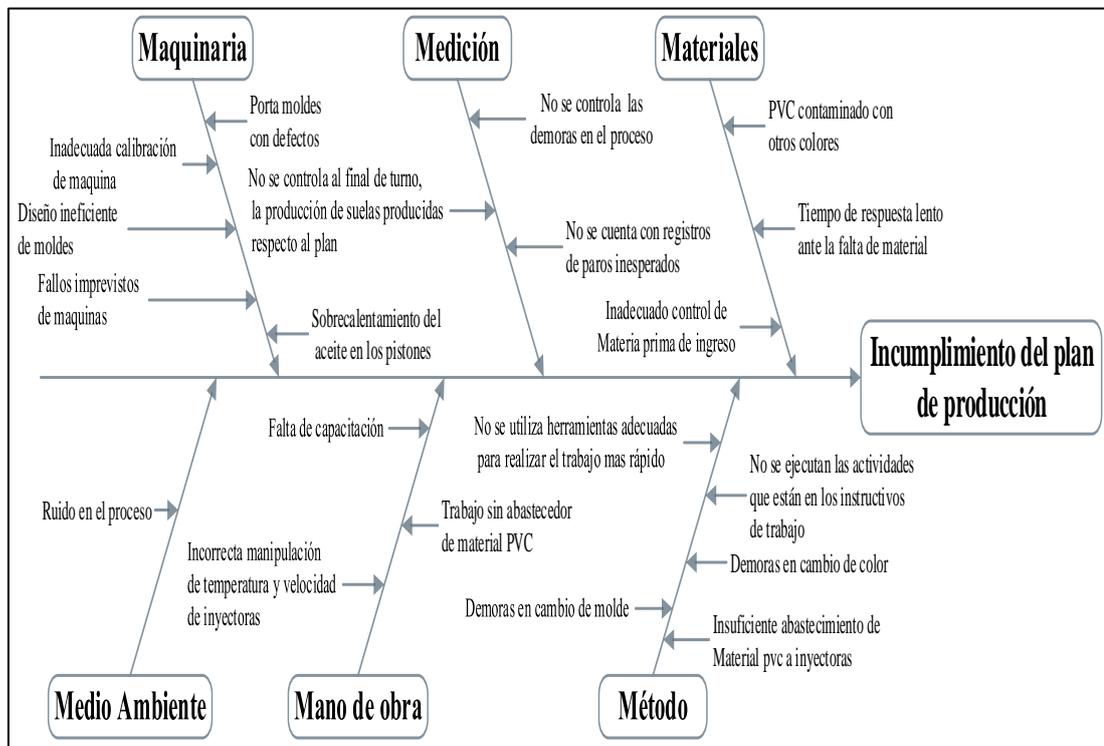


Fig. 21 Diagrama de Ishikawa del incumplimiento del plan de producción

En la Figura 21, se obtiene que los problemas causales del incumplimiento del plan de producción que son las demoras que existen en el proceso tanto en los cambios de moldes, cambios de color y fallos de máquina que son constantes, sin embargo, estas ideas son solo hipotéticas basadas en la experiencia de los trabajadores. Otro factor crucial que se presenta es las pruebas que se ejecutan sin planificación, estas pruebas se las hace cuando ingresa un nuevo modelo de suela, nuevos colores y moldes al proceso, haciendo que se pierda turnos completos sin cumplir el plan de producción, por otra parte otro factor es la sobre programación de actividades en la que los trabajadores tienen que desarrollar actividades que no les corresponde debido a las faltas injustificadas de otros operarios, además de ello otro factor crucial es que no se cumple a cabalidad los instructivos de trabajo generando así demoras o fallos en el proceso, adicionalmente en la Tabla 30, se describe cada uno de los problemas suscitados en el proceso de inyección, cabe mencionar que esta información es de la experiencia de los operarios.

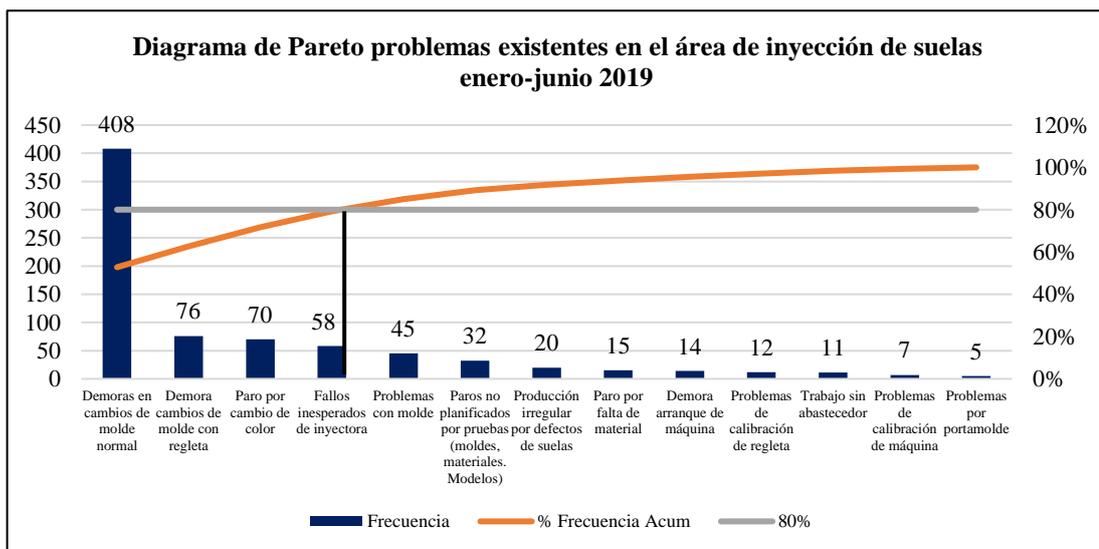
**Tabla 30** Descripción de los problemas generados en el proceso de inyección

Problema	Descripción
Demoras en cambios de molde normal	Es el tiempo muerto que se genera al realizar el cambio de únicamente el molde
Demora cambios de molde con regleta	Es el tiempo muerto que se genera al parar la máquina para cambiar el molde y la regleta, esto se lo hace para tallas grandes y el modelo volt.
Paro por cambio de color	Es cuando se para la máquina para cambiar la referencia de color del material PVC de los cañones
Fallos inesperados de inyectora	Son los sucesos de manera imprevista, en donde se para la máquina por cualquier error o fallo de alguna elemento mecánico, eléctrico o hidráulico donde necesita intervención del personal de mantenimiento.
Problemas con molde	Es cuando los moldes tienen fallas y se generan fugas de material y no se inyecta bien la suela de calzado.
Paros no planificados por pruebas (moldes, materiales)	Es cuando se interrumpe la producción normal porque se desarrolla pruebas de nuevos materiales y moldes por el departamento de Diseño, esto se lo ejecuta sin previa planificación.
Producción irregular por defectos de suelas	Se genera cuando existe defectos recurrentes por las suelas como lo son el despegue cuando son dos colores, cuando las suelas están contaminadas con otros colores o se quema el material.
Paro por falta de material	Se produce cuando en una producción normal se para la máquina por falta de material en la planta y requiere abastecerse de la planta de plásticos.
Demora arranque de máquina	Es cuando existe un tiempo de espera al inicio del turno, los días lunes donde se ingresan las configuraciones de máquina, y se demora hasta que las temperaturas de los inyectores lleguen a su set point establecido para cada modelo.
Problemas de calibración de regleta	Se da cuando la regleta no se queda fija, generando tiempos muertos por calibración y regulación.
Trabajo sin abastecedor	Es cuando uno de los integrantes que ayuda a suministrar el material PVC a las inyectoras falta a sus actividades
Problemas de calibración de máquina	Se genera cuando los parámetros de inyección no son adecuados para el modelo y material a utilizar generando daños en las suelas y demoras en configuración.
Problemas por porta molde	Se produce cuando los pernos y los porta moldes están desgastados y no se ajustan adecuadamente

Para obtener datos de los problemas de manera cualitativa se tabulan en base a las hojas de registro diario de producción por cada máquina en el periodo enero-junio 2019. Las hojas de registro presentadas en el Anexo 1, cuenta con información de los acontecimientos generados en el turno de trabajo. Cada uno de los sucesos fueron expuestos por los trabajadores del área en base a su conocimiento y experiencia referentes a la Tabla 30. Se emplea el análisis de los datos mediante el software Excel y se detalla los porcentajes de frecuencia de ocurrencia en relación a los 648 turnos y se obtiene los siguientes resultados en la Tabla 31.

**Tabla 31** Frecuencia de problemas en el proceso de inyección enero-junio 2019

Problema	Frecuencia	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
Demoras en cambios de molde normal	408	52,78%	52,78%
Demora cambios de molde con regleta	76	9,83%	62,61%
Paro por cambio de color	70	9,06%	71,67%
Fallos inesperados de inyectora	58	7,50%	79,17%
Problemas con molde	45	5,82%	84,99%
Paros no planificados por pruebas (moldes, materiales. Modelos)	32	4,14%	89,13%
Producción irregular por defectos de suelas	20	2,59%	91,72%
Paro por falta de material	15	1,94%	93,66%
Demora arranque de máquina	14	1,81%	95,47%
Problemas de calibración de regleta	12	1,55%	97,02%
Trabajo sin abastecedor	11	1,42%	98,45%
Problemas de calibración de máquina	7	0,91%	99,35%
Problemas por porta molde	5	0,65%	100,00%
<b>TOTAL</b>	<b>773</b>	<b>100,00%</b>	



**Fig. 22** Gráfico de Pareto con los problemas en el área de inyección de suelas de PVC

### Análisis

Mediante la Tabla 31, se emplea el diagrama de Pareto [51], para determinar las causas principales del incumplimiento del plan de producción, y se denota los pocos vitales que servirán de base para mejorar el proceso reduciendo el 20% de las causas y solucionando el 80% de los problemas, y de esta manera se vera la mejora en cuanto al cumplimiento del plan de producción reduciendo y eliminando tiempos muertos por problemas de diferente índole sucedida en cada turno de trabajo.

Como resultado de la Figura 22, se obtiene que los problemas potenciales por el incumplimiento del plan de producción son: demoras de cambios de molde normal con un 52,78% que denota la mayor causa, paros en cambios de molde con regleta con un 9,83%, paros por cambios de color con un 9,06%, paros por fallos inesperados de inyectoras con un 7,50% en la cual se descarta ciertos problemas que son propios del proceso.

### Interpretación

Los problemas suscitados en el proceso se pueden notar que existe mayor frecuencia en los cambios de molde, esto se debe a la planificación y demanda de suelas al área de montaje, sin embargo, existen otras dificultades que generan tiempos muertos en el proceso como lo son paros por cambios de color y fallos inesperados de máquina.

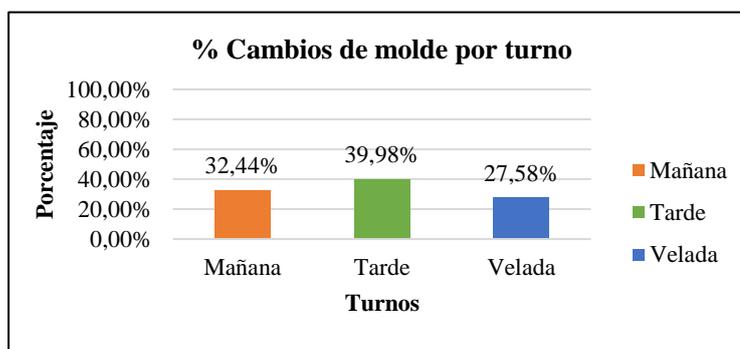
### Análisis de los pocos vitales

#### Demora por cambio de molde normal

El tiempo por cada cambio de molde normal es de 10 minutos, en la cual ese tiempo es establecido por la empresa; mediante, los registros diarios de producción se determinan el número de cambios de molde generados de enero-junio 2019; con la finalidad de estratificar en los puntos críticos y más influyentes de demora, en la Tabla 32 se representa la sumatoria del tiempo de cambios en cada turno de trabajo.

**Tabla 32** Tiempos de cambios de molde normal por turno enero-junio 2019

Turno	Tiempo (min)	% Participación
Mañana	3870	32,44%
Tarde	4770	39,98%
Velada	3290	27,58%
<b>Total(min)</b>	<b>11930</b>	<b>100,00%</b>



**Fig. 23** Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde normal por turno de trabajo

## Análisis

En la Figura 23, se puede notar que en el turno de la tarde tiene mayor aglomeración de datos con un 39,89%, en el turno de la mañana con un valor de 32,44%, y en la velada con un 27,58% del tiempo contemplado de cambios de molde.

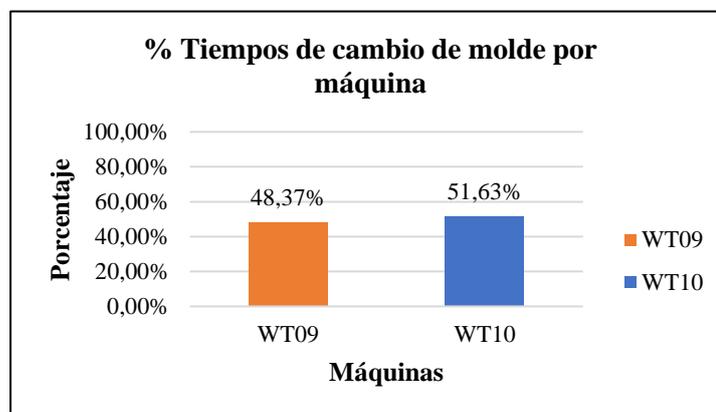
## Interpretación

El mayor número de cambios de molde se generan en la jornada de la tarde, por lo que refleja factores de planificación de control de la producción, por lo que [52], señala que las demoras se generan por el cambio de turno, ya que no se cumple por completo la producción del turno anterior y se debe cambiar los moldes acorde a lo programado, además señala que las fluctuaciones constantes de cambios de referencia difieren en la pérdida directa del tiempo de producción; en el caso de Plasticaucho Industrial S.A. se tiene que la planificación variable ya que depende del estudio de la demanda del calzado y la temporada, por lo que en la jornada de la tarde también es el turno intermedio que ayuda a los dos turnos a cumplir con lo planificado.

En la Tabla 33, se muestra el tiempo utilizado de cambios de molde normal en el periodo enero-junio 2019 por máquina, teniendo el tiempo en minutos y el porcentaje del tiempo con el total de tiempo empleado para los cambios de molde.

**Tabla 33** Tiempos de cambios de molde normal por máquina enero-junio 2019

Máquina	Tiempo(min)	% tiempo
WT09	5770	48,37%
WT10	6160	51,63%
Total	11930	100,00%



**Fig. 24** Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde normal por máquina

## Análisis

En la Figura 24, se observa que la mayor cantidad de tiempo empleado para cambios de molde está en la máquina WT10 con un 51,63% a lo que hace referencia a 6160 minutos y en la WT09 con un 48,37% que representa 5770 minutos perdidos por cambios en el periodo enero-junio 2019.

## Interpretación

La mayor cantidad de tiempo empleado para cambios de referencia se denota en la máquina WT10, teniendo en cuenta que en la máquina es donde más variabilidad tiene con respecto a los modelos que se produce asumiendo así mayor tiempo en los cambios, se recalca que en esta máquina también se hacen las pruebas de los nuevos materiales, para observar la reacción del material ante cada tipo de molde, por lo que se ejecutan un número elevado de cambios hasta que se observa uniformidad en la suela y sin defectos.

## Demora por cambio de molde con regleta

En esta demora tiene relación con el cambio de molde normal, la única diferencia es que adicionalmente se cambia la regleta y se visualiza en el Anexo 4, la forma de la regleta; es una placa que va en la parte superior e inferior del porta molde, este cambio se lo hace únicamente para moldes grandes en tallas desde la 40-43; sin embargo, el tiempo de cambio de molde incluido la regleta en base a datos de la organización se tiene que es de 15 minutos como tiempo estándar, y en base a los registros diarios de producción se tabulan el número de cambios multiplicado por el tiempo especificado de 10 minutos registrado por la organización en el periodo enero-junio 2019, estos resultados se observa en la Tabla 34, que se tiene el tiempo empleado por turno.

**Tabla 34** Tiempos de cambios de molde con regleta por turno enero-junio 2019

Turno	Tiempo cambio molde con regleta	% Participación Camb. Molde Con Regleta
Mañana	465	40,79%
Tarde	375	32,89%
Velada	300	26,32%
<b>Total(min)</b>	<b>1140</b>	<b>100,00%</b>

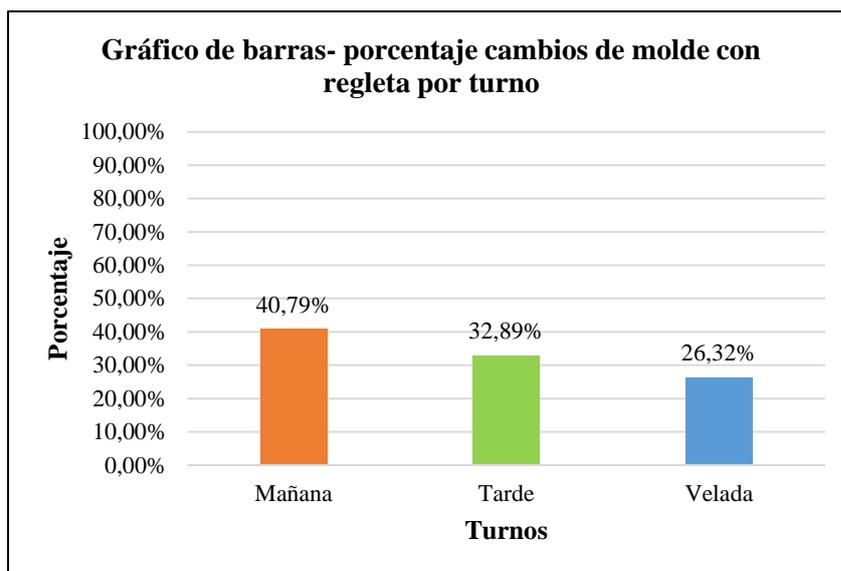


Fig. 25 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde con regleta por turno

### Análisis

En la Figura 25, se observa que el cambio de molde con regleta tiene mayor repercusión en el turno de la mañana con un 40,79% seguidamente del turno de la tarde con un 32,89%; por tanto, se establece que los cambios de regleta se ven más enfocados en el turno de la mañana.

### Interpretación

Los cambios de moldes pequeños a grandes intervienen el cambio de la regleta, generalmente se lo hace en jornadas de la mañana, considerando que los moldes son pesados y por tanto en dicha jornada los operarios tienen más energía, por otro lado, esto también depende de la planificación diaria.

Sin embargo, con respecto a las inyectoras se establece el tiempo empleado por cada una en cuanto a los cambios de molde con regleta representada en minutos, se lo ve reflejado en la Tabla 35, con el porcentaje de participación de cada una.

Tabla 35 Tiempos de cambios de molde con regleta por turno enero-junio 2019

Máquina	Tiempos (min)	% Tiempo
WT09	525	46,05%
WT10	615	53,95%
<b>Total</b>	<b>1140</b>	<b>100,00%</b>

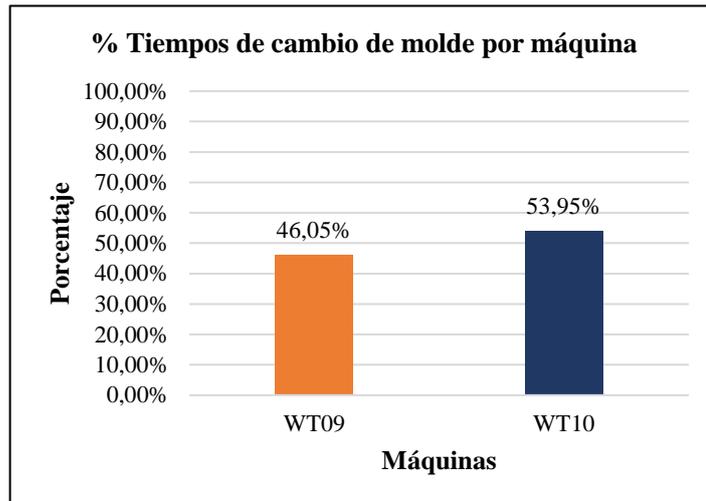


Fig. 26 Gráfico de barras del porcentaje de tiempos de cambios de molde con regleta por máquina

### Análisis

En la Figura 26, se tiene en la máquina WT10 un 53,95% equivalente a 615 minutos, en cambio la máquina WT09 representa un 46,05% referente a 525 minutos en tiempo usado en cambio de molde con regleta.

### Interpretación

La mayor cantidad de tiempo se emplea en la máquina WT10 para cambios de molde tanto normal y con regleta, teniendo así un referente principal en la causa del problema, ya que la mayor parte de las demoras se ven reflejadas en la misma máquina.

### Paros por cambio de color

Estos paros se lo realizan al cambiar el modelo de suela, cabe mencionar que para cada modelo tiene un color tanto para la base como la bandeleta como se observa en la Figura 15, las máquinas Wintech cuentan con dos cañones y cada cañón utiliza colores diferentes. Para desarrollar el cambio de color primero el trabajador extrae todo el material sobrante de otro color para que no se contamine el nuevo material, por consiguiente, se traslada los supersacos de 500 kilogramos y se abastece a las máquinas que cuenta con una manguera que succiona el material, esto se lo puede visualizar en el Anexo 5, en donde se describe el cambio de color con cada uno de sus componentes y la forma de como se lo desarrolla, además en la Tabla 36, se describe el número de cambios de color registrados con respecto a las unidades producidas en el periodo de enero a junio 2019.

**Tabla 36** Pares por cambios de color enero-junio 2019

Parámetro	Cantidad
Total, pares producidos	304356
# Cambios de color	70
Pares por cambio	4348

### Interpretación

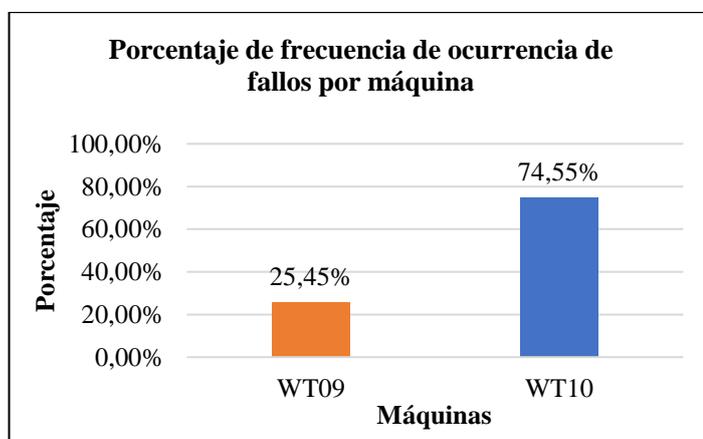
No se considera una demora tan representativa, ya que el cambio de color sirve para 4348 pares de suelas, independientemente del color que se use o si se usa dos colores para el piso y la bandeleta, se demuestra que no se ejecutan frecuentemente cambios de color, por lo que no es un problema potencial en el proceso.

### Fallos inesperados de máquina inyectora

En función a los registros diarios de producción y la tabulación de los problemas encontrados, se determina los fallos inesperados que se genera por máquina, además se tiene la descripción de cada uno de ellos, cabe mencionar que estos datos se lo registran en función a la experiencia del operario, en la Tabla 37, se observa la frecuencia de fallos inesperados por máquina y el porcentaje de la frecuencia de ocurrencia.

**Tabla 37** Frecuencia de fallos de máquina enero-junio 2019

Máquina	Frecuencia	%Frecuencia
WT09	14	25,45%
WT10	41	74,55%
Total	55	100,00%



**Fig. 27** Gráfico de barras del porcentaje de fallos por máquina

## Análisis

Por tanto, en la Figura 27, se observa que existe la mayor cantidad de problemas o fallos inesperados de las máquinas con mayor cantidad de repercusiones en la WT10 con un 74,55%, en cambio, en la máquina WT09 se evidencia un 25,45% que es muy bajo en comparación con la WT10.

## Interpretación

En la máquina WT10 tiene mayor cantidad de problemas, por lo que tanto en cambios de molde y en problemas es la máquina que más reincide en demoras.

Se desarrolla un análisis más específico de los paros inesperados de máquinas. Se determina las frecuencias de los problemas más comunes y se demuestra en la Tabla 38, con la frecuencia y el porcentaje correspondiente.

**Tabla 38** Datos diagrama de Pareto de los fallos de las inyectoras enero-junio 2019

Top	Descripción	Frecuencia de ocurrencia	%Frecuencia	% Frec. Acum
1	Fallo de cañón de inyección	14	25,45%	25,45%
2	Falla de estación	14	25,45%	50,91%
3	Falla termorregulador	5	9,09%	60,00%
4	Movimiento lento prensa	4	7,27%	67,27%
5	Recalentamiento aceite	2	3,64%	70,91%
6	Problemas movimiento de mesa	2	3,64%	74,55%
7	Falla de sensor temperatura	2	3,64%	78,18%
8	Falla de rotación (daño de puertas)	2	3,64%	81,82%
9	Paro actualización software	2	3,64%	85,45%
10	Paro por ventilador	1	1,82%	87,27%
11	Daño manguera aceite	1	1,82%	89,09%
12	Fallo eléctrico	1	1,82%	90,91%
13	Error movimiento de punta	1	1,82%	92,73%
14	Falla de configuración	1	1,82%	94,55%
15	Daño manguera de agua	1	1,82%	96,36%
16	Error del variador	1	1,82%	98,18%
17	Manguera rota de aceite	1	1,82%	100,00%
Total		55	100,00%	
Turnos totales		648		
Probabilidad de ocurrencia de fallo		8,49 %		

A continuación, se obtiene el diagrama de Pareto en la Figura 28, que permite definir los fallos de máquinas más potenciales verificar si influye directamente en el problema.

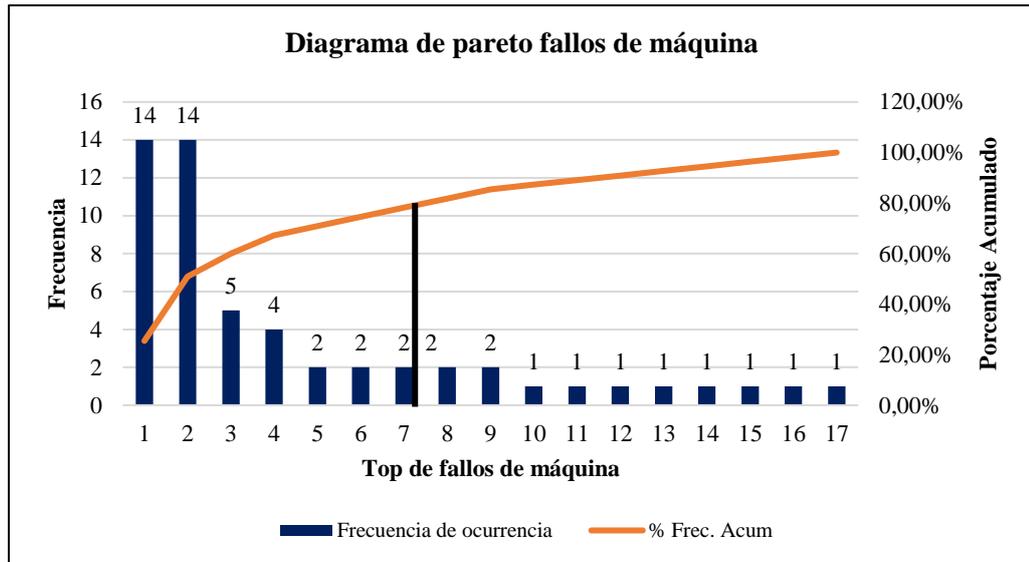


Fig. 28 Gráfico de Pareto con los problemas de máquina enero-junio 2019

### Análisis

Mediante la Figura 28, se puede notar que los problemas que más se suscitan es el fallo del cañón de inyección, por lo que la máquina cuenta con dos cañones y con 3 estaciones cada máquina, por ende, al generarse un fallo del cañón también se cuenta con un fallo de estación con un 24,14%, además del fallo del termorregulador y movimiento lento de la prensa con un 8,62% y 6,90% respectivamente.

### Interpretación

Los fallos de máquina en referente al total de turnos analizados señalan que solo el 8,95% de los turnos suceden paros no planificados por problemas imprevistos de máquina, además la organización cuenta con su plan de mantenimiento por lo que estos factores son mínimos y se lo puede evidenciar en el Anexo 6, por lo tanto los fallos inesperados por su frecuencia de ocurrencia es relativamente bajo que no influye en el incumplimiento del plan de producción, por tanto no infiere dentro de los pocos vitales, además Plasticaucho Industrial S.A., cuenta con un departamento de mantenimiento que se encarga de realizar las correcciones y adecuaciones de máquina así como las actividades semanales y mensuales de mantenimiento preventivo.

### 5.2.3 Identificación del problema a estudiar

Al considerar que los problemas más potenciales en el proceso, se ve reflejado que la mayor cantidad de demoras se generan por los cambios de molde normal y cambios de

molde con regleta, por lo que el estudio se centra en mejorar o reducir el tiempo de cambio de molde para mejorar el cumplimiento del plan de producción o estándar, omitiendo las demoras por cambios de color, ya que esto es un proceso normal que se ejecuta para el modelo a ser producido además que cada cambio de material no es muy frecuente y adicionalmente se omite el problema de los fallos de máquina, ya que el proceso cuenta con el departamento de mantenimiento que se encarga de realizar los arreglos y acondicionamientos necesarios de la maquinaria en una frecuencia semanal y mensual, por tanto, la investigación se centra en la demora principal que es el cambio de molde normal que tiene mayor frecuencia, por lo cual se analiza a profundidad el problema.

#### 5.2.4 Análisis de pérdidas

Mediante información obtenida por el departamento de costeo sobre los estándares de producción del área de inyección de suelas por repartido por cada modelo de suela, obtenido por el SAP (Systeme Anwendungen und Produkte) que significa en español sistemas, aplicaciones y productos, se determina un promedio de pares que se genera por minuto para determinar con el tiempo de cambios de molde, las pérdidas que se tiene por el tiempo muerto por cambio en la jornada normal de 8 horas, adicionalmente se puede observar en la Tabla 39, los datos obtenidos de los estándares de producción.

**Tabla 39** Estándar de producción de suelas actualizado junio 2019

MODELO	Tallas	Estándar (Pares)	Horas	Pares/Hora	Pares/minuto
Suela Kelly Negro Violeta	23-36	705	8	88,13	1,47
Suela Smith Blanco Blanco	25-43	1200	8	150,00	2,50
Suela Surin Blanco Blanco	25-43	375	8	46,88	0,78
Suela Classic Blanco Gris 6c	24-43	540	8	67,50	1,13
Suela Surin Blanco Gris 6c	25-43	375	8	46,88	0,78
Suela Azalea Negro Violeta	33-41	600	8	75,00	1,25
Suela Surin Negro Negro	25-43	375	8	46,88	0,78
Suela Smith Negro Negro	25-43	1200	8	150,00	2,50
Suela Volt Blanco Blanco	34-43	600	8	75,00	1,25
Suela Surin Blanco Azul 2380c	25-38	375	8	46,88	0,78
Suela Kelly Cafe	23-36	705	8	88,13	1,47
Suela Surin Blanco Violeta 2583c	25-38	375	8	46,88	0,78
Suela Smith Beige Beige	25-43	1200	8	150,00	2,50
Suela Smith Rosado Rosado 7605 Cp	25-41	1200	8	150,00	2,50
Suela Classic Blanco Negro	24-43	540	8	67,50	1,13

**Tabla 39** Estándar de producción de suelas actualizado junio 2019 (Continuación)

MODELO	Tallas	Estándar (Pares)	Horas	Pares/Hora	Pares/minuto
Suela Surin Blanco Fucsia 2395c	25-36	375	8	46,88	0,78
Suela Surin Blanco Gris 11c	25-36	375	8	46,88	0,78
Suela Volt Negro Negro	34-43	600	8	75,00	1,25
Suela Azalea Negro Violeta A 2602	37-40	600	8	75,00	1,25
Suela Azalea Café	34-39	450	8	56,25	0,94
<b>PROMEDIO</b>		638,25	8	79,78	1,33

En la Tabla 39, se observa un estándar promedio de 1,33 pares por minuto, que sirve para estimar la pérdida de pares de suelas por semana de cada una de las máquinas y por los dos tipos de cambio de molde que se obtiene en la Tabla 40.

**Tabla 40** Pares perdidos por demoras en cambios de molde por semana

Semana-mes	Semana del año 2019	Tiempo de cambio de molde normal(min)		Tiempos cambios de molde con regleta(min)		TOTAL, TIEMPO DE CAMBIOS		Pares perdidos por cambios de molde WT09	Pares perdidos por cambios de molde WT10
		WT09	WT10	WT09	WT10	WT09	WT10		
2-ene	2	60	140	0	0	60	140	80	186
3-ene	3	130	80	0	0	130	80	173	106
4-ene	4	300	230	15	0	315	230	419	306
5-ene	5	160	0	0	0	160	0	213	0
1-feb	6	220	230	0	0	220	230	293	306
2-feb	7	250	230	0	0	250	230	332	306
3-feb	8	300	300	0	0	300	300	399	399
4-feb	9	600	430	45	0	645	430	858	572
1-mar	10	160	220	0	0	160	220	213	293
2-mar	11	290	520	0	45	290	565	386	751
3-mar	12	220	420	15	15	235	435	312	578
4-mar	13	140	460	0	150	140	610	186	811
5-mar	14	280	650	15	210	295	860	392	1144
1-abr	15	260	400	0	90	260	490	346	652
2-abr	16	340	160	90	0	430	160	572	213
3-abr	17	450	310	15	45	465	355	618	472
4-abr	18	70	90	0	0	70	90	93	120
1-may	19	190	300	15	0	205	300	273	399
2-may	20	30	130	0	0	30	130	40	173
1-jun	23	90	30	0	0	90	30	120	40
2-jun	24	490	140	15	0	505	140	671	186
3-jun	25	350	370	90	60	440	430	585	572
4-jun	26	390	320	210	0	600	320	798	426
<b>TOTAL (min)</b>		5770	6160	525	615	6295	6775	8370	9009
<b>PROMEDIO</b>		250,87	267,83	22,83	26,74	273,70	294,57	364	392

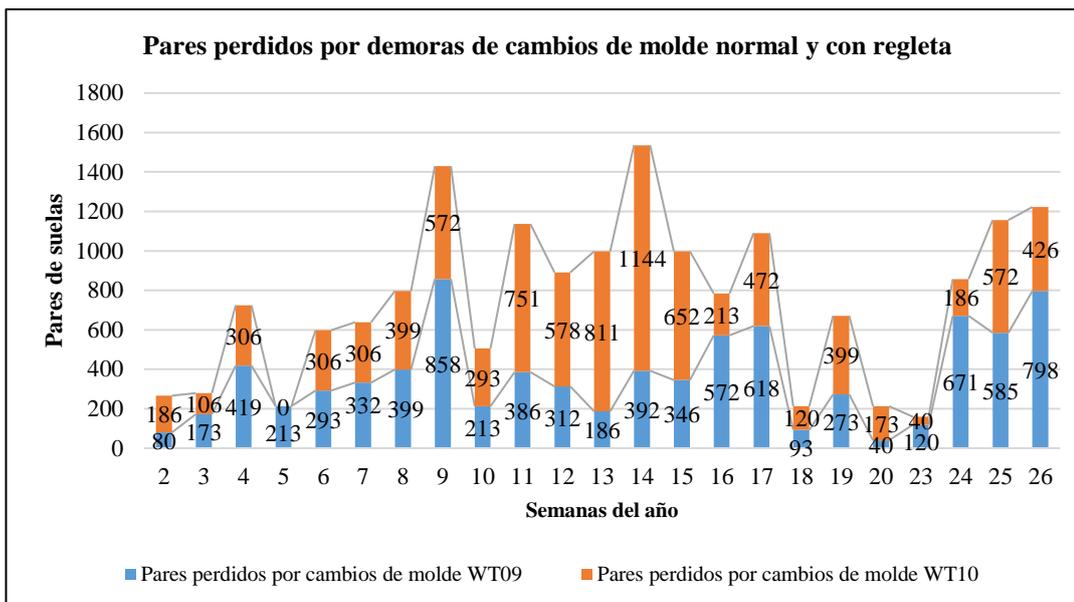


Fig. 29 Gráfico de columnas apiladas de pérdidas de pares de suelas por semana

En base a la Tabla 39 y Figura 29, se afirma que el tiempo perdido transformándolo con el estándar a número de pares perdidos por semana, se tiene un promedio de 364 pares extraviados en la WT09 y 392 pares en la WT10, y en el transcurso de cada semana hasta el mes de junio es notorio la pérdida por cambios de molde, cabe mencionar a que esto se debe a programación, pero al obtener que existen grandes pérdidas de pares y no cumplir con la planificación diaria se ve afectado al indicador de eficiencia del proceso. El valor monetario de la pérdida se tiene los siguientes resultados en la Tabla 23, en donde se tiene las pérdidas por semana en los 6 meses y anual, cabe recalcar que el costo promedio de producir un par de suelas es de \$ 1.11, este dato se obtuvo del costo de suelas registrado en la Tabla 23.

Tabla 41 Pares perdidos por demoras en cambios de molde por semana

Descripción	Máquinas		TOTAL
	WT09	WT10	
Pares perdidos por semana	364	392	756
Pérdida semanal	\$403,86	\$434,92	\$838,78
Total, pares perdidos de 6 meses enero-junio 2019	8370	9009	17379
Pérdida por 6 meses	\$9.286,94	\$9.995,08	\$19.282,02
Pérdida anual	\$18.573,88	\$19.990,16	\$38.564,04

En la Tabla 41, anualmente se está perdiendo \$ 38.564,04 dólares por cambios de molde, lo que es una suma intermedicamente representativa para la organización, aunque esta pérdida también influye en paros de producción del área de montaje de

calzado escolar y deportivo por desabastecimiento de suelas, esto repercute en el cumplimiento global de la planta.

Por otra parte, en la estructura de costo de las suelas de PVC por medio del Anexo 7, describe el costeo y consumo de suelas, que se obtuvo de SAP, en la cual se detalla los elementos que intervienen en el costo como lo son: mano de obra, material PVC, etiquetas, costo de operación de máquina. El peso de suelas perdidas en el proceso se ve reflejado a largo plazo y el mal uso de recursos generando un déficit del control de proceso. Al notar que el problema más significativo dentro del proceso de inyección es el cambio de molde se establece la carta de proyecto con el alcance, los roles y los recursos a utilizarse en la solución del problema.

### 5.2.5 Carta del Proyecto o Project Charter

Al culminar la etapa de definición se obtiene la carta de proyecto Lean Six Sigma y se lo representa en la Tabla 42.

**Tabla 42** Project Charter del Proyecto Lean Six Sigma

	<b>CARTA DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE MEJORA LEAN SIX SIGMA PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO</b>		<b>VERSIÓN: 001</b>
	<b>Nombre del iniciador:</b> Luis Byron Abril Flores	<b>Elaborado por:</b> Luis Byron Abril Flores	<b>Aprobado por:</b> Ing. Luis Morales
<b>Fecha:</b>			
<b>1.- Caso de Negocio</b>			
<p>En la planta de calzado cementado en el proceso de inyección de suelas de calzado se evidencia que el tiempo de cambio de molde es la principal causa de las paradas que generan el incumplimiento del plan de producción, con una pérdida estimada de \$38,564.04 anuales, en un periodo de análisis de 6 meses durante el año 2019.</p>			
<b>2.-Propósito</b>			
<p>Reducir el tiempo de cambio de moldes para suelas de PVC de calzado escolar y deportivo.</p>			

**Tabla 42** Project Charter del Proyecto Lean Six Sigma (Continuación)

<b>3.- Objetivo del Proyecto y entregables</b>				
Reducir el tiempo de cambio de moldes en un 20% para incrementar la eficiencia del proceso y cumplir a cabalidad la planificación de producción para cada turno de trabajo y en las dos máquinas inyectoras Wintech WT09 Y WT10.				
<b>4.- Alcance</b>				
Dado que en la empresa Plasticaucho Industrial S.A., cuenta con procesos eficientes y de calidad; pero al considerar que el área de inyección de suelas en la planta de calzado cementado, es nueva por lo que requiere intervención, exclusivamente se trabajara con los datos recolectados y facilitados por la empresa, para disminuir el tiempo de cambio de molde y mejorar el desempeño del proceso y desarrollar la simulación de las mejoras planteadas.				
<b>5.- Roles y responsabilidades</b>				
Gerente de Operaciones Escolar Relax		Revisar continuamente los proyectos de mejora		
Jefe de planta de calzado cementado		Verificar los indicadores de cumplimiento		
Jefe de sección de subensambles e inyección suelas		Capacitar y verificar los cambios efectuados		
Líder del área de inyección de suelas		Guiar al personal al cumplimiento de los cambios establecidos para un mejor desempeño del área		
<b>6.- Recursos (No humanos)</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Información de registros diarios de producción</li> <li>➤ Información del proceso de inyección de suelas de SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos)</li> <li>➤ Software de análisis estadístico Excel y Minitab</li> <li>➤ Software de simulación FlexSim 2019</li> </ul>				
<b>7.- Métricos</b>				
N	Métrico	Especificación Superior actual	Especificación Objetivo	Comentario
1	Disminución del tiempo de cambio de molde de WT09 Y WT10	10 min	8 min	Cambio Individual
		30 min	24 min	3 cambios por turno

### 3.3 Etapa de Medición

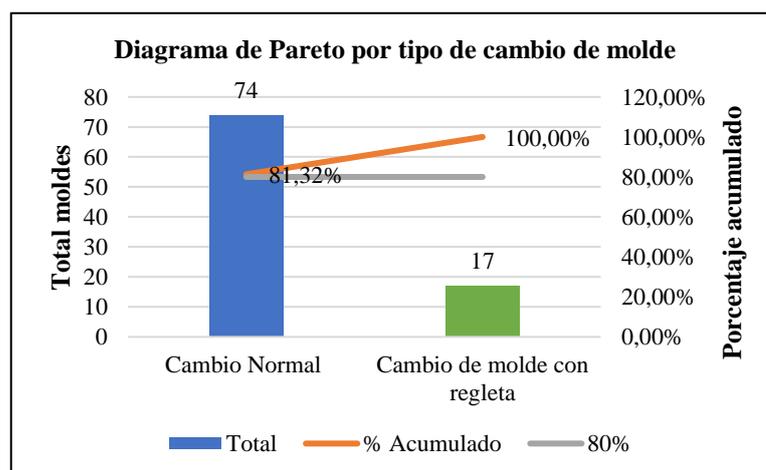
En esta etapa se enfoca en describir el proceso a detalle con la finalidad de comprender los puntos clave de decisión y funcionalidad del proceso, además para cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda en la etapa de definición, por consiguiente, se establece las métricas que se evaluarán y el sistema de medición para garantizar la realidad de los datos, esta fase es importante porque permite medir la línea base como punto de inicio del proyecto.

#### 5.3.1 Identificación de la medición

En base a la carta de definición del proyecto se establece reducir el tiempo de cambio de molde, por lo que se delimita la investigación en un solo tipo de cambio, dado que se utiliza el Anexo 8, en donde se establece la lista de chequeo para identificar los moldes que necesitan regleta normal y regleta grande teniendo los resultados en la Tabla 43, que sirve de base para el desarrollo del diagrama de Pareto en la que se ilustra en la Figura 30.

**Tabla 43** Datos de moldes con regleta normal y con regleta grande

Tipo de molde con regleta	Total	% Frecuencia	% Acumulado
Molde con regleta normal	74	81,32%	81,32%
Molde con regleta grande	17	18,68%	100,00%
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>	<b>100,00%</b>	



**Fig. 30** Diagrama de Pareto por tipo de cambio de molde

En la Figura 30, se observa que el 81,32% de los moldes necesitan una regleta normal, en cambio el 18,68% equivalente a 17 moldes observados en bodega necesitan la regleta más grande, por lo que la medición se centra en el cambio de molde normal,

posteriormente se describe los acontecimientos en los que se ejecuta cambios normales y los que a su vez se cambia la regleta teniendo los siguientes aspectos:

- Se considera cambio normal cuando en máquina esta un molde de tallas de la 23-39 y se cambia por uno de la misma serie, por lo que no se cambia la regleta.
- Se ejecuta el cambio de molde con la regleta cuanto se pasa de una serie de la 23-39 a una serie de la 40-43 y viceversa.
- Se considera igualmente un cambio de molde normal cuando está en las series altas es decir de la 40-43, y particularmente los moldes del modelo volt.

En función al acontecimiento se establece la medición en los cambios que más repercuten en el proceso que son los cambios normales de molde, es así que, la variable a medir es el tiempo de ciclo del proceso de cambio de molde normal.

### 5.3.2 Plan de muestreo

En base a datos históricos de la organización en cuanto a los registros diarios de producción, señala que la mayor cantidad de cambios de molde se da en el turno de la tarde, por lo que servirá de base para la recopilación de datos, además mediante los datos tabulados de los cambios de molde en el periodo enero-junio 2019, tiene un promedio de 3 cambios por turno realizando así la estimación de una población de 120 datos, determinando así un tamaño de la muestra de 92 datos entre las dos máquinas inyectoras y se establece el registro del plan de muestreo en la Tabla 44.

**Tabla 44** Registro del plan de muestreo

Medición	Factores de estratificación	Definición operacional	Tamaño de la muestra	Fuente de información	Método de recopilación	Persona que recopila los datos
Tiempos de cambios de molde normal	Se ejecuta en las dos máquinas WT09 Y WT10	Tiempo en segundos y centésimas de segundos y transformado a minutos y centésimas de minuto	2 máquinas durante el mes de agosto con un total de 92 datos	Cronómetro (Resolución en segundos y centésimas de segundos)	Hoja de recopilación de datos Anexo 9	Investigador
¿Cómo se van a utilizar los datos?			¿Como se van a desplegar?			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Obtener una línea base</li> <li>➤ Realizar un análisis de capacidad</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análisis de capacidad por medio de gráficos de control y diagrama de distribución normal Z</li> </ul>			

### 5.3.3 Diagrama de flujo del proceso actual de cambio de molde

Tabla 45 Diagrama de flujo del proceso de cambio de molde normal

Nº	Identificación de Actividades Descripción	SIMBOLO				
		○	⇒	□	D	▽
1	Dirigirse al tablero de control	○				
2	Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa	○				
3	Colocar el botón de cambio de moldes en On	○				
4	Colocar el botón de rotación en Off	○				
5	Pulsar el botón verde para abrir la puerta	○				
6	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5	○				
7	Retirar la base	○				
8	desconectar manguera del molde	○				
9	retirar la tapa	○				
10	Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente	○				
11	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5	○				
12	Retirar los sujetadores	○				
13	Retirar manguera	○				
14	Retirar la tapa 2	○				
15	Transportarse al estante de los moldes	○	⇒			
16	Demora en buscar el molde a ser cambiado				D	
17	Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante	○				
18	Colocar las dos tapas del molde en carro transportador	○				
19	Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora	○				
20	Transportar el molde hacia la inyectora	○	⇒			
21	Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados			□		
22	Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador	○				
23	Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1	○				
24	Conectar la manguera	○				
25	Poner la tercera parte del molde	○				
26	Conectar la manguera y ajustar el sujetador	○				
27	Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)	○				
28	Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual	○				
29	Verificar cuadro de molde			□		
30	Cerrar la puerta	○				
31	Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde	○				
32	Verificar Inyección con molde cambiado				D	
Nomenclatura						
○	⇒	□	D	▽		
Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento		

Mediante la Tabla 44, se identifica cada una de las actividades que se ejecutan en el proceso de cambio de molde y el tipo de operación que corresponde [31], las mismas que fueron identificadas por medio de la observación y la lista de chequeo de levantamiento de procesos del Anexo 1.

### 5.3.4 Desempeño del proceso

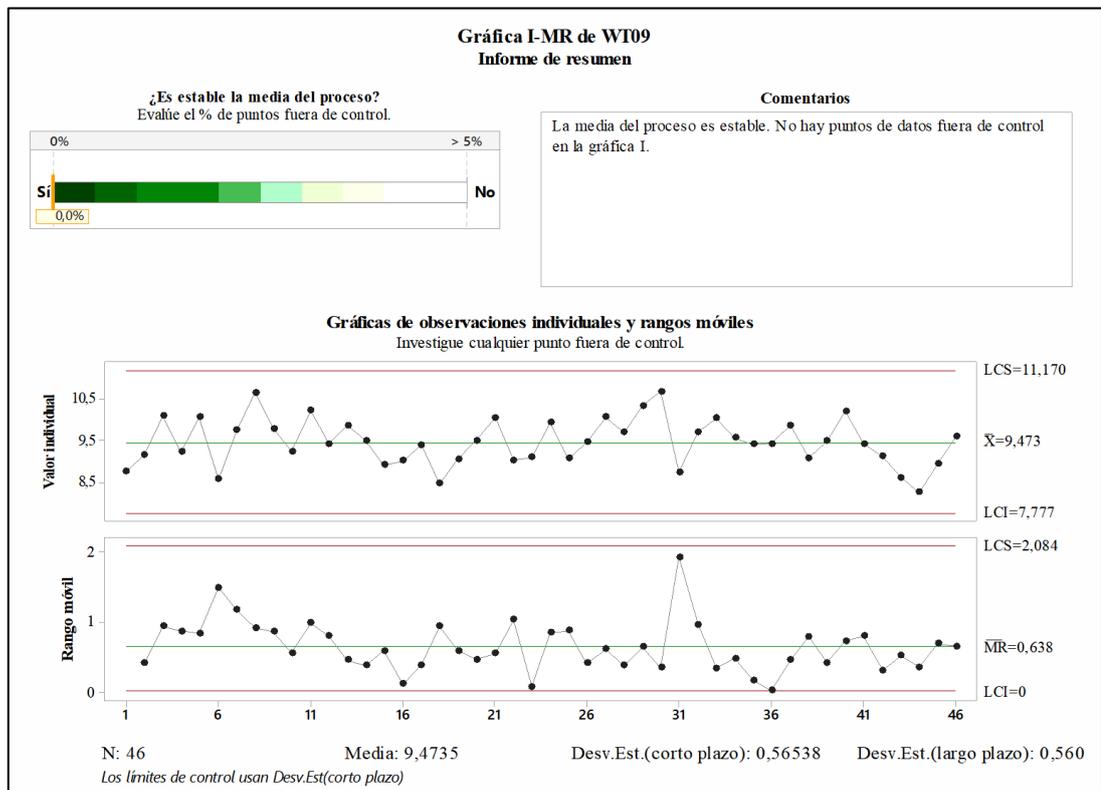
Un aspecto fundamental dentro de la metodología Lean Six Sigma es el uso de datos para el análisis de los procesos, la toma de decisiones y el diseño de mejoras. Para esto,

se define el plan de recolección de datos a través de la implementación de un sistema de medición para asegurar que los datos fueran un reflejo exacto del objeto de estudio, esto permite identificar la causa-raíz de los problemas durante el cambio de molde y comprobar la efectividad de las mejoras.

Se considera el inicio del ciclo de tiempo desde el momento que el operario se dirige al mando de control hasta la verificación del molde cambiado, esto se lo identifica en la Tabla 40, todas las actividades que desarrolla el operario, por consiguiente, se mide el tiempo de 46 cambios de molde por cada máquina teniendo un total de 92 datos los mismos que se indica en el Anexo 10, todos los datos recopilados en segundos y su transformación a minutos y centésimas de minuto, los mismos que se procesan en la elaboración de graficas de control de muestras individuales y análisis de capacidad para un proceso de una sola especificación para inferirse a la línea base del proceso.

➤ **Línea base en máquina WT09**

La Figura 31, muestra la gráfica de control de observaciones individuales referente al tiempo de ciclo de cambio de molde en la máquina WT09, con un total de 46 datos tomados en el mes de agosto.



**Fig. 31** Gráfico de control de observaciones individuales de tiempos de cambio de molde WT09 (Minitab)

## Análisis

Los resultados de esta línea base del proyecto con respecto a la máquina WT09 fueron una media de 9,47 minutos y una desviación estándar de 0,56 minutos; mientras que el límite de control superior tiene un valor de 11,17 y el inferior es 7,77 minutos, por lo tanto, los datos muestran que los puntos siguen un patrón aleatorio sin exceder los límites de control, considerando el tiempo de ciclo (minutos) en cambios de molde normal, se encontró bajo control y no se apreciaron dependencias. Además, de acuerdo con la Figura 31, en la parte inferior se aprecia los puntos del diagrama de rangos móviles que representa la diferencia entre dos mediciones individuales consecutivas, señala una nube aleatoria, demasiado horizontal, en la cual no se observan desplazamientos ni tendencias. Estos resultados aportaron datos para considerar que el proceso se encontró bajo control.

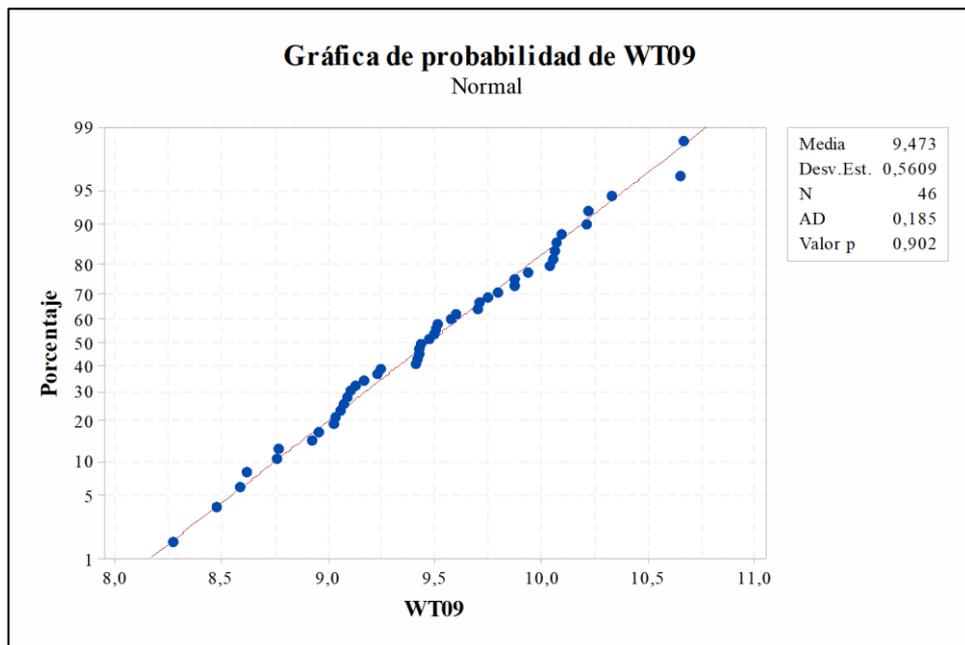


Fig. 32 Gráfico de probabilidad de tiempo de cambio de molde WT09 (Minitab)

Mediante la Figura 32, se realiza la prueba de normalidad, para interpretar correctamente los índices de capacidad, se comprobó que los datos verificaban la hipótesis de normalidad. El nivel P-valor correspondiente a 0,902 resultó mayor que  $\alpha$  de 0,05, lo que demuestra normalidad en los datos del tiempo de cambios de molde normal en la máquina WT09.

## ➤ Línea base en máquina WT10

La Figura 33, muestra la gráfica de control de observaciones individuales referente al tiempo de ciclo de cambio de molde en la máquina WT10, con un total de 46 datos tomados en el mes de agosto.

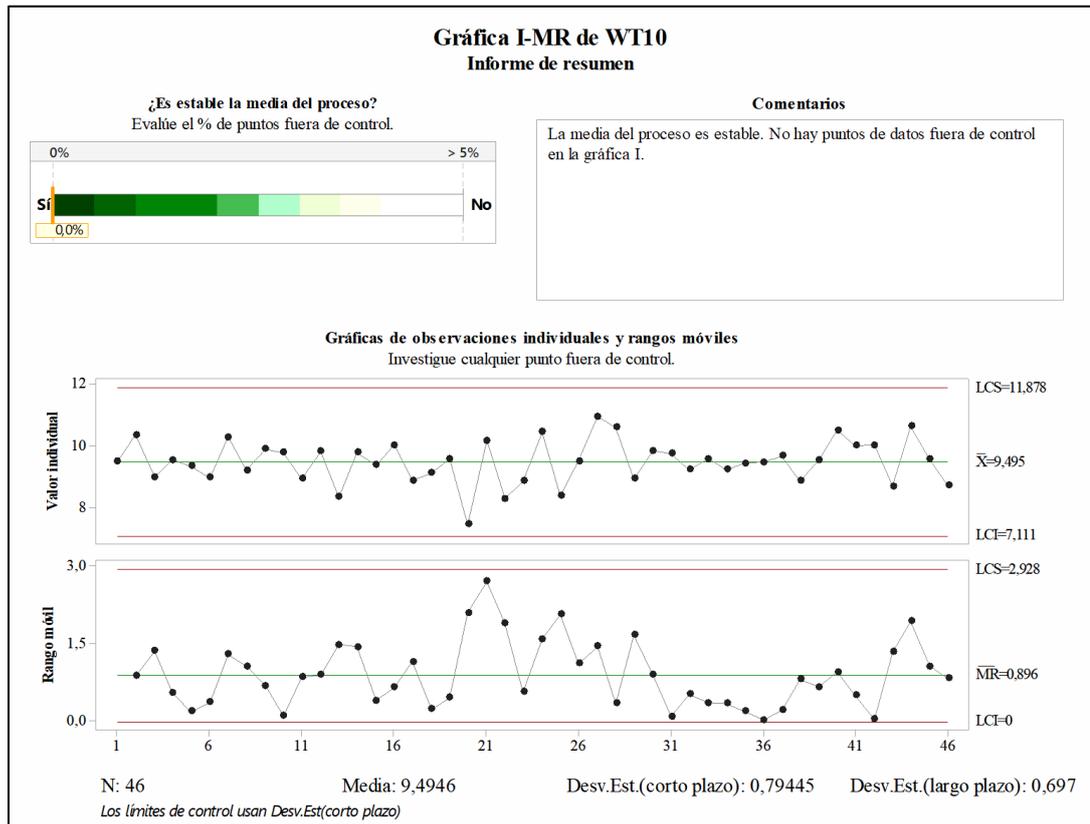


Fig. 33 Gráfico de control de observaciones individuales de tiempos de cambio de molde WT10 (Minitab)

## Análisis

Los resultados de esta línea base del proyecto con respecto a la máquina WT10 fue una media de 9,49 minutos y una desviación estándar de 0,79 minutos; mientras que el límite de control superior tiene un valor de 11,87 y el inferior es 7,11 minutos, por lo tanto, los datos mostraron que los puntos siguen un patrón aleatorio sin exceder los límites de control, considerando el tiempo de ciclo (minutos) en cambios de molde normal, se encontró bajo control y no se aprecia dependencias. Además, de acuerdo con la Figura 33, en la parte inferior se aprecia los puntos del diagrama de rangos móviles que representa la diferencia entre dos mediciones individuales consecutivas, señala una nube aleatoria, demasiado horizontal, en la cual no se observa

desplazamientos ni tendencias. Estos resultados aportaron datos para considerar que el proceso se encontró bajo control.

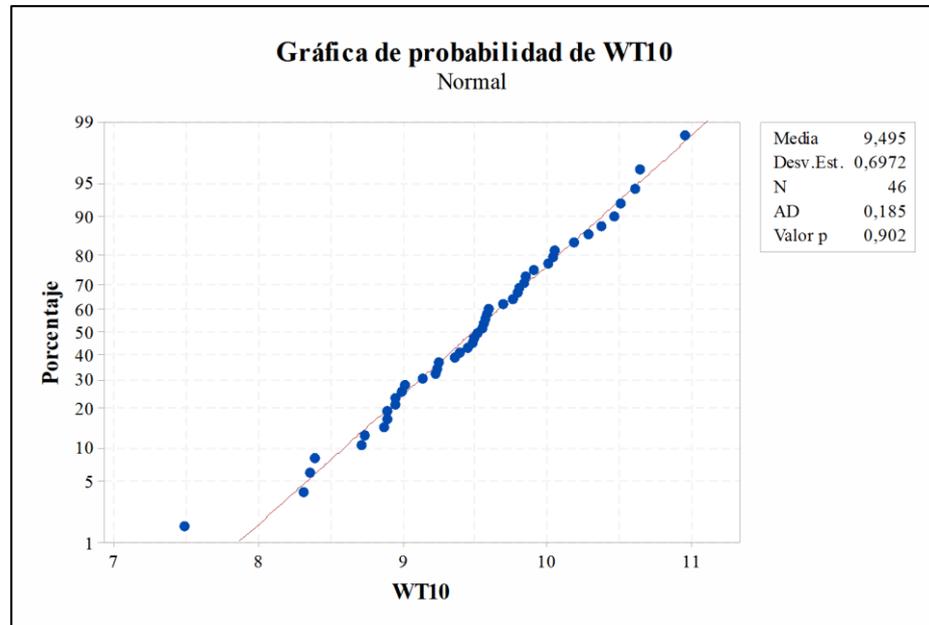


Fig. 34 Gráfico de probabilidad de tiempo de cambio de molde WT09 (Minitab)

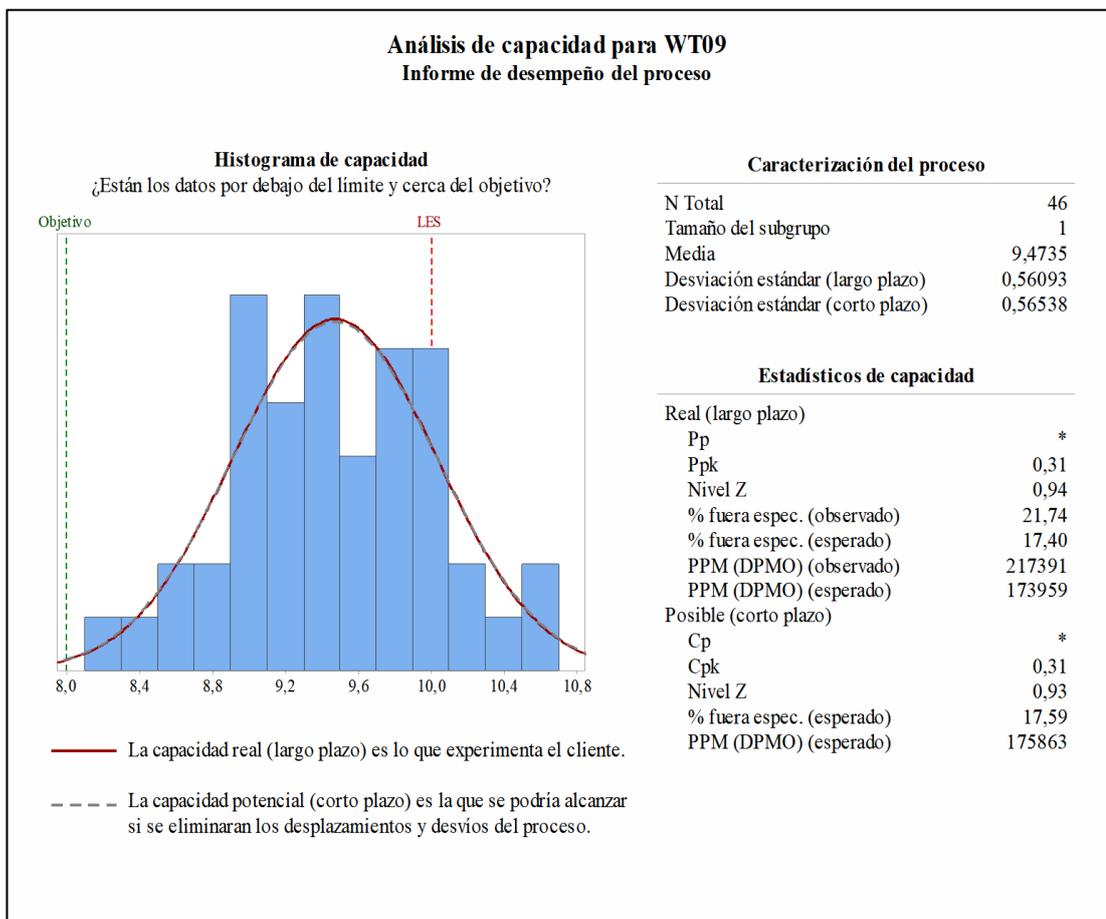
Mediante la Figura 34, se realiza la prueba de normalidad, para interpretar correctamente los índices de capacidad, se comprobó que los datos verificaban la hipótesis de normalidad. El nivel P-valor correspondiente a 0,902 resultó mayor que  $\alpha$  de 0,05, lo que demuestra normalidad en los datos del tiempo de cambios de molde en la máquina WT10.

### Discusión de resultados

Las gráficas de observaciones individuales por máquina referentes al tiempo de ciclo de cambio de molde por la máquina WT09 y WT10, evidencian que las pruebas de normalidad, dieron positivas y mayores al P valor definiéndolo como un proceso estable [53], sin embargo en un estudio realizado referente a las cartas de control señala que cuando un proceso trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico o es estable, porque su comportamiento a través del tiempo es predecible [54], pero al constatar con la investigación referente mejoras en el proceso de cambios de molde señala que es más fácil realizar ajustes en las actividades del proceso para reducir el tiempo de ciclo y llegar a la especificación objetivo en cuanto a reducción del tiempo de cambio de referencia con técnicas de Lean Manufacturing [55].

### ➤ Capacidad del proceso para WT09

En la Figura 36, se observa el análisis de la capacidad en cuanto al tiempo de ciclo del proceso de cambio de molde en la máquina WT09. El proceso de inyección cuenta solo con una especificación superior con un valor de 10 minutos establecido por la organización, lo cual significa que entre más pequeño sea el tiempo de cambio será mejor para la capacidad de producción del área [12].



**Fig. 36** Capacidad del proceso de cambio de molde WT09(Minitab)

### Análisis

Mediante los datos obtenidos de la Figura 36, se determina el índice de centrado K, y los intervalos de confianza de los índices para la máquina WT09, en los cuales se los detalla en la Tabla 46, para su posterior análisis, cabe mencionar que para el proceso se considera una sola especificación superior por lo que no se tiene valores de Cp y Pp, y se crea la condicionante que el valor de Cpk va a ser igual al valor del Cp, que servirá de base para establecer la capacidad real del proceso en la máquina WT09.

**Tabla 46** Valores del índice K e intervalos de confianza de WT09

Cálculo del índice K	
Índice K	29,46%
Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	
$P_{pk}$	$P_{pk} \pm 0,12$
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	
$C_{pk}$	$C_{pk} \pm 0,12$
Rendimiento real del proceso Largo Plazo	
PPM	217391
Rendimiento	78,26%

En fundamentación con los resultados obtenidos de la Figura 36, y los datos calculados para los intervalos de confianza de la Tabla 42, se analiza cada uno de los valores con la finalidad de determinar la condición del proceso de cambios de molde en base a las especificaciones establecidas por la organización y la especificación objetivo. Por lo tanto, dicho análisis se lo realiza en la Tabla 43.

**Tabla 47** Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT09

Análisis de Capacidad para WT09		
Capacidad real de largo plazo		
Índice	Valor	Análisis
Nivel Z	0,94	El nivel Z del proceso es 0,94, lo que señala que el 21,54% de los datos de tiempos de cambios de molde no cumplen con la especificación y por tanto no llega a cumplir la calidad Six Sigma.
Ppk	0,31	El valor señala que es menor a 1, por lo que el desempeño del proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional en la máquina WT09.
Intervalo de confianza para Ppk	0,15-0,43	El límite superior del intervalo de confianza es menor a 1, por lo que se define como un proceso con mala capacidad.
PPM (Largo plazo)	217391	Señala que el proceso puede llegar a tener 217391 partes por millón fuera de especificación, en el cual indica el número de cambios de molde con mayor tiempo a la especificación por cada millón cambios efectuados con un rendimiento del proceso de 78,26%.

**Tabla 47** Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT09 (Continuación)

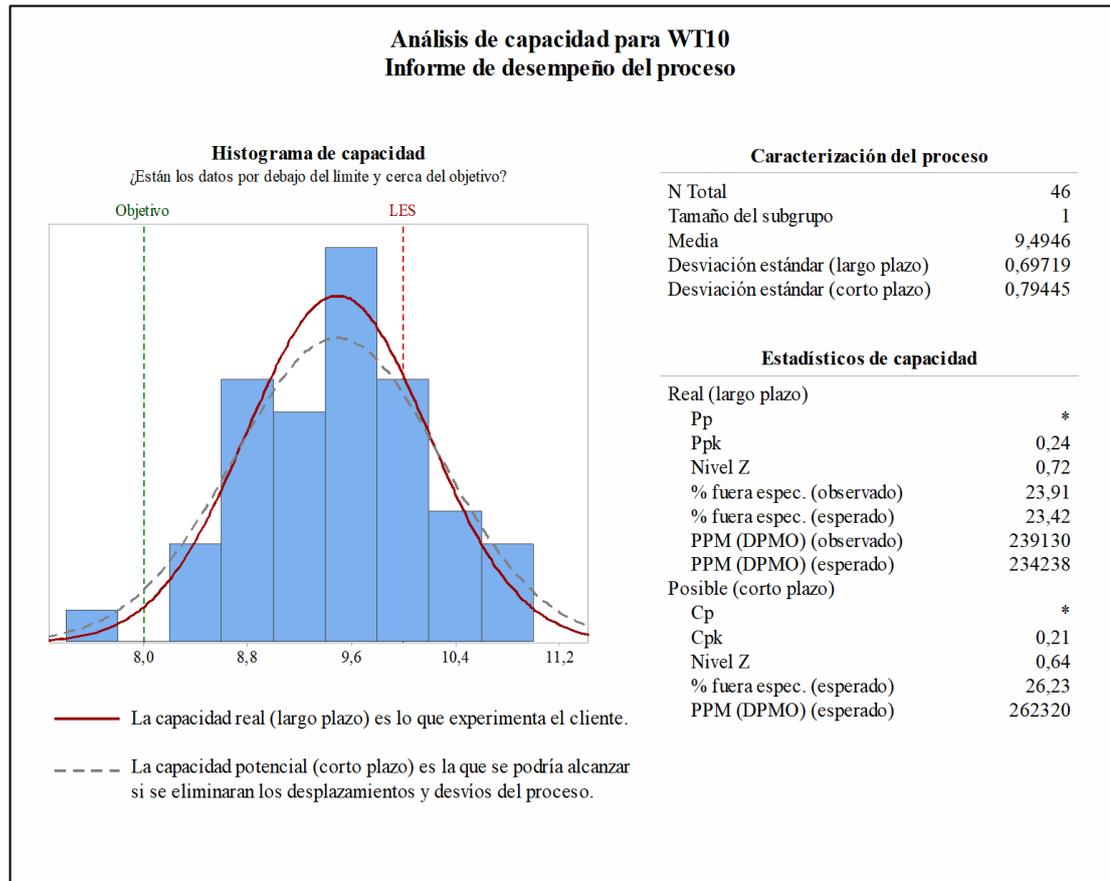
<b>Análisis de Capacidad para WT09</b>		
<b>Capacidad real de largo plazo</b>		
<b>Índice</b>	<b>Valor</b>	<b>Análisis</b>
K	29,43%	De esta forma, la media del proceso está desviada 29,43% a la derecha del valor nominal, por lo que el centrado del proceso es inadecuado ya que se debe considerar menos del 20% en valor absoluto, y esto contribuye de manera significativa a la baja capacidad del proceso para cumplir con la especificación superior.
<b>Capacidad para corto plazo</b>		
Cpk	0,31	La capacidad potencial de corto plazo es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso incrementándose a 0,31 que es menor a 0,67 en índice de corto plazo por tanto el proceso no es adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.
Intervalo de confianza para Cpk	0,15-0,43	En cuanto al intervalo de Cpk el valor superior de 0,43 es el máximo que se puede llegar, teniendo así que el proceso no es adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.
Nivel Z	0,93	El nivel de sigma de corto plazo se puede incrementar hasta 0,93
PPM (Corto plazo)	175863	Señala que el proceso puede llegar a tener 217391 partes por millón fuera de especificación a corto plazo, en el cual indica el número de cambios de molde con mayor tiempo a la especificación por cada millón cambios efectuados con un rendimiento del proceso de 80,42%.

### **Discusión de resultados de WT09**

Al analizar cada uno de los índices de capacidad señala que el proceso está fuera de especificación por lo que la media del proceso está desviada 29,43% con respecto al valor nominal de 8 minutos, además señala que el rendimiento del proceso es del 80,42% por lo que necesita ser controlado para mejorar el indicador, un estudio realizado de capacidad para el cambio de molde en máquinas inyectoras [36], donde los tiempos para cada uno de los tipos de cambio se encuentran por fuera de las especificaciones requeridas y presenta niveles sigma en su gran mayoría inferiores a 1, señala que se los puede mejorar mediante nuevos métodos de trabajo y definiendo cada una de las actividades que deben ser ejecutadas por los trabajadores.

## ➤ Capacidad del proceso para WT10

En la Figura 37, se observa el análisis de la capacidad en cuanto al tiempo de ciclo del proceso de cambio de molde en la máquina WT10. De la misma manera en la inyectora WT10 tiene un límite de especificación superior de 10 minutos; que sirve de base para el estudio de capacidad del proceso de cambio de molde.



**Fig. 37** Capacidad del proceso de cambio de molde WT09(Minitab)

## Análisis

Mediante los datos obtenidos de la Figura 37, se calcula el índice de centrado K, y los intervalos de confianza para los índices de capacidad para la máquina WT10, en los cuales se los detalla en la Tabla 48, para su posterior análisis, cabe mencionar que para el proceso se considera una sola especificación superior por lo que no se tiene valores de Cp y Pp, teniendo como referencia la especificación superior de 10 minutos, referentes al tiempo dado por la organización.

**Tabla 48** Valor del índice K e intervalos de confianza de WT10

Cálculo del índice K	
Índice K	30,0%
Intervalo de confianza para Ppk con 95% de confianza	
$P_{pk}$	$P_{pk} \pm 0,11$
Intervalo de confianza para Cpk con 95% de confianza	
$C_{pk}$	$C_{pk} \pm 0,11$
Rendimiento real del proceso Largo Plazo	
PPM	239130
Rendimiento	76,09%

En fundamentación con los resultados obtenidos de la Figura 37, y los datos calculados para los intervalos de confianza de la Tabla 48, se analiza cada uno de los valores con la finalidad de determinar la condición del proceso de cambios de molde en base a las especificaciones establecidas por la organización y la especificación objetivo. Por lo tanto, dicho análisis se lo realiza en la Tabla 49.

**Tabla 49** Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT10

Análisis de Capacidad para WT09		
Capacidad real de largo plazo		
Índice	Valor	Análisis
Nivel Z	0,72	El nivel Z del proceso es 0,72, lo que señala que el 23,91% de los datos de tiempos de cambios de molde no cumplen con la especificación superior y por tanto no llega a cumplir la calidad Six Sigma.
Ppk	0,24	El valor señala que es menor a 1, por lo que el desempeño del proceso no alcanza los requerimientos mínimos de capacidad funcional en la máquina WT10.
Intervalo de confianza para Ppk	0,13-0,35	El límite superior del intervalo de confianza es menor a 1, por lo que se define como un proceso con mala capacidad.
PPM (Largo plazo)	239130	Señala que el proceso puede llegar a tener 239130 partes por millón fuera de especificación, en el cual indica el número de cambios de molde con mayor tiempo a la especificación por cada millón cambios efectuados con un rendimiento del proceso de 76,09%.

**Tabla 49** Análisis de Capacidad del proceso de cambio de molde para WT10 (Continuación)

<b>Análisis de Capacidad para WT09</b>		
<b>Capacidad real de largo plazo</b>		
<b>Índice</b>	<b>Valor</b>	<b>Análisis</b>
K	30,00%	De esta forma, la media del proceso está desviada 30,00% a la derecha del valor nominal, por lo que el centrado del proceso es inadecuado ya que se debe considerar menos del 20% en valor absoluto, y esto contribuye de manera significativa a la baja capacidad del proceso para cumplir con la especificación superior.
<b>Capacidad para corto plazo</b>		
Cpk	0,31	La capacidad potencial de corto plazo es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso incrementándose a 0,31 que es menor a 0,67 en índice de corto plazo por tanto el proceso no es adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.
Intervalo de confianza para Cpk	0,15-0,43	En cuanto al intervalo de Cpk el valor superior de 0,43 es el máximo que se puede llegar.
Nivel Z	0,93	El nivel de sigma de corto plazo se puede incrementar hasta 0,93
PPM (Corto plazo)	262320	Señala que el proceso puede llegar a tener 262320 partes por millón fuera de especificación a corto plazo, en el cual indica el número de cambios de molde con mayor tiempo a la especificación por cada millón cambios efectuados con un rendimiento del proceso de 73,77%.

### **Discusión de resultados de WT10**

En la máquina WT10, se obtuvo que el 23,91% de los datos de tiempos de cambios de molde no cumplen con la especificación, y además tiene un rendimiento del 73,77 %, por lo que el rendimiento menor al 95% se considera un problema, ya que el proceso no está centrado, sin embargo se ejecutan acciones de mejora analizando cada factor influyente en el cambio, ya que un proceso si es estable sin demasiada variabilidad se puede incrementar los valores de niveles de capacidad tanto para largo plazo y corto plazo, considerando acciones ejecutables sin intervenir en las condiciones de maquinaria que son excesivamente costosas, sin embargo existe técnicas y métodos de Lean Manufacturing que pueden mejorar significativamente el proceso sin tener grandes inversiones [12].

### 5.3.5 Nivel Sigma del proceso de cambio de molde

En base a la Tabla 47 y 49 se obtiene el valor de Z de largo plazo generado por el software Minitab y para determinar el valor de sigma de cada una de las máquinas con referentes al cambio de molde se adiciona 1,5 al nivel Z de largo plazo que se establece como medida de la capacidad real del proceso [56], los resultados de las métricas Six Sigma, y centrado del proceso índice K se lo obtiene en la Tabla 50.

**Tabla 50** Nivel sigma de cambios de molde por máquina y su rendimiento

Métricas Six Sigma del proceso de cambios de molde normal						
Máquina	Cpk	K	Rendimiento	Nivel Z largo plazo	Valor Sigma $\sigma$	# Cambios de molde fuera de especificación
WT09	0,31	29,43%	78,26 %	0,94	2,44	10
WT10	0,21	30,00%	80,42%	0,72	2,22	11

### Discusión

En la Tabla 50, se muestra el nivel de calidad de sigma, el valor del nivel z y su rendimiento para cada una de las máquinas WT09 Y WT10, se observa que el nivel sigma varia de 2,44 y 2,22 por lo que en ambas máquinas al ejecutar los cambios de molde no cumple con la especificación superior y en el global se tiene un rendimiento promedio de las dos máquinas de 79,34%, considerando que el cambio de molde se ejecuta de igual forma en las dos máquinas, y además que es bajo y por tanto requiere atención. En cuanto a la variabilidad del proceso me señala que esta descentrado en promedio del 29,71% referente al índice K, en cuanto a la capacidad del proceso indica que es incapaz de cumplir con las especificaciones al tener un promedio del índice Cpk de 0,26, e inclusive con los intervalos de confianza no llega a ser mayor que a 0,67 en índice de corto plazo por tanto el proceso no es adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias. Para corroborar dicha información se la compara con otras investigaciones sobre la aplicación del control estadístico de calidad de procesos. Al incidir valores críticos de calidad y ser analizados los posibles errores de variación obtenidos de las gráficas de control y de capacidad se ejecuta una simulación del proceso por medio del método de Montecarlo, en el cual se trata sobre la creación de números pseudoaleatorios que verifiquen las acciones propuestas de mejora [57].

Por lo tanto, mediante los resultados obtenidos significa que se necesita mejorar el proceso de cambios de molde a fin de lograr que éste fuera capaz, es decir, que cumpliera las especificaciones del cliente, en este caso que cumpla con los requerimientos de la empresa para reducir el tiempo muerto e incrementar el tiempo útil de producción de suelas inyectadas bicolor.

### 3.4 Etapa de análisis

En esta etapa se identifica las causas raíces del problema, y por consecuente entender cómo es que estas generan el problema y confirmar dichas procedencias mediante datos.

#### 5.4.1 Análisis 6M

Para comenzar con el análisis se utiliza la herramienta de diagrama Ishikawa de causa y efecto presentado en la Figura 38, en la cual se establecen las 6M asociadas a maquinaria, mano de obra, materiales, medición, método y medio ambiente, cabe recalcar que dichas causas se determinaron con el líder del área de inyección de suelas, para posteriormente ser agrupadas dependiendo la cantidad de causas por cada M, por tanto se identifica en que variable se encuentran la mayor cantidad de causas e identificar las más potenciales, y tomar las acciones respectivas.

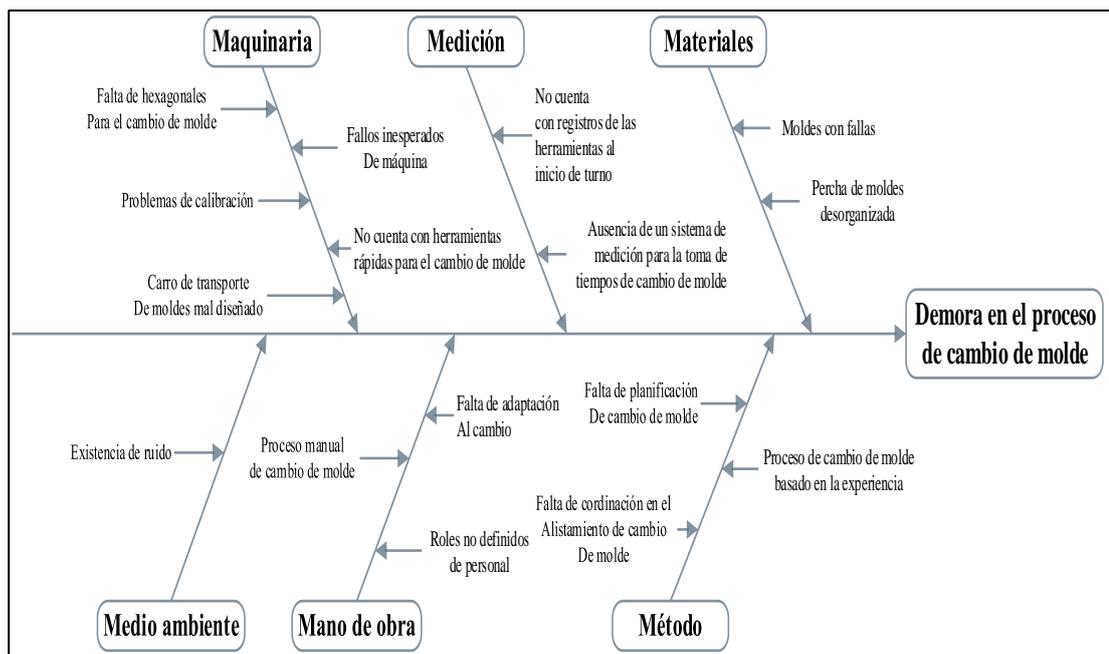


Fig. 38 Diagrama de Ishikawa de demoras en el cambio de molde

## **Análisis**

En la Figura 38, se observa el diagrama de Ishikawa [58], en la cual establece las siguientes causas para el tiempo alto en cuanto al cambio de molde según cada una de las M, que se analiza a continuación:

### ➤ **Maquinaria**

La máquina se detiene con la finalidad de hacer los cambios correspondientes del molde; sin embargo, en el instante de calibrar para determinar que funcione correctamente se genera demoras, siendo así como una de las causas de los tiempos altos en el cambio de molde y además estas calibraciones dependen del modelo de la suela a producir, ya que para cada una de ellas tiene su temperatura y la cantidad de material PVC a inyectar, además no cuenta con herramientas e instrumentos para ejecutar el ajuste de pernos en los moldes de manera rápida, adicionalmente en ocasiones no tienen un abastecimiento de hexagonales cada vez que se dañan o se pierden, también al considerar la infraestructura del proceso no cuentan con las mesas de transportación de moldes adecuadas que se ajusten a la altura necesaria del trabajador y de las perchas.

### ➤ **Medición**

Al desarrollar el cambio de molde no se tiene un correcto control, es decir no cuenta con un sistema de medición de tiempos por cada cambio de molde, por lo que los trabajadores, en el registro diario de producción colocan el tiempo estándar determinado por el jefe de sección de 10 minutos, además no se cuenta con un registro para identificar las herramientas que tienen por cada turno, debido a que en ocasiones se pierden las herramientas de trabajo como los hexagonales y hasta abastecerse nuevamente se genera una demora.

### ➤ **Materiales**

En el caso de los materiales usados en el proceso de cambio son los moldes que tienen fallas y por tanto se ejecuta el cambio de molde por un molde en óptimas condiciones, pero hasta que se constate que esta defectuoso se genera una demora, por otro lado, la percha de moldes se encuentra mal organizada, que es otro factor en cuanto al desperdicio de tiempo en buscar el molde, en el Anexo 11, se evidencia los materiales que se tiene actualmente para el cambio de molde.

➤ **Método**

Al analizar el método de trabajo se verifica que no existe una planificación del cambio de molde referente a los tiempos que se demora, además el proceso cuenta con los instructivos de cambios de molde, pero no se lo revisa por lo que se ejecuta las actividades basado en la experiencia, por otro lado, no existe una coordinación al momento de alistar el cambio del molde, es decir tener preparado el molde cerca de la inyectora y saber en qué tiempo se va a ejecutar el cambio, considerando a todo el personal del área con las actividades que deben desarrollar.

➤ **Mano de obra**

Los operarios cuentan con la experiencia de 3 meses de prueba y capacitación continua del puesto de trabajo y además cuentan con instructivos de trabajo ubicados cerca de la inyectora, en el Anexo 12, se evidencia los instructivos de trabajo. En cuestión de la operación de cambio de molde es una actividad manual haciéndolo así más lento, además otro factor influyente es la falta de adaptación al cambio de la forma de trabajo ya que labora personal joven de edad entre los 20-28 años, por otro lado se identifica que existen 3 operarios, de los cuales 2 son operadores de la inyectora y el tercero es encargado de abastecer de material PVC, sin embargo los mismos operarios de las máquinas se encargan de realizar el cambio de molde, haciendo que el tercer operario no aliste ni ayude a que se ejecute de una manera más rápida las actividades necesarias para reducir el tiempo muerto que tiene.

➤ **Medio ambiente**

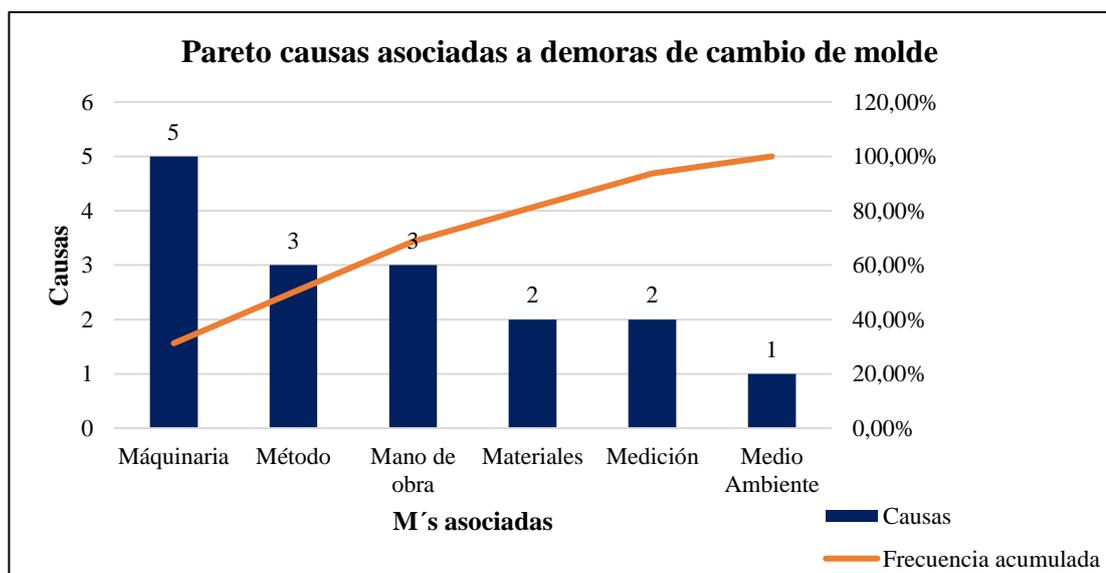
El área de inyección de suelas de calzado y las demás zonas de la empresa mantienen una cultura de limpieza, por lo que el lugar está siempre limpio, pero al considerar factores físicos como el ruido la empresa cuenta con una evaluación de riesgos donde el riesgo es tolerable, se lo observa en el Anexo 13, la matriz de evaluación de riesgos obtenida por el departamento de Sistemas de Gestión Integral de la empresa, y adicionalmente se observa que los empleados cuentan con equipo de protección personal para contrarrestar cualquier efecto ante el trabajador, se recalca que los factores físicos influyen en el rendimiento de los trabajadores. Adicionalmente en el área no se cuenta con un estudio de riesgos psicosociales ni riesgos ergonómicos, por lo que esto también afecta al

rendimiento de los operarios y generando problemas de retrasos al cambiar los moldes, por lo que el operario tiene que alzar y empujar antes de colocar a la inyectora, generalmente esto afecta a largo plazo a los trabajadores al no contar con las condiciones adecuadas, por otro lado, los riesgos psicosociales al no contar con dicho estudio, no se sabe cómo está la parte psicología del empleado y la forma de como convive con sus compañeros de trabajo en los turnos rotativos, ya que esto puede influir en problemas y teniendo desmotivación u estrés.

Al realizar el análisis de cada una de las M, se establece la tabla de causas agrupadas presentado en la Tabla 51, donde se obtiene el porcentaje de cada una de las M y la frecuencia acumulada para desarrollar el Diagrama de Pareto [59], e identificar las causas poco vitales referentes al tiempo de ciclo alto de cambio de molde normal.

**Tabla 51** Causas agrupadas de las 6M

Top	M asociada	Causas	Frecuencia	Frecuencia acumulada
1	Maquinaria	5	31,25%	31,25%
2	Método	3	18,75%	50,00%
3	Mano de obra	3	18,75%	68,75%
4	Materiales	2	12,50%	81,25%
6	Medición	2	12,50%	93,75%
5	Medio Ambiente	1	6,25%	100,00%
Total		16	100,00%	



**Fig. 39** Diagrama de Pareto de causas agrupadas

En la Figura 39, se observa las causas agrupadas de las 6M en la cual se denota que dentro del 80%, es decir las causas pocas vitales se dan en maquinaria, métodos de trabajo, mano de obra y materiales, sin embargo, este análisis sirve como parte inicial para tener indicios cercanos a la causa raíz del problema, por lo que se desarrolla el Análisis de Modo y Efecto de Falla AMEF, en el cual esta metodología proporciona identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan, para lo cual se establece prioridades y acciones que permitan eliminar o disminuir la posibilidad que ocurran dichas fallas que afectan la calidad del producto o proceso [60].

#### **5.4.2 Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)**

Para garantizar que las variables críticas están siendo bien identificadas se realiza la matriz AMEF del proceso de cambio de molde, se localiza las fallas potenciales del proceso a partir de frecuencias de ocurrencia, la forma de detección y el efecto que se genera y para las fallas que amenazan la confiabilidad del proceso, es necesario generar acciones para contrarrestarlas. Para el cálculo del valor NPR se lo realiza a partir de la metodología indicada, en la que indica los valores de cada uno de los factores basándose en la NTP 679 [61], y se ilustra en la Tabla 52.

Tabla 52 Matriz de análisis de modo y efecto de fallo (AMEF)

		ANÁLISIS DE MODO EFECTO DE FALLO-AMEF						
<b>Planta:</b>	Calzado cementado	<b>Fecha inicio</b>	16/09/2019	<b>AMEF N°</b>				
<b>Proceso</b>	Inyección suelas	<b>Fecha revisión</b>	19/09/2019					
<b>Elaborado por:</b>	Luis Byron Abril Flores	<b>Revisado Por:</b>	Ing. Luis Morales					
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Morales	<b>FALLOS POTENCIALES-ESTADO ACTUAL</b>						
Función o Sub-Proceso	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial
Cambio de molde	Tiempos altos de ajuste de molde	Demoras y retrabajo	Desgaste y desabastecimiento de hexagonales	Visual	6	5	4	120
			No cuenta con herramientas de ajuste rápido	Ninguna	9	8	7	504
	Tiempos altos de paro de inyectoras	Demora	Roles no definidos de personal	Ninguna	9	8	9	648
			Inadecuada coordinación de alistamiento de cambio de molde	Ninguna	9	8	7	504
			No cuenta con planificación de cambio de molde	Ninguna	7	5	4	140
	Tiempo alto de búsqueda y transporte de molde	Demora	Carro de transporte mal diseñado	Ninguna	8	7	7	392
			Percha de moldes desorganizada	Ninguna	7	8	5	280
	Incumplimiento del procedimiento de cambio de molde	Demora	Inexistencia de tabla de verificación de los pasos de cambio de molde	Ninguna	6	5	7	210
Problemas de calibración de máquina inyectora	Demora y retrabajo	Moldes con fallas	Visual	7	5	3	105	

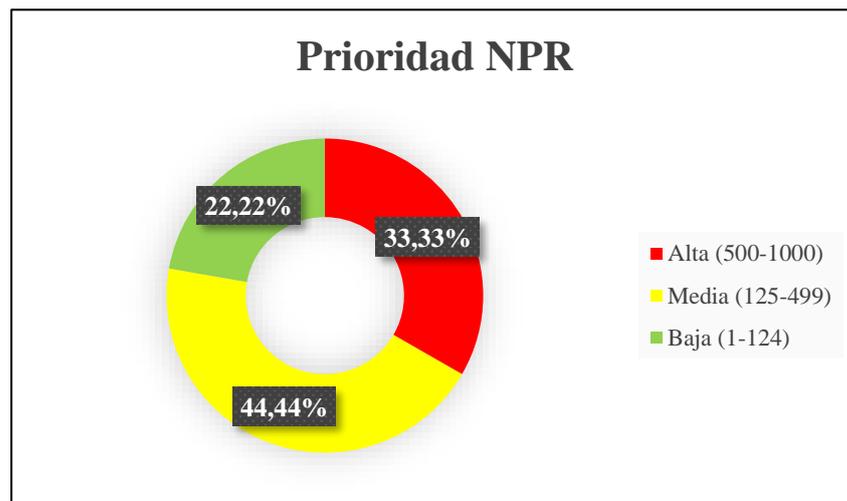
**Nota:** Valores de G entre 1 y 10; Valores de O entre 1 y 10; Valores de D entre 10 y 1

## Número de prioridad del riesgo NPR

Mediante la Tabla 52, se contabiliza en base a los rangos de prioridad alta, media y baja con la finalidad de tener una referencia global de las causas en cuanto a la demora generada por cambio de molde normal y al no cumplir con la especificación superior de 10 minutos, por lo que al analizar mediante la matriz AMEF se agrupan los datos teniendo los siguientes valores con su respectivo porcentaje relativo presentado en la Tabla 53.

**Tabla 53** Escala valorativa del NPR

Prioridad NPR	Frecuencia	% Relativo
Alta (500-1000)	3	33,33%
Media (125-499)	4	44,44%
Baja (1-124)	2	22,22%
Total	9	100%



**Fig. 40** Prioridad del NPR

## Análisis

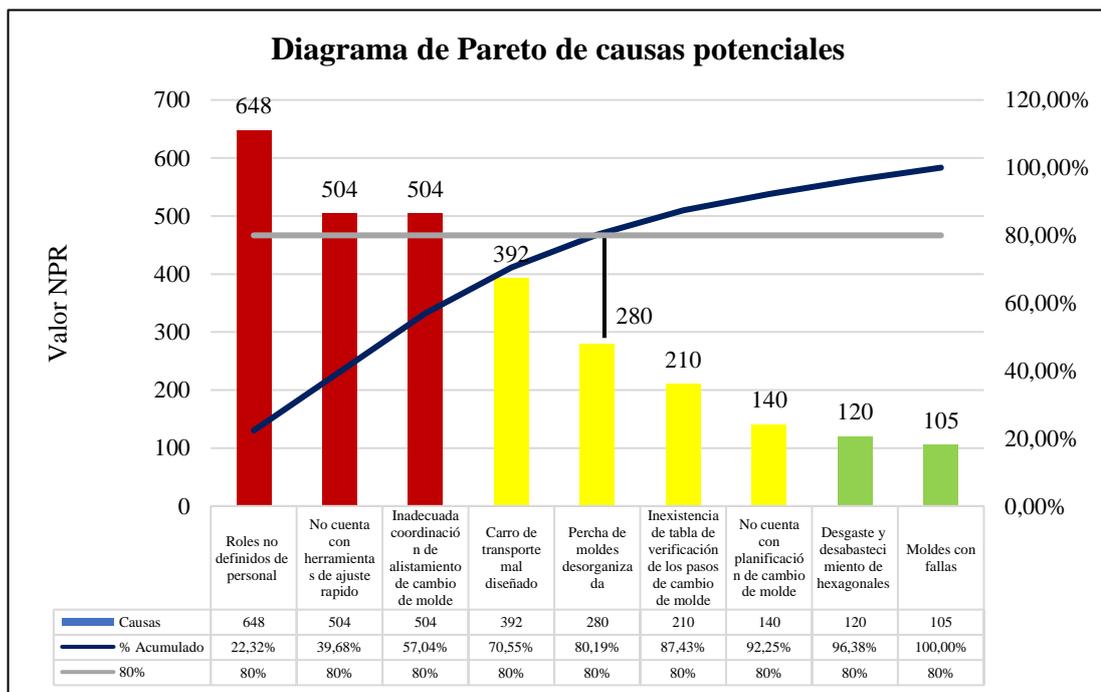
En la Figura 40, se obtiene que el 33,33% de las causas tiene una prioridad alta, a la que representan a 3 causas, adicionalmente con un 44,44% refleja a las causas de prioridad media con un total de 4 causas, y finalmente se tiene un 22,22% de prioridad baja con un valor de 2 causas, por lo que se debe realizar acciones en cuanto a las causas de prioridad alta, que son el definir el rol de cada trabajador y el uso de herramientas de ajuste rápido de cambio de molde, además de coordinar correctamente el alistamiento del molde a ser cambiado.

### 5.4.3 Identificación de causas potenciales

Para determinar las causas raíces del problema donde se verá las mejoras, se desarrolla el diagrama de Pareto en base los valores del número de prioridad del riesgo de cada una de las causas del AMEF, por lo que se establece el porcentaje relativo y el porcentaje acumulado para determinar las causas que están dentro de los pocos vitales, en la cual se lo observa en la Tabla 54 y en la Figura 41.

**Tabla 54** Causas con su NRP

Causas	Valor NPR	% Relativo	% Acumulado
Roles no definidos de personal	648	22,32%	22,32%
No cuenta con herramientas de ajuste rápido	504	17,36%	39,68%
Inadecuada coordinación de alistamiento de cambio de molde	504	17,36%	57,04%
Carro de transporte mal diseñado	392	13,50%	70,55%
Percha de moldes desorganizada	280	9,65%	80,19%
Inexistencia de tabla de verificación de los pasos de cambio de molde	210	7,23%	87,43%
No cuenta con planificación de cambio de molde	140	4,82%	92,25%
Desgaste y desabastecimiento de hexagonales	120	4,13%	96,38%
Moldes con fallas	105	3,62%	100,00%
<b>TOTAL</b>	2903	100%	



**Fig. 41** Diagrama de Pareto de las causas potenciales

## **Análisis**

En la Figura 41, se determina que las causas más potenciales que generan los tiempos altos en cuanto al cambio de molde son: los roles no definidos del personal con un 22,32% equivalente a un valor de 648 NRP, por consiguiente, no cuentan con herramientas de ajuste rápido para cambios de molde con un 17,36% que tiene un valor de 504 NRP, de igual manera la inadecuada coordinación de alistamiento para el cambio de molde con un 17,36% valorado a un 504 NRP, en cambio el carro de transportación mal diseñado con un 13,50% con un valor de NRP de 392 y finalmente la percha de moldes desorganizada con un 9,65% equivalente a un 280 NRP, por lo que estas causas se consideran las poco vitales, es decir que solucionando estas causas se resuelven el 80% de los problemas causados por las demoras suscitadas en el cambio de molde.

## **Discusión de resultados**

En consideración a las causas potenciales encontradas y mediante a estudios realizados en el cual uno de ellos señala la reducción del tiempo de entrega mejorando el tiempo de cambio de molde en una empresa de plásticos de Lima Perú, en donde se establece soluciones como la implementación de la metodología 5S mejora la cultura de los operarios generando un interés por el orden, la limpieza y por una mejora continua en su entorno de trabajo, evitando equivocaciones, y adicionalmente establece la utilización de herramientas de Lean Manufacturing como lo es el cambio rápido de herramienta conocido como SMED, donde ayudo a que se coordine con el jefe de planta los cambio para que se programen y se cuente con las herramientas necesarias para ejecutar el cambio de molde sin demoras [62].

Sin embargo, otros estudios realizados para reducir el tiempo de cambio de molde se centran la metodología SMED de preparaciones rápidas de máquina, por lo que asegura un mejor beneficio ya que se incrementa la capacidad de producción de cada inyectora, reduciendo las actividades que se pueden hacer externamente, por lo tanto en función a las causas potenciales obtenidas se establece como propuesta de mejora el desarrollo de la metodología con la finalidad de lograr la reducción del tiempo de ciclo de cambio de molde a lo establecido en la etapa de definición [36] [63].

### 3.5 Etapa de mejora

En esta etapa se establecen soluciones que se consideran de mayor relevancia, que se determinó en la etapa analizar y que contribuirán a la reducción de los tiempos de cambio de moldes. Así mismo, se simulan estas acciones para validar la propuesta de mejora en cuanto a disminuir el tiempo de cambio e incrementar la capacidad de las máquinas inyectoras.

#### 5.5.1 Generación de alternativas de mejora

Se establecen las alternativas de mejora en función a las causas potenciales y se las presenta en la Tabla 55.

**Tabla 55** Alternativas de mejoras

N°	Causas Potenciales	Alternativas de mejora	Responsable	Herramientas
1	Roles no definidos de personal	Elaboración de matriz de funciones para los cargos del área de inyección	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Investigador</li> <li>➤ Jefe de prefabricados e inyección suelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Matriz de descripción de funciones del cargo</li> </ul>
2	Inadecuada coordinación de alistamiento de cambio de molde	Desarrollo del sistema SMED.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Investigador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hoja de toma de tiempos</li> <li>➤ Cronómetro</li> <li>➤ Lista de chequeo</li> </ul>
3	No cuentan con herramientas de ajuste rápido	Implementación de taladro inalámbrico para ajuste de moldes con hexagonal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Jefe de prefabricados e inyección suelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Taladro atornillador inalámbrico</li> </ul>
4	Mesa elevadora de tijera mal diseñado	Implementación de coche con dimensiones adecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Jefe de prefabricados e inyección suelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesa elevadora de tijera con ruedas de transporte</li> </ul>
5	Percha de moldes desorganizada	Organizar y etiquetar los moldes mediante frecuencia de utilización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Investigador</li> <li>➤ Jefe de sección de prefabricados e inyección suelas</li> <li>➤ Líder de sección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagrama de orden de moldes en percha del área</li> </ul>

Varias de las propuestas de mejoras planteadas contribuyen a eliminar algunas causas raíz, por lo que a continuación se describe de manera general las más relevantes:

- **Matriz de funciones al cargo:** consiste en establecer en una matriz las funciones de cada uno de los trabajadores del área de inyección, con la finalidad de desarrollar tareas diferentes que contribuyan a la preparación rápida de cambios de molde, definiendo los roles de trabajo para el inyector y abastecedor, permitiendo así mejorar el desempeño tanto del proceso como del trabajador.
- **Organización y etiquetado de moldes en percha:** esta solución permite identificar fácilmente el molde a utilizar, reduciendo el tiempo de búsqueda y teniendo más cerca los moldes que más se utilizan, para ello se ejecuta una matriz con el orden específico y sobre todo verificando la frecuencia de cada molde por talla y por familia.
- **Implementación de taladro inalámbrico:** trata sobre incorporar un dispositivo inalámbrico que permita un ajuste rápido con el hexagonal referente al montaje y desmontaje de los moldes.
- **Mesa elevadora de tijera con ruedas:** esto se determina mediante la compra de un carro que permite movilizar los moldes desde los estantes hacia la inyectora, pero con la finalidad de que se desplace verticalmente hacia la altura superior indicada e inferior, y desarrollar fácilmente la movilización de los moldes.
- **Sistema SMED:** es una metodología que permite reducir el tiempo de cambio de molde con la finalidad de generar mayor variedad de productos en menos tiempo, por lo que se clasifica las actividades en internas y externas es decir cuando la máquina está en funcionamiento y cuanto se detiene, y conjuntamente con la definición de rutas incrementa la capacidad del proceso.

Todas las soluciones planteadas contribuirán significativamente en función a la necesidad de reducción del tiempo de ciclo de cambio de molde, mejorando significativamente la capacidad de producción por inyectora.

### 5.5.2 Análisis de factibilidad

Se desarrolla el análisis de factibilidad que tiene como función decidir de manera objetiva si debe procederse con las propuestas de mejora ante el proceso de cambio de molde inclusive el desarrollo e implementación. Para esto se analiza en función de tres aspectos; factibilidad operativa, técnica y económica. Plasticaucho Industrial S.A. está mejorando constantemente, por lo que cualquier cambio que contribuya a ahorros está dispuesto a invertir, y por lo tanto se establece el análisis de factibilidad de las mejoras establecidas y se lo ilustra en la Tabla 56.

**Tabla 56** Análisis de factibilidad

Análisis de factibilidad de soluciones propuestas	
Factibilidad	Desarrollo
Operativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El desarrollo de nuevas matrices de descripción de cargos en el área de inyección permite mejorar la eficiencia del proceso y definir los roles.</li> <li>➤ Desarrollo de mediciones de nivel de sigma del proceso de cambio de molde con los límites de especificación.</li> <li>➤ La ejecución de las soluciones planteadas de mejora tiene como responsable directo al jefe de sección y al jefe de planta.</li> </ul>
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se cuenta con la maquinaria y herramientas que son de fácil utilización, pero que deben ser mejoradas.</li> <li>➤ Cuenta con el número de personas adecuado para definir las funciones.</li> </ul>
Económica	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El desarrollo de las alternativas de mejora requiere una pequeña inversión, ya que se cuenta con el personal necesario y solo se requieren herramientas que se ajusten al trabajo.</li> <li>➤ La gerencia de operaciones escolar relax se compromete al financiamiento de los recursos para poder mejorar continuamente los procesos productivos de las dos plantas escolar relax.</li> </ul>
Beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los beneficios esta directamente encaminada a mejorar la capacidad del proceso de inyección de suelas de calzado, asi tambien beneficiado directamente a los trabajadores de la empresa, sus clientes internos y externos.</li> </ul>

### 5.5.3 Presupuesto de la propuesta de mejora

En la Tabla 57, se establece el presupuesto del área de inyección para el desarrollo del proyecto de mejora en cuanto a la reducción del tiempo de cambio de molde, además cada uno de los costos son determinados mediante la página web de mercado libre en Ecuador donde se tiene el costo del instrumento individual [64].

**Tabla 57** Presupuesto del proyecto

Presupuesto del proyecto					
<b>Proyecto:</b>	Lean Six Sigma en inyección de suelas de calzado-SMED				
<b>Jefe de sección:</b>	Ing. Kevin Álvarez	<b>Duración</b>		3 meses	
<b>Líder de sección:</b>	Sr. Carlos Valle	<b>Fecha de elaboración</b>		23/08/2019	
Elemento	Tipo de recurso	Tiempo	Unidad	Precio por unidad	Costo
Matriz de funciones al cargo	Capacitación	Interna Corto plazo	1	Sin costo	Sin costo
Organización y etiquetado de moldes en percha	Etiquetas	Interna Corto plazo	30	0,50	\$ 15,00
Taladro atornillador inalámbrico marca DeWalt	Instrumento de trabajo	Externo Corto plazo	2	\$ 110,00	\$ 220,00
Mesa elevadora de tijera con ruedas de	Instrumento de transportación de moldes	Externo Corto plazo	2	\$ 200,00	\$400,00
Sistema SMED	Capacitación	Interna Corto plazo	1	Sin costo	Sin costo
<b>Total</b>					<b>\$ 635,00</b>

En cada uno de los costos pertinentes presentados en la Tabla 57, son determinados por medio de cotizaciones evidenciadas en el Anexo 14, por lo tanto, se tiene un costo del proyecto de mejora de 635 dólares, que no es una cantidad representativa, por lo que no se invierte capacitaciones considerando que la empresa cuenta con todos los recursos analizados anteriormente.

#### 5.5.4 Matriz de funciones de cargo

En la Tabla 58, se emplea la descripción de las funciones para el puesto de inyector de suelas con la finalidad de definir los roles en cada puesto.

**Tabla 58** Matriz de funciones para inyector suelas

<b>DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES</b>	
<b>AREA/PLANTA:</b> CALZADO CEMENTADO	
<b>POSICION:</b> OBRERO PISA INYECTOR	
<b>PROCESO:</b> SUELAS ESCOLARES	<b>PERFIL TIPO:</b> 1
<b>OBJETIVO:</b>	
Cumplir con el proceso de inyección optimizando los recursos asignados, de acuerdo a la programación establecida.	
<b>1. PUESTO: INYECTOR SUELAS ESCOLARES</b>	
Recibir novedades y pendientes del turno anterior.	
Realizar el check list de inicio de turno.	
Revisar el avance de producción, verificar la programación y realizar el cambio de molde.	
Calibrar la máquina según los moldes cargados.	
Inyectar suelas escolares.	
Verificar que el producto esté en óptimas condiciones.	
Separar y registrar productos no conforme en el lugar asignado.	
Refilar y limpiar las suelas escolares cuando aplique.	
Colocar en el coche las suelas inyectadas que cumplen con las especificaciones.	
Notificar novedades encontradas en el proceso al líder de máquina.	
Entregar el turno.	
<b>DISPOSICIONES GENERALES</b>	
Responsable del buen uso de los recursos asignados (máquinas, herramientas, equipos, materiales, energía, agua).	
Comunicar oportunamente a su Inmediato Superior toda novedad que se presente.	
Hacer uso permanente y adecuado del equipo de protección individual y uniforme.	
Llenar correctamente los registros de producción y cambio de turno.	
Aplicar instructivos de trabajo y solicita su actualización.	
Participar activamente en la solución de problemas de su área (RTNC).	
Colaborar en trabajos de mantenimiento de su área.	
Participar activamente en programas de capacitación.	
Cumplir con las disposiciones y obligaciones del reglamento Interno de Trabajo y de Seguridad y Salud Ocupacional.	
Entregar y recibir el cambio de turno comunicando o informándose de las novedades.	

**Tabla 58** Matriz de funciones para inyector suelas (Continuación)

ESTRUCTURA	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">Jefe de Planta Calzado Relax</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">Jefe de sección de inyección</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">Obrero PISA líder AA de inyección</div>	
CLIENTES	PROVEEDORES
<b>Líder de máquina:</b> Entregan el producto	<b>Líder AA:</b> Recibe material. <b>Líder de máquina:</b> Recibe la programación.
<b>Verificador de calidad:</b> Entregan el producto	

INDICADORES	FACTOR DE CUMPLIMIENTO
Formas de medir el resultado (cuantitativa - cualitativamente)	
Cumplimiento de la programación por turno	100.00%
Índice de defectos	Según la meta definida para el producto

ELABORADO POR	FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN
Luis Byron Abril Flores	
_____	_____
NOMBRE DEL COLABORADOR	FIRMA DEL COLABORADOR

En la Tabla 59, se describe las funciones para el puesto del abastecedor, que en la cual se encargara de alistar el molde antes de parar la producción para el cambio de molde.

**Tabla 59** Matriz de funciones para abastecedor

DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES	
<b>AREA/PLANTA:</b> CALZADO CEMENTADO	
<b>POSICION:</b> OBRERO PISA ABASTECEDOR	
<b>PROCESO:</b> SUELAS ESCOLARES	<b>PERFIL TIPO:</b> 1
<b>OBJETIVO:</b>	
Cumplir con el proceso de inyección optimizando los recursos asignados, de acuerdo a la programación establecida.	
<b>1. PUESTO: INYECTOR SUELAS ESCOLARES</b>	
Recibir novedades y pendientes del turno anterior.	
Realizar el check list de inicio de turno.	
Realizar la búsqueda del molde a cambiar 5 minutos antes y tener listo cerca de la inyectora.	
Verificar que el producto esté en óptimas condiciones.	
Separar y registrar productos no conforme en el lugar asignado.	

**Tabla 59** Matriz de funciones para abastecedor (Continuación)

1. PUESTO: INYECTOR SUELAS ESCOLARES	
Refilar y limpiar las suelas escolares cuando aplique.	
Colocar en el coche las suelas inyectadas que cumplen con las especificaciones.	
Notificar novedades encontradas en el proceso al líder de máquina.	
Entregar el turno.	
Abastecer de material PVC a máquinas inyectoras.	
DISPOSICIONES GENERALES	
Responsable del buen uso de los recursos asignados (máquinas, herramientas, equipos, materiales, energía, agua).	
Comunicar oportunamente a su Inmediato Superior toda novedad que se presente.	
Hacer uso permanente y adecuado del equipo de protección individual y uniforme.	
Llenar correctamente los registros de producción y cambio de turno.	
Aplicar instructivos de trabajo y solicita su actualización.	
Participar activamente en la solución de problemas de su área (RTNC).	
Colaborar en trabajos de mantenimiento de su área.	
Participar activamente en programas de capacitación.	
Cumplir con las disposiciones y obligaciones del reglamento Interno de Trabajo y de Seguridad y Salud Ocupacional.	
Entregar y recibir el cambio de turno comunicando o informándose de las novedades.	
ESTRUCTURA	
<pre> graph TD     A[Jefe de Planta Calzado Relax] --&gt; B[Jefe de sección de inyección]     B --&gt; C[Obrero PISA líder AA de inyección]             </pre>	
CLIENTES	PROVEEDORES
<b>Líder de máquina:</b> Entregan el producto	<b>Líder AA:</b> Recibe material. <b>Líder de máquina:</b> Recibe la programación.
<b>Verificador de calidad:</b> Entregan el producto	
INDICADORES	FACTOR DE CUMPLIMIENTO
Formas de medir el resultado (cuantitativa - cualitativamente)	100.00%
Cumplimiento de la programación por turno	
Índice de defectos	Según la meta definida para el producto
ELABORADO POR	FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN
Luis Byron Abril Flores	
_____	_____
NOMBRE DEL COLABORADOR	FIRMA DEL COLABORADOR

### 5.5.5 Organización y etiquetado de moldes

Se establece un orden específico de los moldes en función de las tallas para ser ubicadas en las perchas considerando lo siguiente: tallas grandes en las perchas del final ya que tienen una altura mayor y porque son las que menos se utilizan, además se coloca las tallas medianas en la mitad de las perchas ya que tienen la mayor frecuencia de utilización, por otro lado, las tallas más pequeñas al extremo superior e inferior ya que son de mediana frecuencia en producción, esto se obtiene del análisis ABC de la Figura 14.

Las etiquetas se dimensionan en función del espacio de la percha, y los colores se los propone en base a un color representativo de cada suela, como se puede notar en la Tabla 18. Por tanto, se crea una ayuda visual y se fomenta disciplina de orden contribuyendo a tener un fácil acceso al encontrar el molde adecuado. En la Figura 42, se establece la propuesta del orden de los moldes en cada una de las perchas y adicionalmente se identifica el tamaño respectivo para cada etiqueta y el color para cada modelo de suela.

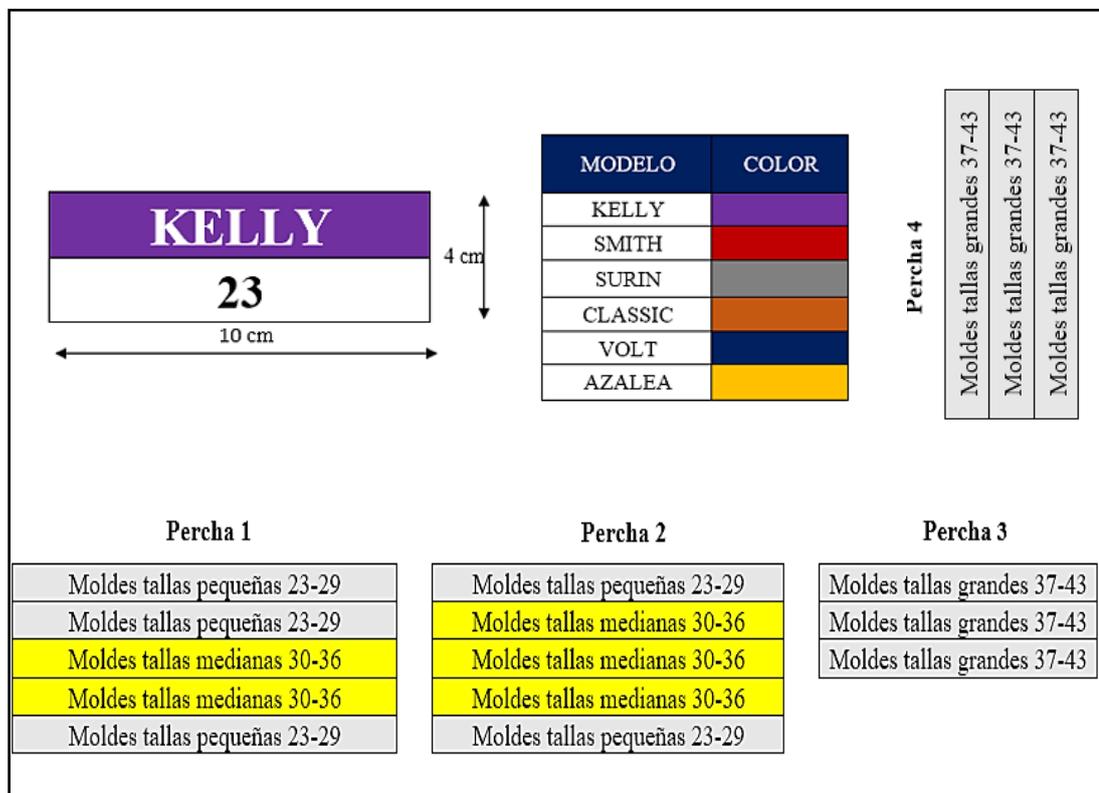


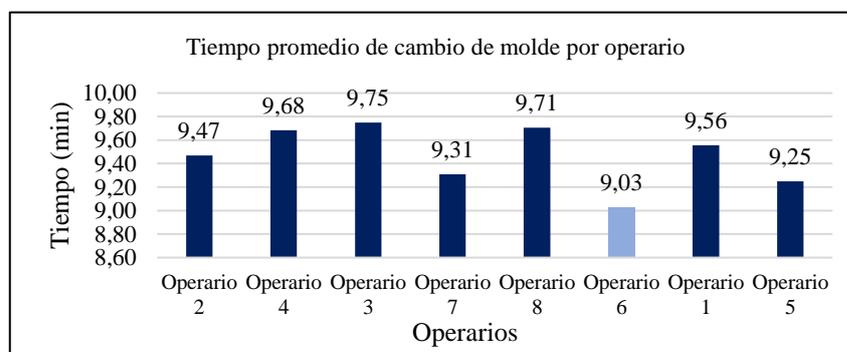
Fig. 42 Organización y etiquetado de perchas de moldes

### 5.5.6 Desarrollo del Sistema SMED

El desarrollo del sistema SMED, se realiza inicialmente un estudio de tiempos del proceso actual de cambio de molde, y para ello se selecciona al operario con más experiencia y agilidad, además se identificó al empleado por medio de la colaboración del jefe de sección y dicha información se validó mediante la recopilación de datos para el estudio de capacidad obtenida del Anexo 10, los mismos que se analizó por operario en la Tabla 60, referentes al tiempo promedio, mínimo y máximo registrado por cada trabajador y se ilustra en la Figura 43.

**Tabla 60** Tiempos de cambio promedio por operario

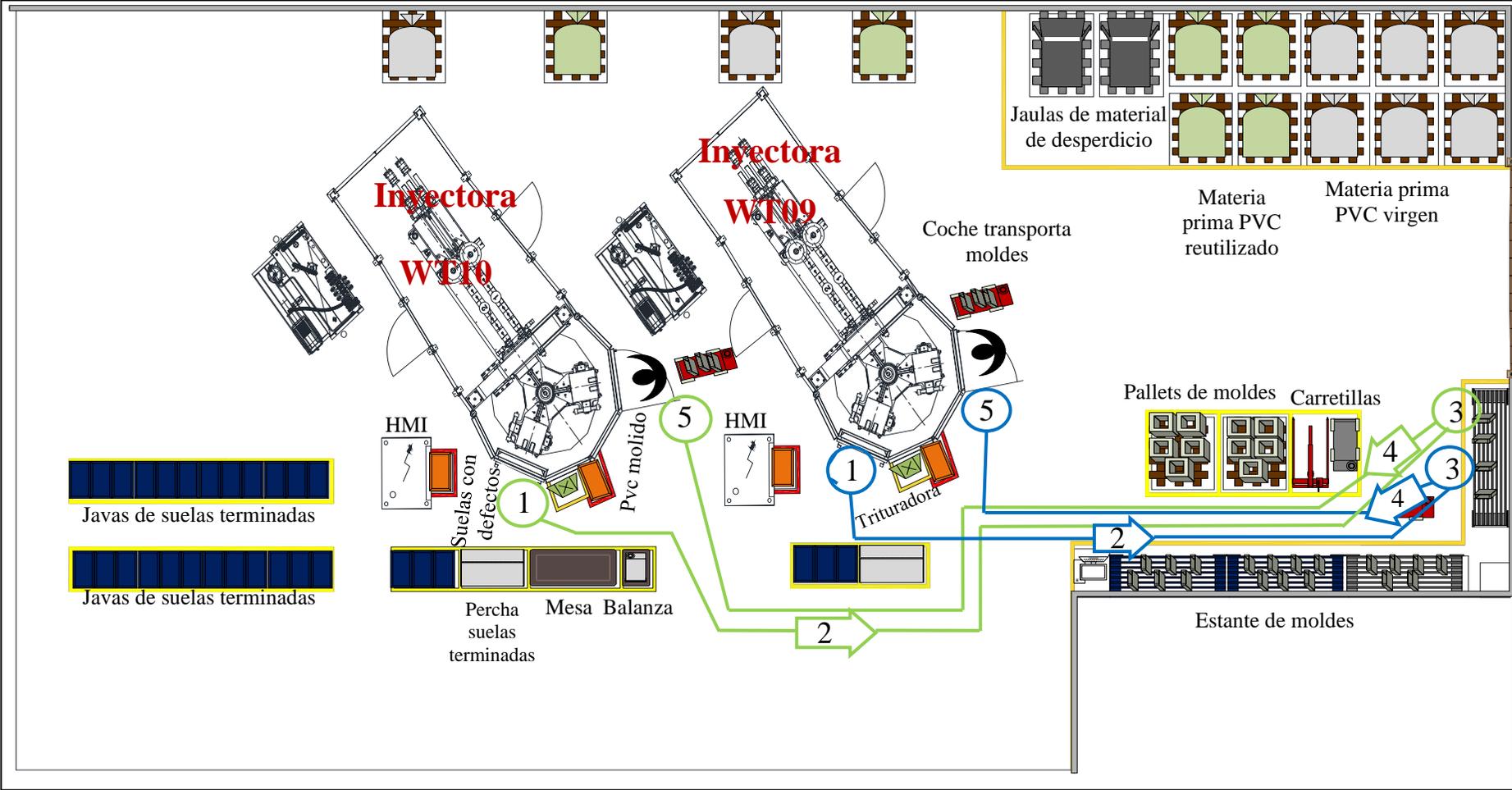
N°	Operario	T. prom (min)	Tiempo mínimo(min)	Tiempo máximo (min)	Desviación estándar
1	Operario 2	9,47	8,39	10,19	0,61
2	Operario 4	9,68	9,13	10,46	0,41
3	Operario 3	9,75	8,95	10,67	0,61
4	Operario 7	9,31	8,36	10,64	0,70
5	Operario 8	9,71	8,92	10,96	0,69
6	Operario 6	9,03	7,49	9,75	0,75
7	Operario 1	9,56	8,71	10,61	0,60
8	Operario 5	9,25	8,31	9,87	0,50



**Fig. 43** Tiempo promedio de cambio de molde por operario

En la Figura 43, se observa que el operario que menor tiempo obtuvo es el operario 6 con un tiempo promedio de 9,03 minutos, por lo que esto confirma que los tiempos recolectados de color amarillo en el Anexo 10, están correctos ya que se tomó 10 tiempos por cada actividad ejecutada en el cambio de molde del operario 6, que tiene el menor tiempo de cambio de molde, adicionalmente se realiza el diagrama de recorrido que se ejecuta para el cambio de molde por las dos inyectoras presentado en la Figura 44.

**Diagrama de recorrido de cambio de molde**



**Fig. 44** Diagrama de recorrido del proceso de cambio de molde

## **Desarrollo de las Fases del sistema SMED**

### **Fase 1.-** Identificación de actividades internas y externas

Al obtener al operador más calificado se realiza la toma de tiempos por cada una de las actividades, en función a la metodología establecida, por lo que se recopila los tiempos mediante cronometraje vuelta cero de los movimientos empleados en el cambio de molde, se realiza la toma de tiempos mediante la Tabla 17, que establece la General Electric para el tamaño de la muestra, obteniendo como resultado 10 tomas para un tiempo de ciclo de hasta 10 min, por consiguiente se mide el desempeño del trabajador mediante la Tabla 18, según la OIT(Organización Internacional del Trabajo), estableciendo al operador 6 por su agilidad, capacidad y su experiencia además que logra con tranquilidad el nivel de presión y calidad fijada se le da un valor del 100% de desempeño, así mismo se mide el suplemento del proceso de cambio de molde mediante la lista de chequeo presentado en el Anexo 16, para posteriormente determinar el tiempo estándar por actividad visualizado en el Anexo 15. Finalmente se desarrolla el cursograma analítico con cada una de las actividades donde se lo valoriza con los tiempos estándares y mediante una gráfica de barras verticales se obtiene una visualización de las actividades que tienen mayores demoras, además de la identificación de las actividades internas y externas como sugiere en el sistema SMED teniendo como resultado el cursograma analítico de la Tabla 57.

**Nota:** Los tiempos tomados del operario 6, debido a la rotación de trabajo en el área se toma 10 muestras entre las dos máquinas inyectoras WT09 y WT10, es así que contribuye a la estandarización del proceso en las dos inyectoras.

**Fase 2 y 3.-** Transformar actividades internas en externas y eliminación de desperdicio de actividades.

En base a la Tabla 61, se transforman las actividades internas en externas delegando las actividades de búsqueda y traslado del nuevo molde para el abastecedor, además se propone la reducción del tiempo de ajuste mediante la utilización del taladro inalámbrico y las herramientas de traslado. Se emplea una prueba con las herramientas obtenidas de la Planta de Plástico de la organización, se desarrolla el nuevo estudio de tiempos de las actividades mejoradas evidenciada en el Anexo 17. Los resultados propuestos se los visualiza en el cursograma analítico SMED en la Tabla 62.

**Tabla 61** Cursograma analítico del proceso de cambio de molde

		<b>Plasticaucho Industrial S.A.</b> <b>Cursograma Analítico del proceso de cambio de molde normal</b>				Revisión: 00		Línea de tiempo de cada actividad					
CURSOGRAMA ANÁLITICO						OPERARIO							
EMPRESA:	Plasticaucho Industrial S.A.		MÉTODO:	ACTUAL		HOJA #:	1 de 1						
PRODUCTO ANALIZADO:	Suela PVC		REALIZADO POR:	Abril Flores Luis Byron		DIAGRAMA #:	1						
DEPARTAMENTO:	Calzado Cementado		APROBADO POR:	Ing. Luis Morales		FECHA APROBACIÓN:	22/10/2019						
ÁREA:	Inyección de suelas de calzado		OPERARIO(S) A CARGO:	Operario 6		FECHA DE ELABORACIÓN:	10/10/2019						
Nº	Identificación de Actividades		Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (s)	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observaciones	
	Descripción					○	⇒	□	D	▽			
1	Dirigirse al tablero de control		1	3,00	8,48	○						●	
2	Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa		1		3,00	○						●	
3	Colocar el botón de cambio de moldes en On		1		2,57	○						●	
4	Colocar el botón de rotación en Off		1		1,60	○						●	
5	Pulsar el botón verde para abrir la puerta		1		1,50	○						●	
6	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5		1		55,01	○						●	
7	Retirar la base		1		17,68	○						●	
8	Desconectar manguera del molde		1		5,90	○						●	
9	Retirar la tapa		1		12,27	○						●	
10	Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente		1		5,56	○						●	
11	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5		1		52,98	○						●	
12	Retirar los sujetadores		1		16,70	○						●	
13	Retirar manguera		1		5,59	○						●	
14	Retirar la tapa 2		1		12,06	○						●	
15	Transportarse al estante de los moldes		1	15,00	19,48	○	⇒					●	
16	Demora en buscar el molde a ser cambiado		1		44,56							●	
17	Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante		1		32,58	○						●	
18	Colocar las dos tapas del molde en carro transportador		1		27,61	○						●	
19	Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora		1		9,32	○						●	
20	Transportar el molde hacia la inyectora		1	15,00	24,10	○	⇒					●	
21	Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados		1		18,13	○						●	
22	Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador		1		13,64	○						●	
23	Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1		1		48,56	○						●	
24	Conectar la manguera		1		5,34	○						●	
25	Poner la tercera parte del molde		1		14,94	○						●	
26	Conectar la manguera y ajustar el sujetador		1		44,95	○						●	
27	Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)		1		27,29	○						●	
28	Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual		1		31,88	○						●	
29	Verificar cuadro de molde		1		13,49	○						●	
30	Cerrar la puerta		1		3,89	○						●	
31	Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde		1		4,12	○						●	
32	Verificar inyección con molde cambiado		1		43,89	○						●	

RESUMEN					
ACTIVIDAD		CANTIDAD	SMED		SITUACIÓN ACTUAL
OPERACIÓN	●	25			628,69
TRANSPORTE	⇒	3			10,48
INSPECCIÓN	□	3			
DEMORA	■	1	●	INTERNA	32
ALMACENAJE	▽	0	●	EXTERNA	0
TOTAL		32			

TIEMPO (s)	
0,00	20,00 40,00 60,00

Gráfico de tiempos por actividad	
Nº	Tiempo (s)
1	8,48
2	3,00
3	2,57
4	1,60
5	1,50
6	55,01
7	17,68
8	5,90
9	12,27
10	5,56
11	52,98
12	16,70
13	5,59
14	12,06
15	19,48
16	44,56
17	32,58
18	27,61
19	9,32
20	24,10
21	18,13
22	13,64
23	48,56
24	5,34
25	14,94
26	44,95
27	27,29
28	31,88
29	13,49
30	3,89
31	4,12
32	43,89

**Tabla 62** Cursograma analítico propuesto SMED

		<b>Plasticaucho Industrial S.A.</b> Cursograma Analítico del proceso de cambio de molde normal				Revisión: 00		Línea de tiempo de cada actividad						
CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO						Gráfico de tiempos por actividad						
EMPRESA:	Plasticaucho Industrial S.A	MÉTODO:		PROPUESTO		HOJA #:	1 de 1	TIEMPO (S)						
PRODUCTO ANALIZADO:	Suela PVC	REALIZADO POR:	Abril Flores Luis Byron	DIAGRAMA #:	2	FECHA APROBACIÓN:	22/10/2019	0,00	20,00					
DEPARTAMENTO:	Calzado Cementado	APROBADO POR:	Ing. Luis Morales	FECHA DE ELABORACIÓN:	10/10/2019	40,00	60,00							
ÁREA:	Inyección de suelas de calzado	OPERARIO(S) A CARGO:	Operario 6											
Nº	Identificación de Actividades	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (s)	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observaciones			
				   										
1	Dirigirse al tablero de control	1	3,00	8,48									1	8,48
2	Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa	1		3,00									2	3,00
3	Colocar el botón de cambio de moldes en On	1		2,57									3	2,57
4	Colocar el botón de rotación en Off	1		1,60									4	1,60
5	Pulsar el botón verde para abrir la puerta	1		1,50									5	1,50
6	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5	1		23,15									6	23,15
7	Retirar la base	1		17,68									7	17,68
8	Desconectar manguera del molde	1		5,90									8	5,90
9	Retirar la tapa	1		12,27									9	12,27
10	Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente	1		5,56									10	5,56
11	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5	1		20,28									11	20,28
12	Retirar los sujetadores	1		16,70									12	16,70
13	Retirar manguera	1		5,59									13	5,59
14	Retirar la tapa 2	1		12,06									14	12,06
15	Transportarse al estante de los moldes	1	15,00	49,48									15	19,48
16	Demora en buscar el molde a ser cambiado	1		26,45									16	26,45
17	Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante	1		32,58									17	32,58
18	Colocar las dos tapas del molde en carro transportador	1		27,61									18	27,61
19	Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora	1		9,32									19	9,32
20	Transportar el molde hacia la inyectora	1	15,00	24,10									20	24,10
21	Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados	1		18,13									21	18,13
22	Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador	1		13,64									22	13,64
23	Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1	1		23,45									23	23,45
24	Conectar la manguera	1		5,34									24	5,34
25	Poner la tercera parte del molde	1		14,94									25	14,94
26	Conectar la manguera y ajustar el sujetador	1		24,50									26	24,50
27	Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)	1		27,29									27	27,29
28	Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual	1		31,88									28	31,88
29	Verificar cuadro de molde	1		13,49									29	13,49
30	Cerrar la puerta	1		3,89									30	3,89
31	Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde	1		4,12									31	4,12
32	Verificar Inyección con molde cambiado	1		43,89									32	43,89
RESUMEN														
ACTIVIDAD		CANTIDAD	SMED		SITUACIÓN PROPUESTA									
OPERACIÓN		22			TIEMPO (s):		360,91							
TRANSPORTE		1			TIEMPO (min):		6,02							
INSPECCIÓN		3	●	INTERNA	26	DISTANCIA (m):		3,00						
DEMORA		0		OBSERVACIONES GENERALES										
ALMACENAJE		0	●	EXTERNA	6									
TOTAL		26												

## **Discusión de resultados**

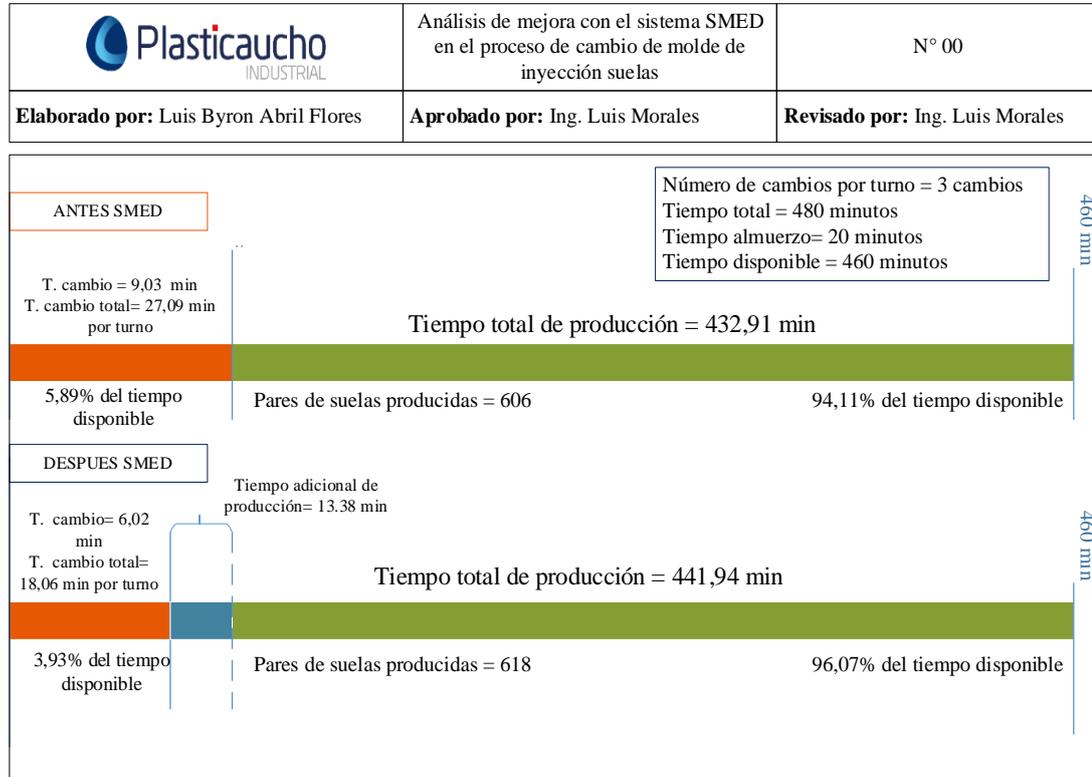
Al desarrollar las fases del SMED, en la Tabla 62, se observa que el tiempo de cambio de molde se reduce transformando las actividades internas a externas y al utilizar herramientas de ajuste rápido, por lo que el tiempo se reduce a 6,02 minutos que es menor inclusive a la especificación propuesta de 8 minutos, sin embargo, al comparar dicho valor con el tiempo real tomado del operario 6 que se lo denota como el más especializado con un tiempo promedio de 9,03 minutos, se tiene una reducción del 33,33% del tiempo de ciclo, cabe recalcar que se toma el tiempo promedio o real para la comparación, ya que el tiempo estándar sobrepasa el límite de control en el sistema actual debido a los suplementos que se agregan por diferentes factores, en cambio el tiempo propuesto del SMED se utiliza el tiempo estándar debido a que se establece como el tiempo suficiente para ejecutar el cambio de molde teniendo ya preparado cerca de la maquinaria de inyección.

En base a estudios desarrollados sobre la aplicación del sistema SMED con la unión de herramientas estadísticas permite ampliar la mirada hacia análisis de situaciones que a simple vista no son fáciles de identificar, situación que permite determinar variables que tienen mayor incidencia en las pérdidas de los procesos y tener una visión más amplia considerando las condiciones reales de un proceso variable y estandarizar las mejoras que se mantengan en el tiempo [36], y en consideración al Sistema SMED, se puede llegar a disminuir el 77% sobre el tiempo total de ciclo en operaciones donde se puedan cambiar y dotar de equipos para una mayor agilidad [55], en este caso se toma en cuenta la variabilidad que tiene el proceso y por ende se establece el uso de la metodología DMAIC SIM, que permite vincular con las mejoras verificando como variaría el proceso en función del tiempo y que los valores establecidos se mantuvieron dentro de los límites de control por medio de una simulación de eventos permite disminuir los tiempos de espera o demoras y verificar los cambios [65].

Por lo tanto, se desarrolla la validación del sistema SMED mediante la simulación en el software FlexSim 2019, pero para ello se realiza el cálculo teórico del incremento de producción como la reducción del tiempo de cambio de molde en base al nuevo estándar de cambio de 6,02 minutos, para lo cual se lleva a cabo el análisis de productividad de antes y después del SMED de forma teórica. Se desarrolla el estudio de tiempos y movimientos del proceso de inyección para determinar la capacidad de

producción del proceso, por lo que en base a la tabla de General Electric se toma 30 tiempos que sale cada suela del modelo más producido como es la suela Kelly bicolor y en las dos máquinas inyectoras WT09 Y WT10, considerando que ambas máquinas se las configura con los mismos parámetros como se observa en el Anexo 18 y se evidencia los modelos con el número de serie y también los parámetros de inyección que se introducen en el HMI de ambas máquinas en el Anexo 20, así mismo se mide el tiempo con respecto al operario 6 para dejar planteado los nuevos estándares y determinar la capacidad mejorada del sistema. El estudio de tiempos se los visualiza en el Anexo 20 así también los suplementos encontrados en el Anexo 21, para consiguiente desglosar las 8 horas de trabajo en el tiempo de utilización de producción y tiempo de cambios de molde antes y después del SMED presentado en la Tabla 63, cabe recalcar que los tiempos de producción se utiliza el tiempo real para el proceso de inyección y para el cambio de molde, es decir sin tomar en cuenta los suplementos y el factor de desempeño, sin embargo para la propuesta de mejora se utiliza el tiempo estándar del SMED propuesto.

**Tabla 63** Análisis de mejora mediante la propuesta del sistema SMED teórico



Por tanto, de manera teórica se determina un incremento de 13,38 minutos adicionales al tiempo disponible de producción en las líneas de tiempo de la Tabla 63, por lo que

a su vez incrementa 12 pares de suelas por turno, teniendo un incremento del 1,94% de producción, además al considerar 3 cambios de molde por turno, señala que al incrementar los cambios ahorra más tiempo y obtiene mayor variabilidad de productos, pero al ser un dato teórico se lo valida mediante la simulación en condiciones similares a las reales del proceso, teniendo en cuenta la variabilidad.

### 5.5.7 Validación de mejora mediante FlexSim 2019

Para comprobar la efectividad del modelo, se realiza una simulación en el software FlexSim 2019 versión académica, y se emplea una comparación entre dos escenarios, uno definido para la situación actual y otro para la situación propuesta del sistema SMED de cambio de molde, cabe mencionar que el proceso siempre es variable y los datos fijos en ocasiones no son los adecuados, por tanto, la metodología de Six Sigma al incorporarse con Lean Manufacturing visualiza la variabilidad de los datos o el comportamiento que tendría en condiciones reales y adicionalmente se lo incluye en la simulación del proceso donde permite tomar en cuenta la variabilidad y las interdependencias, de probar varias alternativas de forma rápida y fácil, así como de realizar pruebas sin interrumpir procesos existentes [65] [66].

Para el desarrollo de la simulación del proceso de inyección de suelas y los cambios de molde que se ejecutan, se ingresan los datos reales recopilados del tiempo de producción obtenidas del operario 6 en ambas máquinas, esta información se la identifica en la Tabla 64.

**Tabla 64** Datos estadísticos para simulación en FlexSim 2019

Actividad	Estadístico	WT09 y WT10	Observación
Cambio de molde actual (Real)	Media(s)	541,97	Se emplea el tiempo promedio para la comparación con el estudio de desempeño del proceso real
	Desviación(s)	44,72	
	Media(min)	9,03	
	Desviación(min)	0,75	
Cambio de molde con SMED (Propuesto)	Media(s)	361,2	Se utiliza el tiempo estándar después del SMED, para definir en la mejora como el tiempo que debe tener en promedio
	Desviación(s)	38,78	
	Media(min)	6,02	
	Desviación(min)	0,65	
Proceso de Inyección	Media(s)	42,78	Se utiliza el tiempo promedio estudiado que asemeje las condiciones reales
	Desviación(s)	6,52	
	Media(min)	0,71	
	Desviación(min)	0,11	

En la Tabla 64, se tomó los tiempos promedios del proceso de inyección y de cambio de molde actual, para tener una simulación que asemeje a las condiciones reales, y además el tiempo propuesto de la mejora con SMED, donde tiene inmerso los factores del medio ambiente de trabajo, situaciones ergonómicas y demás factores naturales de la persona para que ejecute su trabajo y se establezca como el tiempo real, por otro lado se propone una reducción de la desviación de un 13,28% de la desviación estándar en base a los criterios del jefe de sección y la estimación por estudios previos de la organización en cuanto a mejoras de reducción de tiempos con SMED en máquinas de inyección de la Planta de Plástico en donde se inyecta directo al corte en calzado de lona.

Al obtener los datos de la media y la desviación se generan números pseudoaleatorios en Excel mediante una distribución normal de 1000 datos para el cambio de molde actual, propuesto y el proceso en sí de inyección de suelas. Posteriormente se exporta los datos a Experfit para obtener a que modelo de distribución se asemejan los datos y de esta manera subir los datos a la simulación en FlexSim 2019. Los resultados obtenidos de las distribuciones se los observa en la Tabla 65, y en el Anexo 22 se evidencia la creación de los modelos que más se acoplen a los datos generados.

**Tabla 65** Distribuciones para simulación en FlexSim 2019

Actividad	Distribución de Experfit para FlexSim 2019-WT09 Y WT10
Cambio de molde actual (Real)	gamma(0.000000, 4.133215, 133.369459, <stream>)
Cambio de molde con SMED (Propuesto)	beta(36.600290, 681.283596, 26.818342, 25.922289, <stream>)
Proceso de inyección	loglogistic(0.000000, 42.848324, 11.348560, <stream>)

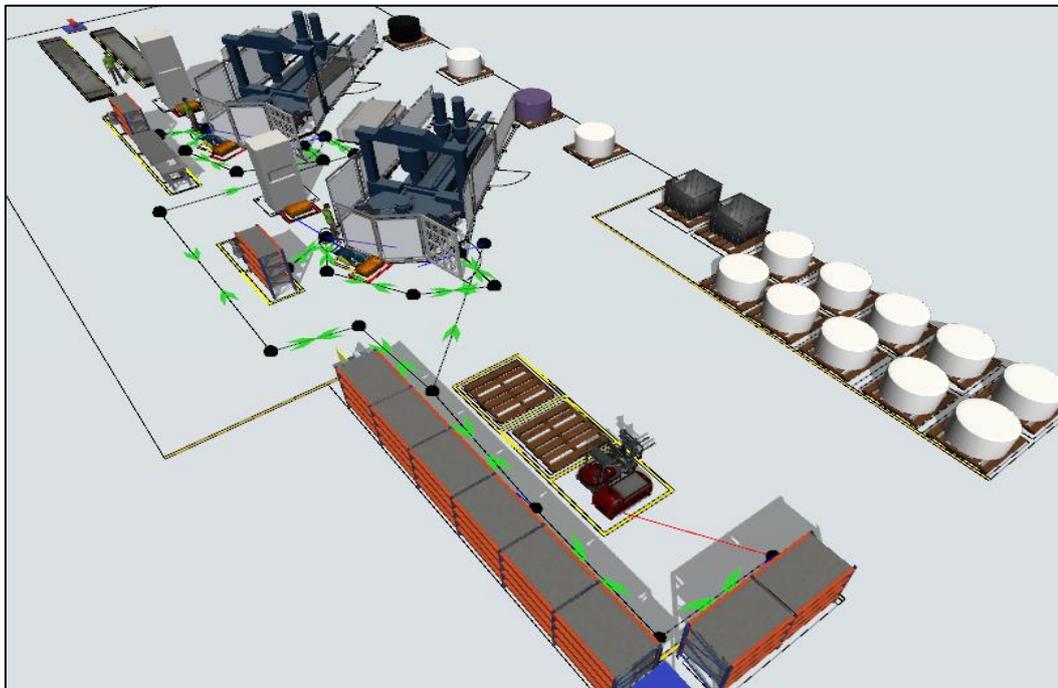
### Consideraciones de la simulación

- Al establecer una misma distribución para las dos máquinas no implica que se producirá al mismo tiempo las suelas en el proceso de inyección o que ambas máquinas se comportaran igual, ya que cada proceso seguirá un patrón aleatorio de tiempo dentro del rango de la distribución encontrada pero no van a coincidir las dos máquinas.
- Cabe recalcar que las distribuciones del proceso de cambio de molde se la emplean para el mismo trabajador el operador 6 en las dos inyectoras, por lo cual va a seguir

la misma distribución, pero no tendrán los mismos tiempos de cambio creando así la variabilidad que asimile las condiciones reales del proceso.

### Desarrollo de la simulación en FlexSim 2019

- Al obtener los modelos de distribución para el cambio de molde y el proceso de inyección, se configura los processors en FlexSim 2019 con dichas distribuciones encontradas, que simularan las actividades productivas por máquina, por lo cual se presenta las configuraciones planteadas en el Anexo 23.
- Se realiza el entorno 3D del área de inyección con cada uno de los detalles del proceso asimilando las condiciones reales de la planta; en la cual se modela en 3D las inyectoras mediante el software AutoCAD para después exportar en formato. stl al software FlexSim, así también como el layout del área, por otro lado, cada uno de los elementos 3D se los extrae de la página web Sketchup [67],
- Se introduce en la simulación 3 operarios, dos de ellos son los inyectores y el ultimo el abastecedor, además se introduce el carro transportador de los moldes, obteniendo como resultado la interfaz gráfica ilustrada en la Figura 45.



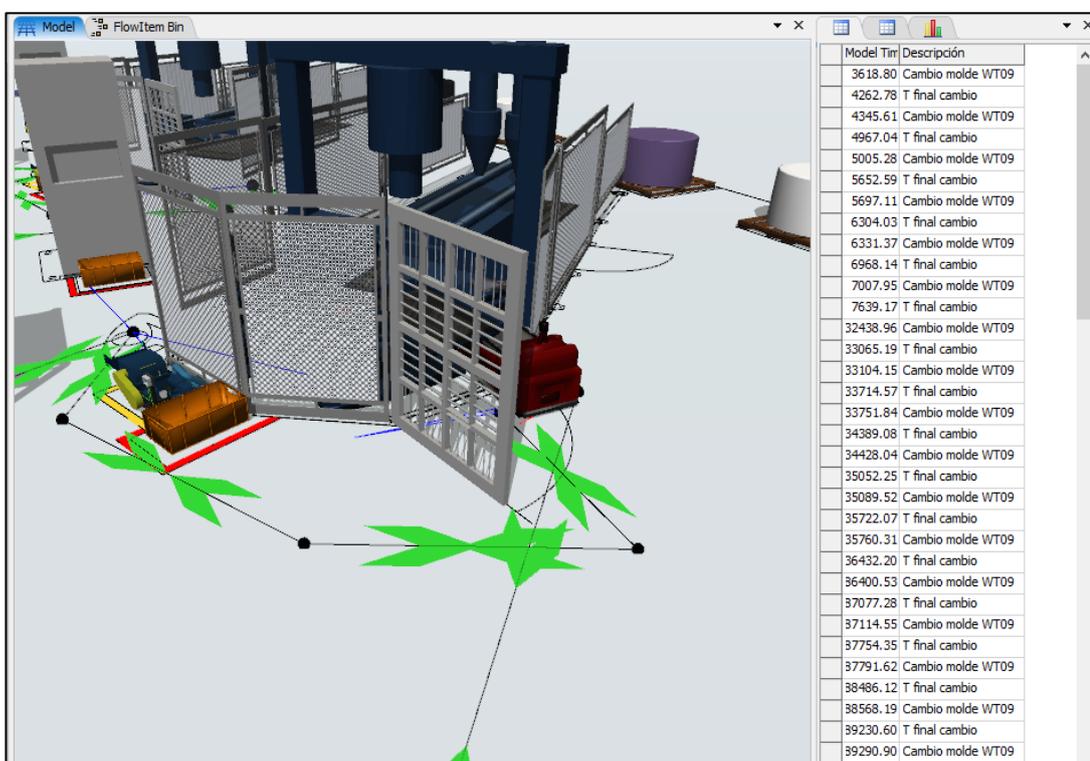
**Fig. 45** Interfaz Gráfica de las instalaciones del área de inyección suelas (FlexSim 2019)

Para el desarrollo de la simulación del proceso de inyección se lo hace con los parámetros mostrados en la Tabla 66.

**Tabla 66** Parámetros de simulación del proceso de inyección y cambio de molde

Parámetros de simulación	
Turnos al día	2
Tiempo de almuerzo y merienda	20 minutos
Producción planificada por máquina	5700 pares de suelas
Días de simulación	5
Total, de cambios semanal por máquina	30

Los parámetros de corrida en FlexSim 2019 está en segundos y en metros, adicionalmente en la Tabla 66 se planifica una producción de 5700 pares a la semana por máquina, este dato se lo establece como prueba y otorgado por el área de planificación en cuanto a producción promedio por semana, además se tiene una estimación de 30 cambios de molde que se ejecuta a la semana en cada máquina, los datos de la simulación en cuanto al tiempo de cambio de molde se establece una tabla global cada vez que se genera un cambio en donde aparece el tiempo de inicio de la simulación en segundos y de finalización, como se observa en la Figura 46, estos datos se los procesan y se transforman a minutos mediante el software Excel.



**Fig. 46** Ejemplo de registro del tiempo de cambio de molde (FlexSim 2019)

## Situación actual

Al correr la simulación se obtiene los valores de producción y el número de cambios de molde por máquina; se observa en la Figura 47.

<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planificación WT09</td> <td>0.00</td> <td>5700.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Planificación WT09	0.00	5700.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WT09</td> <td>5441.00</td> <td>5440.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	WT09	5441.00	5440.00
Object	Input	Output											
Planificación WT09	0.00	5700.00											
Object	Input	Output											
WT09	5441.00	5440.00											
<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planificación WT10</td> <td>0.00</td> <td>5700.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Planificación WT10	0.00	5700.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WT10</td> <td>5510.00</td> <td>5509.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	WT10	5510.00	5509.00
Object	Input	Output											
Planificación WT10	0.00	5700.00											
Object	Input	Output											
WT10	5510.00	5509.00											
<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cambio molde WT09</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Cambio molde WT09	30.00	30.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cambio molde WT10</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Cambio molde WT10	30.00	30.00
Object	Input	Output											
Cambio molde WT09	30.00	30.00											
Object	Input	Output											
Cambio molde WT10	30.00	30.00											

Fig. 47 Resultados de la simulación en cuanto a producción situación actual (FlexSim 2019)

## Análisis

En la Figura 47, se tiene los valores de planificación de cada máquina y la cantidad producida, en la máquina WT09 se obtuvo un 95,43% de cumplimiento y un 96,64% en la máquina WT10 referentes a los pares producidos con respecto a lo planificado.

En cuanto a los tiempos de cambios de molde obtenidos de la simulación del proceso actual se consiguen los siguientes resultados del desempeño por cada una de las máquinas evidenciada en el Anexo 24 y procesadas mediante el software Minitab, y se obtiene el siguiente resultado en las Figuras 48 y 49.

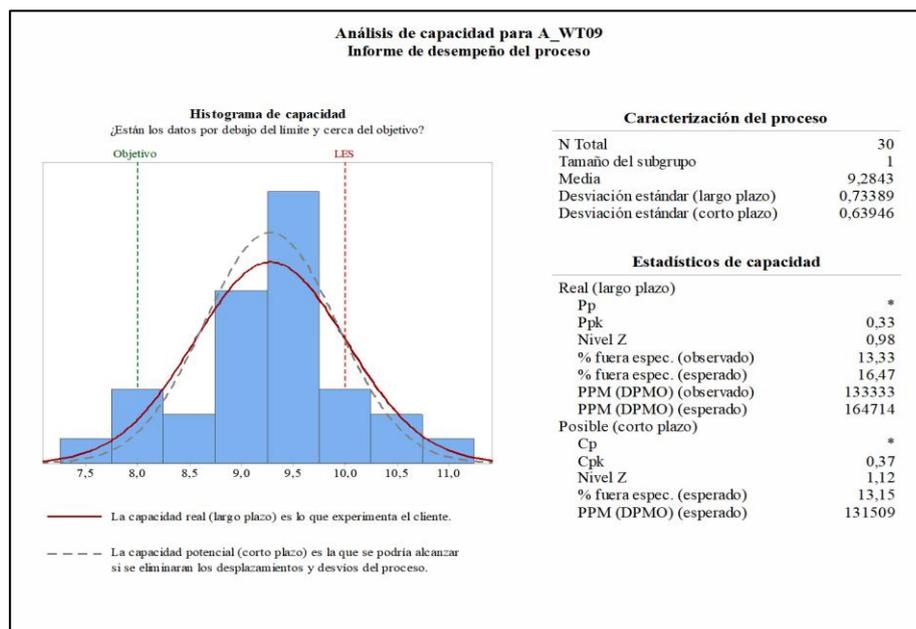
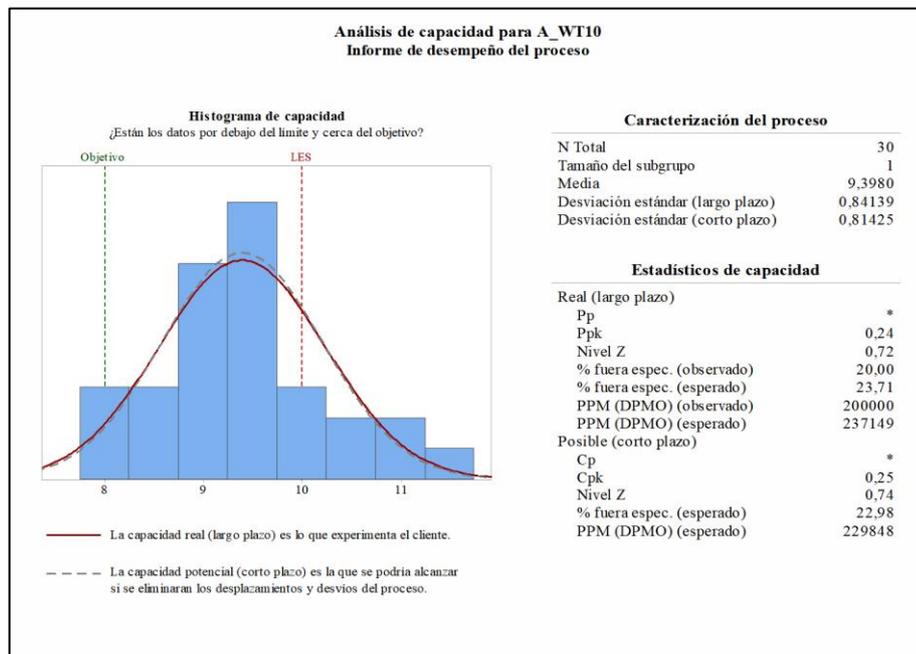


Fig. 48 Análisis de capacidad cambio de molde actual WT09 (Minitab)

## Análisis

En la Figura 48, se observa el análisis de capacidad de la situación actual con respecto al tiempo de cambio de molde en la máquina WT09, donde los datos señalan que tiene un tiempo promedio de 9,28 minutos con una desviación estándar de 0,73, así mismo un nivel de Z de 0,98 equivalente a un 2,48 nivel sigma, y además un 13,33 % de datos fuera de especificación con un 133333 defectos por millón de oportunidades que se asemejan a los datos del proceso real, por tanto se valida la simulación de la situación actual en la máquina WT09. En cuanto a los índices de capacidad señalan que el índice Cpk tiene un valor de 0,37 que es menor a 1, por lo que señala que el proceso es incapaz de cumplir con la especificación establecida y requiere de acciones de control.



**Fig. 49** Análisis de capacidad cambio de molde actual WT10 (Minitab)

## Análisis

En la Figura 49, se establece el análisis de capacidad de la situación actual con respecto al tiempo de cambio de molde en la máquina WT10, donde los datos señalan que tiene un tiempo promedio de 9,39 minutos con una desviación estándar de 0,84, así mismo un nivel de Z de 0,72 equivalente a un 2,22 nivel sigma, además un 20 % de datos fuera de especificación y un 200000 defectos por millón de oportunidades que se asemejan a los datos del proceso real, por tanto se valida la simulación de la situación actual en la máquina WT10.

## Situación propuesta

Se corre la simulación cambiando los datos de la distribución generada por Experfit en los processors de cambio de molde y se obtiene los siguientes resultados en cuanto a planificación y producción de cada una de las máquinas en la Figura 50.

<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planificación WT09</td> <td>0.00</td> <td>5700.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Planificación WT09	0.00	5700.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WT09</td> <td>5577.00</td> <td>5676.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	WT09	5577.00	5676.00
Object	Input	Output											
Planificación WT09	0.00	5700.00											
Object	Input	Output											
WT09	5577.00	5676.00											
<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planificación WT10</td> <td>0.00</td> <td>5700.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Planificación WT10	0.00	5700.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WT10</td> <td>5624.00</td> <td>5623.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	WT10	5624.00	5623.00
Object	Input	Output											
Planificación WT10	0.00	5700.00											
Object	Input	Output											
WT10	5624.00	5623.00											
<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cambio molde WT09</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Cambio molde WT09	30.00	30.00	<p style="text-align: center;"><b>Throughput</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Object</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cambio molde WT10</td> <td>30.00</td> <td>30.00</td> </tr> </tbody> </table>	Object	Input	Output	Cambio molde WT10	30.00	30.00
Object	Input	Output											
Cambio molde WT09	30.00	30.00											
Object	Input	Output											
Cambio molde WT10	30.00	30.00											

Fig. 50 Resultados de la simulación en cuanto a producción situación propuesta (FlexSim 2019)

## Análisis

En la Figura 50, se observa los valores de planificación de cada máquina y la cantidad producida en los Throughput, en la máquina WT09 se obtuvo un 97,82% de cumplimiento y un 98,66% en la máquina WT10 referentes a lo producido con respecto a lo planificado, por lo que señala que se incrementó. En cuanto a los tiempos de cambios de molde obtenidos de la simulación con las acciones de mejora se evidenciada en el Anexo 25, en cuanto al análisis de capacidad procesadas mediante el software Minitab, se obtiene el resultado presentado en las Figuras 51 y 52.

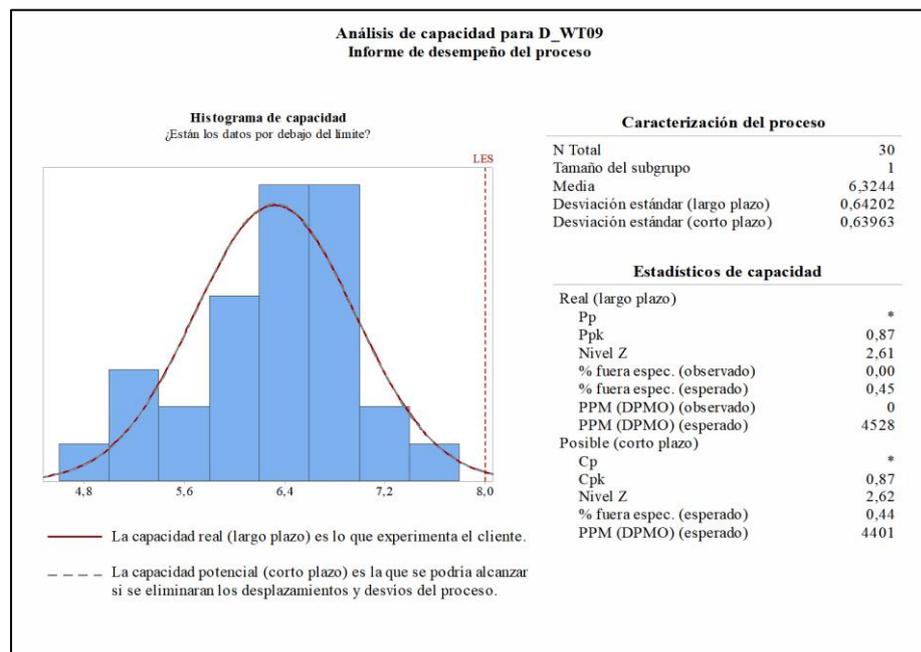
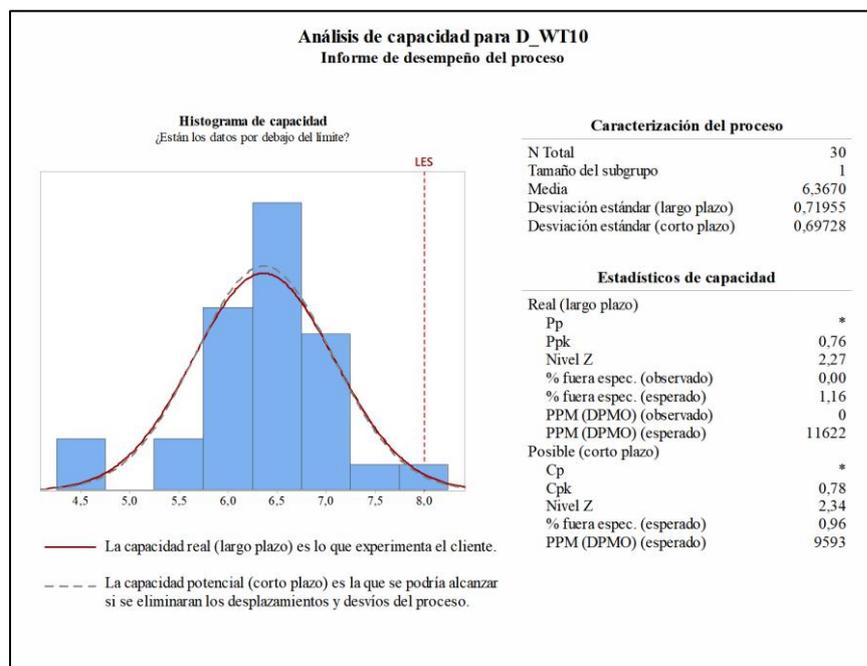


Fig. 51 Análisis de capacidad cambio de molde propuesta WT09 (Minitab)

## Análisis

En la Figura 51, se obtiene el análisis de capacidad de la propuesta de mejora con respecto al tiempo de cambio de molde en la máquina WT09 con la nueva especificación superior de 8 minutos establecida en la etapa de definición, donde los resultados señalan que tiene un tiempo promedio de 6,32 minutos con una desviación estándar de 0,64, así mismo un nivel de Z de 2,61 equivalente a un 4,11 nivel sigma, además un 0% de datos fuera de especificación y 0 partes por millón, y adicionalmente se tiene un valor de Cpk de 0,87 que es más cercano a uno, pero de igual manera requiere de acciones de control para reducir parámetros de variabilidad y mejorar continuamente en cuanto a la nueva especificación superior.



**Fig. 52** Análisis de capacidad cambio de molde propuesta WT10 (Minitab)

## Análisis

En la Figura 52, se obtiene el análisis de capacidad de la propuesta de mejora con respecto al tiempo de cambio de molde en la máquina WT10 con la nueva especificación superior de 8 minutos establecida en la etapa de definición, donde los resultados señalan que tiene un tiempo promedio de 6,36 minutos con una desviación estándar de 0,71, así mismo un nivel de Z de 2,27 equivalente a un 3,77 nivel sigma, además un 0% de datos fuera de especificación y un 0 defectos por millón de oportunidades, y un nivel de Cpk de 0,78 que señala que la capacidad es baja por la

variabilidad que tiene, por lo cual requiere acciones de control para mantener en el tiempo en cuanto a la nueva especificación superior de 8 minutos.

### Comparativo de la situación actual y mejora

Se analiza el comparativo en relación a las gráficas de individuales de antes y después de la mejora con la metodología SMED por cada una de las máquinas teniendo el siguiente resultado en la máquina WT09 representado en la Figura 53.

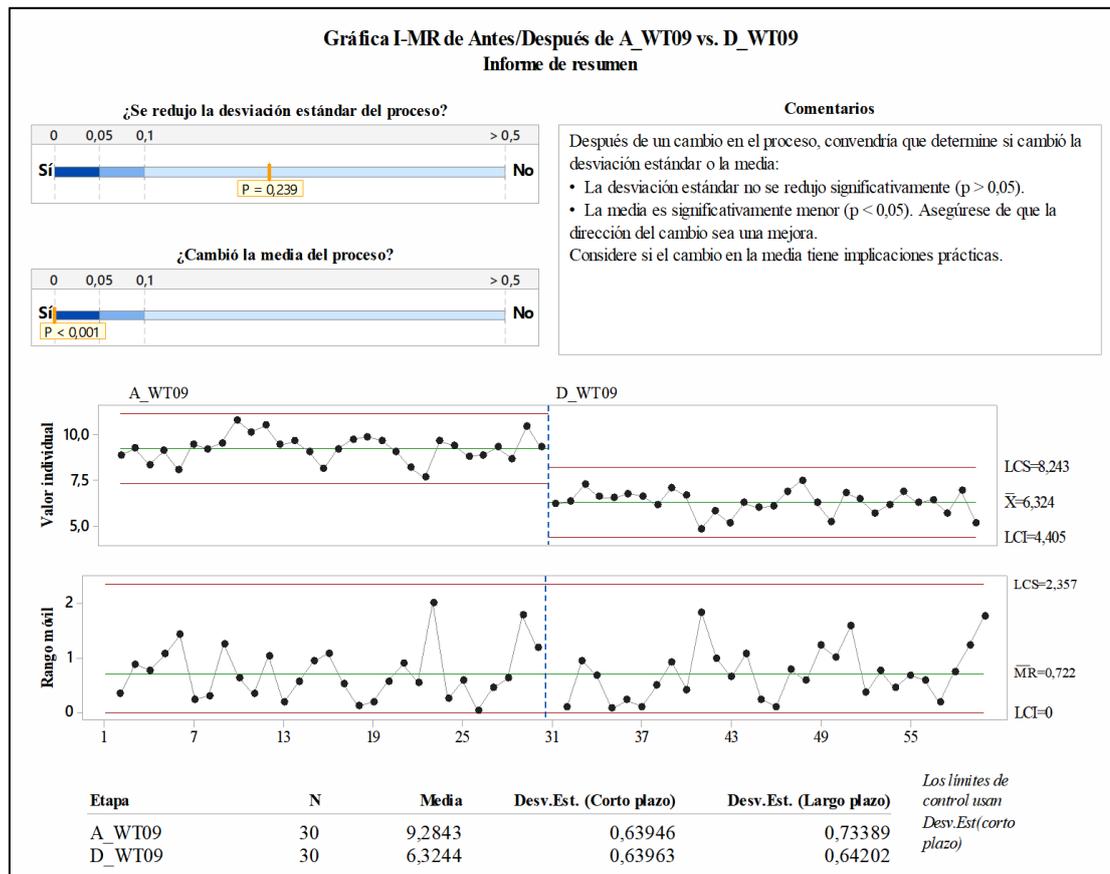
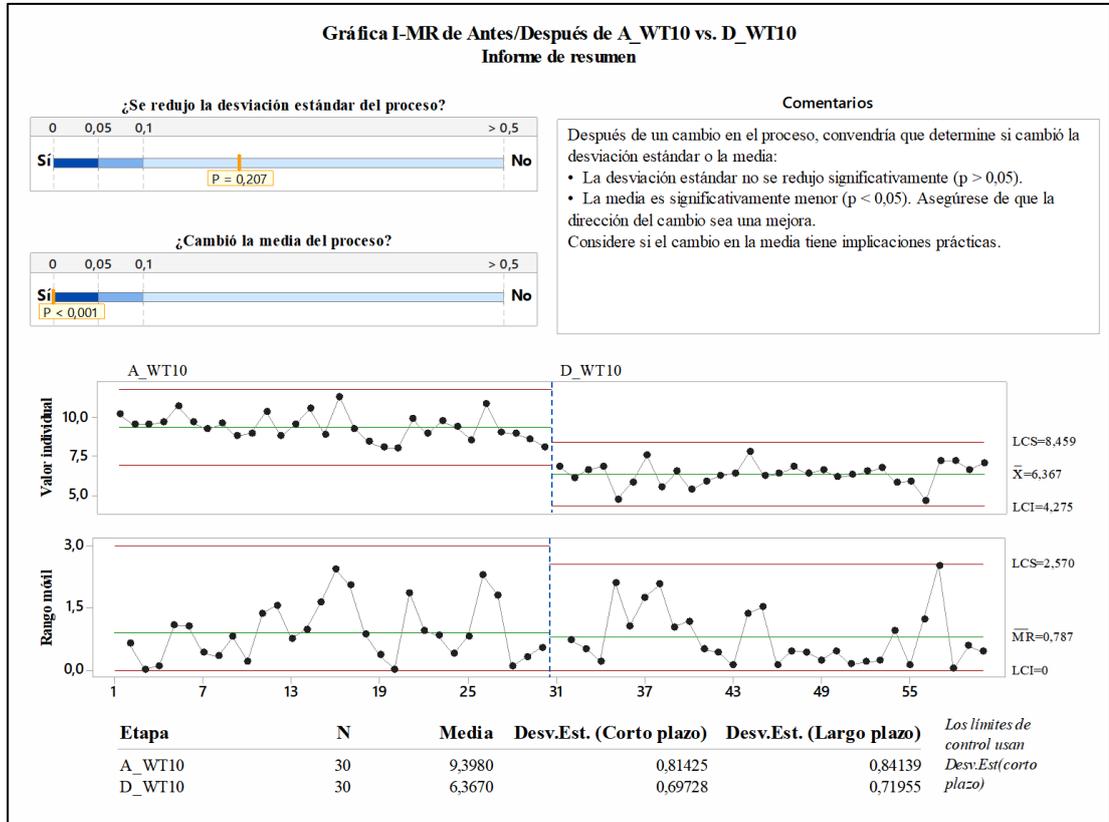


Fig. 53 Gráfica de individuales antes y después WT09 (Minitab)

### Análisis

En la Figura 53, se observa que la media de la situación actual es de 9,28 minutos con una desviación estándar de largo plazo o real de 0,73, se puede notar que no existe puntos fuera de la línea de control ni tendencias asociadas al comportamiento de los datos obteniendo así que el proceso es estable. Después del SMED se puede evidenciar que se redujo la media de tiempo con unos 6,32 minutos con una desviación de 0,64, por lo que señala una reducción de la media de un 31,89% y una disminución de la

desviación estándar de 12,32 %, por lo que la mejora se reduce la variabilidad y la media del proceso con el nuevo límite de control.



**Fig. 54** Gráfica de individuales antes y después WT10 (Minitab)

## Análisis

En la Figura 54, se observa que la media de la situación actual es de 9,39 minutos con una desviación estándar de largo plazo de 0,84, se puede notar que no existe puntos fuera de la línea de control ni tendencias asociadas al comportamiento de los datos obteniendo así que el proceso es estable. Después del SMED se puede evidenciar que se redujo la media de tiempo a 6,36 minutos con una desviación de 0,71, por lo que señala una reducción de la media en un 32,26% y una disminución de la desviación estándar de 15,47 %, por lo que la mejora se reduce la variabilidad y la media del proceso con el nuevo límite de control.

Al contemplar cada una de las máquinas en las gráficas de control de individuales se puede notar que en promedio de las dos máquinas el tiempo se reduce un 32,07 % del tiempo inicial y además está dentro de los límites de control, estableciendo un proceso

estable después de la aplicación del sistema SMED en la simulación, por lo que la desviación estándar se reduce en promedio de 13,89% con respecto a las dos máquinas.

### Resultados generales de la simulación

En la Tabla 67, se muestra los resultados de la simulación con factores del proceso de cambio de molde referentes al tiempo ciclo de suelas producidas y las métricas Six Sigma del desempeño del proceso.

**Tabla 67** Resultados de la simulación en la situación actual y con la propuesta

Factores del proceso	Máquina WT09			Máquina WT10			Mejora Promedio	Incremento o reducción
	Actual	Propuesto	Mejora	Actual	Propuesto	Mejora		
Tiempo promedio(min)	9,28	6,32	-2,96	9,40	6,37	-3,03	-3,00	↓
Desviación estándar(min)	0,73	0,64	-0,09	0,84	0,72	-0,12	-0,11	↓
Suelas producidas(par) semanal	5440	5576	136	5509	5623	114	125	↑
% Cumplimiento de producción	95,43%	97,82%	2,39%	96,64%	98,66%	2,02%	2,21%	↑
Cpk	0,37	0,87	0,50	0,25	0,78	0,53	0,52	↑
Nivel Sigma	2,48	4,11	1,63	2,22	3,77	1,55	1,59	↑
% Fuera de especificación	13,33%	0,00%	-13,33%	20,00%	0,00%	-20,00%	-16,67%	↓
PPM(Partes por millón)	133333,00	0,00	-133333,00	200000,00	0,00	-200000,00	-166666,50	↓
Desempeño	86,66%	100,00%	13,34%	80,00%	100,00%	20,00%	16,67%	↑
Nomenclatura	↑	Incremento			↓	Reducción		

### Análisis

En la Tabla 67, se observa que al simular las condiciones reales del proceso y establecer las mejoras propuestas, todo el proceso de inyección de las dos máquinas en global mejoran, por lo que se visualiza la reducción del tiempo de cambio de molde en 3 minutos y de igual manera la desviación estándar de los datos en 0,11 lo que reduce la variabilidad del proceso haciéndolo más estable, adicionalmente se incrementa la producción en 125 pares semanales en promedio de las dos máquinas, mejorando así indudablemente el porcentaje de cumplimiento del plan de producción en un 2,21%, y se logró alcanzar los niveles de producción óptimos que requiere la organización.

Adicionalmente en cuanto a las medidas de desempeño del proceso y las métricas de Six Sigma señalan que se incrementa el nivel sigma con la nueva especificación en un 1,59 sigmas en promedio, se mejora el desempeño del proceso en un 16,67% haciéndolo más eficiente, en cuanto al indicador del Cpk del proceso mejora en 0,52, pero en base a los criterios el proceso requiere de acciones para mantenerlo en el

tiempo y controlarlo, considerando que la especificación superior se cambió a 8 minutos como máximo que se debe demorar el operario.

En la Tabla 68, se muestra la ganancia estimada en base a los datos obtenidos de la simulación en FlexSim 2019 referentes al incremento de pares semanalmente. El cálculo de la ganancia semanal se lo realiza con el precio promedio del costo de la Tabla 23, con un valor por suela de \$1,11.

**Tabla 68** Ganancia estimada de la mejora

Descripción	Máquinas		TOTAL
	WT09	WT10	
Pares incrementados por semana	136	114	250
Ganancia semanal	\$150,96	\$126,54	\$277,50
Total, pares incrementados durante 6 meses	6.528	5.472	12, 000
Ganancia por 6 meses	\$7.246,08	\$6,073.92	\$13.320,00
Ganancia anual	\$14.492,16	\$12,147.84	\$26.640,00

### **Análisis**

En la Tabla 50, se obtiene que las ganancias estimadas al desarrollar las propuestas de mejora con un valor total anual de \$ 26.640,00 en toda el área de inyección, cabe mencionar que este valor es estimado y puede variar en la realidad.

### **Discusión general de resultados**

El proceso de inyección se mejora considerablemente en todos los aspectos al aplicar las propuestas establecidas en el modelo de simulación, además se muestra que el proceso está controlado ya se observa uniformidad tanto en la situación actual como en la mejora en función del tiempo, y además una reducción de la variabilidad de los datos haciendo que se mantengan dentro de los límites de control y de la especificación superior. En relación a diversos estudios se han obtenido mejoras inmemorables con la aplicación del sistema SMED en procesos productivos de inyección, teniendo una reducción del tiempo de cambio de molde en un 25,49% con un incremento del nivel sigma en un 1,15 sigmas [36], por tanto al comparar los resultados obtenidos se tiene una reducción del 31,9% del tiempo estando cercanos los valores al estudio mencionado.

Por otra parte, un estudio realizado de la aplicación del sistema SMED y validado por medio del software ProModel que es similar al software FlexSim se tiene una mejora porcentual del proceso en un 68,7% al comparar las dos situaciones del tiempo de cambio de referencia en el proceso [7], por tanto se puede afirmar que con la implementación de las alternativas de mejora propuestas a la empresa, el ciclo del proceso de cambio de molde entre las dos situaciones ofrece un argumento representativo para sugerir la implementación del SMED y la definición de roles, por lo tanto las mediciones en campo real, que conllevan la presencia de contingencias no predecibles en el modelo propuesto, pueden alterar el ciclo de proceso real de la situación propuesta, pero indudablemente con una mejora representativa en todos los casos, reduciendo el desperdicio de tiempo y generando valor y mayor productividad a la situación actual del proceso [7] [68].

### **3.6 Etapa de control**

En esta etapa se diseñan formatos que permitan el seguimiento de las actividades del cambio de moldes, logrando establecer estándares para controlar posibles desviaciones dentro del proceso y mantener las fases posteriores de mejora durante el desarrollo del proyecto de Lean Six Sigma que asegure la permanencia en el tiempo y evitar que el proceso de cambio de molde sobrepase los límites de control calculados, esto implica generar cambios de los sistemas y estructura, así como los hábitos de todo el personal involucrado de la empresa.

#### **3.1.1 Estandarización del proceso de cambio de molde con SMED**

Al obtener los resultados favorables de la validación de la mejora se proponen mecanismos de control ante los cambios del proceso de cambio de molde con los responsables de cada actividad, así como las observaciones respectivas en cuanto a la utilización de las herramientas propuestas para dicha mejora, por lo cual se establece el tiempo estándar para cada una de las actividades y la especificación máxima de 8 minutos, se observan los estándares en la Tabla 69, donde indica las actividades del , en cambio en la Tabla 70, muestra el conjunto de las actividades que debe desarrollar el abastecedor cuando se genera un cambio de molde.

**Tabla 69** Parámetros estándar del cambio de molde-abastecedor

Actividades	Tiempo estándar (s)	Responsable	Observación
<b>1.- Actividades para alistamiento de cambio de moldes</b>			
Transportarse al estante de los moldes	19,48	Abastecedor	Debe utilizar la mesa transportadora de moldes adecuado para los moldes
Demora en buscar el molde a ser cambiado	26,45		
Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante	32,58		
Colocar las dos tapas del molde en carro transportador	27,61		
Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora	9,32		
Transportar el molde hacia la inyectora	24,10		

En la Tabla 70, indica los tiempos de ciclo estándar propuestos para los dos operarios, con la especificación máxima que se debe cumplir a cabalidad, es decir que se realice en el menor tiempo posible.

**Tabla 70** Parámetros estándar del cambio de molde-inyector suelas

Actividades	Ts (s)	Responsable	Observación
<b>2.-Baja del molde utilizado</b>			
Dirigirse al tablero de control	8,48	Inyector Suelas	Debe utilizar el taladro inalámbrico de ajuste
Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa	3,00		
Colocar el botón de cambio de moldes en On	2,57		
Colocar el botón de rotación en Off	1,60		
Pulsar el botón verde para abrir la puerta	1,50		
Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5	23,15		
Retirar la base	17,68		
Desconectar manguera del molde	5,90		
Retirar la tapa	12,27		
Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente	5,56		
Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5	20,28		
Retirar los sujetadores	16,70		
Retirar manguera	5,59		
Retirar la tapa 2	12,06		

3.-Subida de molde nuevo			
Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados	18,13	Inyector Suelas	Debe utilizar el taladro inalámbrico de ajuste
Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador	13,64		
Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1	23,45		
Conectar la manguera	5,34		
Poner la tercera parte del molde	14,94		
Conectar la manguera y ajustar el sujetador	24,50		
Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)	27,29		
Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual	31,88		
Verificar cuadro de molde	13,49		
Cerrar la puerta	3,89		
Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde	4,12		
Verificar Inyección con molde cambiado	43,89		
Tiempos de ciclo estándar por operario en cambio de molde			
Operario	Ts (s)	Ts (min)	Especificación máxima
Inyector Suelas	360,91	6,02	8 min
Abastecedor	139,53	2,33	3 min

Al contar con cada uno de los pasos con los tiempos estándar se establecen los factores de seguridad y precauciones para un correcto cambio de moldes.

### Seguridad

- El montaje de los moldes es una operación que tiene que ser realizada por personal calificado y equipado.
- Los moldes, ya que solitamente son muy pesados, deben ser trasladados utilizando medios que garanticen la seguridad del operador.
- El operador debe ponerse guantes de seguridad antes de manejar los moldes.
- El operador debe utilizar las botas de punta de acero, para evitar la caída de los moldes en las extremidades inferiores.
- El operador tiene que parar la rotación de la mesa antes de empezar a equipar los porta moldes.
- El montaje de los moldes tiene que ser realizado por un solo operador. A los operadores está prohibido operar más de uno por vez, para evitar situaciones de peligro.

- Al considerarse un peso de los moldes de 11,34 kg por cada tapa y del material de aluminio como se observa en el Anexo 11, según el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) establece la guía técnica de manipulación manual de cargas, recomienda no sobrepasar los 25 kg de alzamiento de cargas por una persona de género masculino de buenas condiciones físicas [69], por tanto no se requiere de otra persona para el cambio de moldes más que una sola.

### **Precauciones para un correcto cambio de moldes**

Seguir las siguientes instrucciones para evitar posibles riesgos para el operador.

- 1 Antes de empezar el montaje de los moldes, asegurarse de que las guías y los tornillos de ajuste de los moldes se encuentren en buen estado apretados.
- 2 Fijar todos los tornillos de ajuste del molde al porta moldes.

### **3.1.2 Planteamiento del plan de control**

Se plantea el plan de control en donde se refleja la estrategia a largo plazo que asegura las mejoras sigan siendo eficaces y asegurando el desempeño del proceso con sus áreas de control continuamente, y desarrollar y documentar el plan a corde al AMEF desarrollado en la etapa de análisis, para de esta manera mejorar los valores de NPR (número de prioridad de riesgo), además se identifica el proceso de medición, el muestreo y la toma de decisiones ante los resultados de los métodos de recolección de información para determinar así las acciones a tomar [8]. en la Tabla 67, se muestra el plan de acción como resultado para controlar las mejoras en el tiempo.

Tabla 71 Plan de control del proceso de cambio de moldes

				<b>PLAN DE CONTROL DEL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDES DEL ÁREA DE INYECCIÓN SUELAS DE CALZADO CEMENTADO</b>								Revisión	0
Elaborado por:		Abril Flores Luis Byron			Aprobado por:		Ing. Iván Álvarez			Páginas		1 de 1	
Producto afectado:		Suelas de calzado			Revisado por:		Ing. Luis Morales						
Proceso				Proceso de medición					Muestreo			Toma de decisiones	
Paso proceso	¿Qué controlamos?	Critico	Entrada/Salida	Limites especificación/Requerimientos	Método de medición	Lugar	Método de control	Monitoreo por	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Quien o que lo mide	Donde se registra	Acción
Preparación de cambio de molde	Herramientas de trabajo	si	Entrada	Antes de cada turno se requiere una revisión de herramientas: Taladro inalámbrico, hexagonales #5 en buen estado, coches transportadores de moldes disponibles	Inspección visual	Inyectoras WT09 Y WT10	Check List	Líder del área de inyección suelas	1	Por cada turno	Líder del área de inyección de suelas	Formato Check List Anexo 25	Informar al jefe de sección
	Orden de moldes en los estantes	si	Entrada	Inicios de turno debe estar ordenado según etiquetas el estante	Inspección visual	Estantes de molde	Check List	Líder del área de inyección suelas	1	Por cada turno	Líder del área de inyección de suelas	Formato Check List Anexo 25	Informar al jefe de sección
Cambio de molde	Tiempo de ciclo	si	Entrada	Especificación superior de 8 minutos	Cronómetro	Inyectoras WT09 Y WT10	Gráfica de individuales IMR	Jefe de sección	5	Mensual	Jefe de sección/ Asistentes de costeo	Formato de estudio de tiempos Anexo 15	Control continuo del tiempo de cambio de molde
	Desarrollo de actividades	si	Entrada	Cumplimiento del 98% de actividades establecidas en el Sistema SMED	Inspección visual	Inyectoras WT09 Y WT10	Check List	Jefe de sección	5	Mensual	Jefe de sección	Formato Check List Anexo 26	Control continuo del desarrollo de actividades establecidas

### **3.1.3 Monitoreo del proceso**

Habiendo alcanzado mejoras importantes en el proceso de cambio de molde y con el fin de mantenerlas, se establece el monitoreo a través de las gráficas de control, con la finalidad de observar y analizar las variaciones que se presentan en la tendencia central y en la dispersión de un conjunto de observaciones.

- Para controlar el proceso de cambio de molde del área de inyección de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., se propone el uso de las gráficas de control de muestras individuales que es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos, donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente [12], por tanto los datos para el desarrollo de las cartas se lo hace en función a los tiempos de ciclo real del proceso, por medio del jefe de sección.
- Se establece el desarrollo de auditorías semanales del control de actividades del SMED establecido en el plan de control y mediante el uso del Anexo 25, en donde se verifica el cumplimiento de todas las acciones establecidas con el nuevo tiempo de cambio de molde.
- Se ejecuta un control de las herramientas a inicios de cada turno con la finalidad de que cada puesto de trabajo este con todos los elementos evitando así las demoras por búsqueda de herramientas.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- En base al análisis de la situación actual de la empresa en cuanto al proceso de inyección de suelas de calzado se evidenció que el área, está incumpliendo el plan de producción en un 34,57%, se demuestró mediante el registro diario de producción, y además se encontraron diferentes desperdicios en el proceso, que señalan como dato inicial para la definición del problema.
- Según el análisis de las causas del incumplimiento del plan de producción se determinan los orígenes por medio de los registros diarios de producción donde se tabula y se desarrolla el diagrama de Pareto, donde señala que las causas ante el incumplimiento, los más relevantes son: demoras en cambio de molde normal, demoras de cambio de molde con regleta y demoras por cambio de color, el cual se delimitó el estudio en el proceso de cambio de molde normal como el más influyente con un 52,78%.
- Mediante el estudio de pérdidas se estimó que anualmente se pierde \$ 38.564,04 dólares por el desperdicio de tiempo generado por cada cambio de molde normal en las dos máquinas inyectoras, lo que señala una suma intermediasamente representativa para la organización, por lo cual requiere acciones para contrarrestar dichas pérdidas.
- De acuerdo al análisis estadístico de la etapa de medición en el proceso de cambio de molde se identificó que los tiempos de ciclo por cada cambio en las dos máquinas, sobrepasan el límite de control superior de 10 minutos dados por la organización teniendo un nivel sigma del 2,33 y un rendimiento promedio del 79,34%, asumiendo como resultado que el desempeño del proceso es inadecuado.
- Como resultado del análisis de capacidad en las dos máquinas se determinó el valor del índice Cpk con los valores, 0,31 y 0,21 respectivamente, por lo que señala que el proceso no es adecuado para el trabajo y requiere de modificaciones muy serias para mejorar, teniendo así un proceso de clase 4, en cuanto al centrado del proceso con el índice K demuestra que los datos de las dos máquinas con valores de 29,46% y 30% se encuentran desviados hacia la derecha del valor nominal, por lo que el centrado del proceso es inadecuado ya que se debe considerar menos del 20% en

valor absoluto, y esto contribuye de manera significativa a la baja capacidad del proceso para cumplir con la especificación superior de 10 minutos.

- Al analizar las causas de las demoras por cambios de molde, se identificó las raíces potenciales mediante el diagrama de Ishikawa y el Análisis de Modo y Efecto de fallo AMEF, donde se obtuvo que la mayor cantidad de problemas se generan por el método de trabajo y maquinaria, teniendo las causas más representativas que son: roles no definidos del personal, no se cuenta con herramientas de ajuste rápido, carro transportador de moldes mal diseñado y percha de moldes desorganizada.
- Se proponen mejoras del proceso de cambio de molde, en cuanto a la compra del taladro inalámbrico de ajuste, mesa elevadora de transporta moldes, definición de roles de trabajo, etiquetado de perchas y el desarrollo del sistema SMED, en la cual mediante el sistema SMED se logra reducir el tiempo de cambio de molde en un 33,33% y se gana un incremento de 12 pares por turno en una sola máquina de manera teórica, sin considerar como fluctuaría realmente el proceso.
- Mediante la validación de las propuestas de mejora mediante el software FlexSim 2019, se crea la simulación de la situación actual y de mejora considerando la variabilidad de los tiempos de cambio de molde, para lo cual se obtiene el proceso en métricas Lean Six Sigma una reducción de 3 minutos en el proceso de cambio de molde y de igual manera la desviación estándar de los datos en 0,11 lo que reduce la variabilidad del proceso haciéndolo más estable, adicionalmente se incrementa la producción en 125 pares semanales en promedio de las dos máquinas, mejorando así indudablemente el porcentaje de cumplimiento del plan de producción en un 2,21% y por consiguiente se incrementó el nivel sigma con la nueva especificación en un 1,59 sigmas en promedio, por lo que incrementa el desempeño del proceso en un 16,67% haciéndolo más eficiente.
- Al estimar económicamente las mejoras planteadas mediante simulación por medio del software FlexSim 2019, la empresa generaría ganancias de \$ 26.640,00 anuales al incrementar la capacidad de las suelas reduciendo el tiempo improductivo. Para mantener las mejoras propuestas se estableció la estandarización del proceso, se plantió el plan de control y monitoreo, mediante la creación de fichas de control de las actividades del SMED como también las responsabilidades de cada trabajador del área y el seguimiento continuo por medio de la utilización de graficas de control de muestras individuales.

## 4.2 Recomendaciones

- Para mejorar el rendimiento de los operarios se debe realizar un estudio de vibración ya que esto influye en el bajo desempeño de los mismos y demoras en actividades que no agregan valor al producto.
- Es recomendable si se aplica el sistema SMED, crear un grupo de personas que permita tener un mayor control y determinación en cuanto a la reducción de tiempos no solo en los cambios de molde sino también en los cambios de color.
- La investigación queda abierta a las posibles alternativas de mejora que se pueden incrementar, tomando en consideración el criterio de la gerencia, además se puede implementar otras herramientas de control de fallas para poder mejorar el nivel sigma del proceso.
- Capacitar al personal en temas de Lean Six Sigma para reducir desperdicios del proceso, creando una concientización y una cultura de calidad y de eficiencia en las actividades que se desarrollen.
- Actualizar continuamente la matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) cada tres meses y las gráficas de control del tiempo de cambio para conseguir una mejora continua del proceso y reducir demoras.
- Se recomienda la revisión y control del cumplimiento de las actividades del sistema SMED mensualmente, considerando que la organización cuenta con un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015, y se desarrollan auditorías internas cada 6 meses y cada año auditorías externas para validar la documentación y el proceso productivo.
- Para seguir mejorando continuamente el proceso, es recomendable que se monitoree el índice Cpk cada mes, siguiendo el proceso de mejora continua PHVA (Planificar, hacer, verificar y actuar), en la cual el supervisor del área debe estar en constante monitoreo de las mejoras planteadas verificando que se ejecuten todas las actividades de manera óptima.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Mark O, La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos, Madrid: Accenture, 2010.
- [2] F. A. Bribiercas Silva y E. García Uribe, «Optimización de la productividad en la industria de plásticos en CD. Juárez,» *Revista internacional administración y finanzas*, vol. iv, n° 2, pp. 101-122, 2011.
- [3] O. E. Pilla Yanzapanta, «Mejora de calidad en los procesos productivos aplicando la metodología Seis Sigma en la empresa Metálicas Pillapa,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [4] J. G. Vargas Hernández, G. Mutaralla Bautista y M. T. Jiménez Castillo, «Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing,» *Ciencias Administrativas*, vol. I, n° 1, pp. 81-94, 2018.
- [5] 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.
- [6] H. Pérez Ortiz, «El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito,» Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, Guadalajara, 2016.
- [7] J. A. Beltrán Umaña y M. A. Enciso Jauregui, «Propuesta de mejora para el proceso de Guarnición de la empresa Adrenalida S.A.S. en la ciudad de Bogotá D.C utilizando la metodología Lean Seis Sigma,» Universidad de la Salle, Bogotá, 2016.
- [8] L. Socconini, Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, Segunda ed., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V, 2016.
- [9] O. L. Mantilla Celis y J. M. Sanchez Garcia, «Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma,» *Estudios Gerenciales*, vol. 28, n° 124, pp. 22-43, 2012.

- [10] H. Felizzola Jiménez y C. Luna Amaya, «Lean Six Sigma en pequeñas y medias empresas: un enfoque metodológico,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 22, n° 2, pp. 263-277, 2014.
- [11] R. B. Chase y R. F. Jacobs, *Administración de operaciones Producción y Cadena de Suministros*, decimotercera ed., México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. DE C.V., 2014.
- [12] H. Gutiérrez Pullido y R. De la Vara Salazar, *Control estadístico de calidad y seis sigma*, Tercera ed., México: Interamericana editores S.A, 2013.
- [13] C. I. Hernández Martínez, «La metodología Lean Seis Sigma, sus herramientas y ventajas,» Universidad Veracruz, Veracruz, 2015.
- [14] J. G. Vargas Hernández, G. Muratalla Bautista y M. T. Jimenez Castillo, «Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing,» *Ciencias Administrativas Revista Digital FCE UNLP*, n° 11, pp. 20-36, 2018.
- [15] «Ejemplo de aplicación de herramientas Lean en una fábrica del sector automoción,» Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas II, Sevilla, 2016.
- [16] M. Valpuesta Lucena, «Ejemplo de aplicación de herramientas Lean en una fabrica del sector de automoción,» Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas II, Sevilla, 2016.
- [17] J. C. Hernández Matías y A. Vizán Idoipe, *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*, Madrid: Fundación EOI, 2013.
- [18] L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para excelencia en los negocios*, Segunda ed., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V, 2016.
- [19] M. P. Sarria Yépez, G. A. Fonseca Villamarín y C. C. Bacanegra Herrera, «Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing,» *Administración y Negocios*, vol. I, n° 83, pp. 51-71, Diciembre 2017.
- [20] T. Pyzdek, *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*, McGraw-Hill Professional, 2009.
- [21] O. Celis Garcia, F. X. Estrada Orantes y F. Hermosillo Pérez, «Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de

- manufactura: Caso de Estudio,» *Cultura Científica y Tecnológica*, vol. I, nº 57, pp. 199-211, 2016.
- [22] L. A. Mireles Salinas y F. J. Estrada Orantes, «Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora de procesos. Caso de estudio en una línea de ensamble de bombas de gasolina,» *Cultura Científica y Tecnológica*, vol. I, nº 63, pp. 71-87, 2018.
- [23] M. A. Añaguari Yarasca, «Integración Lean Manufacturing y Seis Sigma. Aplicación Pymes,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2016.
- [24] P. A. Arce Montaña y E. T. Florez Benavides, «Aplicación de un modelo Lean Six Sigma orientado a la mejora de la productividad en dos empresas del sector cuero, calzado y marroquinería,» Universidad Autónoma de Occidente, Cali, 2019.
- [25] O. C. Gracia, F. J. Estrada Orantes y F. Hermosillo Pérez, «Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de manufactura: Caso de Estudio,» *Culcyt*, vol. 12, nº 57, 2015.
- [26] J. K. Proaño López, «El desperdicio en el proceso de producción de suelas de pvc en la empresa Material de Zapatería Junior,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [27] E. L. García Miranda, «Propuesta de rediseño de la productividad del proceso de fabricación de suelas de poliuretano,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2009.
- [28] G. Balaguer, «Informatización del proceso de certificaciones del Registro General de la Provincia,» Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 2015.
- [29] L. Krajewski, M. Malhotra y L. Ritzman, *Administración de operaciones, procesos y cadena de valor*, México: Pearson Educación, 2008.
- [30] A. I. Urrutia Sánchez, «Plan de mejora de la calidad de la producción de calzado en creaciones Mabeliz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [31] N. Benjamin y A. Freivalds, *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño de trabajo*, Duodécima, Ed., México: Interamerica de editores S.A, 2009.

- [32] J. Vargas Hernández, G. Muratalla Bautista y M. Jiménez Castillo, «Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?,» *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. V, nº 17, pp. 153-174, 2016.
- [33] A. S. Tejada, «Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos,» *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXVI, nº 2, pp. 276-310, 2011.
- [34] A. E. Ocaña Navarrete, «Plan para la mejora de la calidad a través del control de fallos del proceso productivo de tela kersey en la empresa Jhonatex,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [35] L. P. Tierra Pérez, «Mejoramiento del nivel de calidad de los procesos en la sección de estructuras a través de la metodología Seis Sigma en la fábrica de carrocerías Corporación Megabuss,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2017.
- [36] R. A. Castillo Morán, «Reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de predormas de la compañía Plásticos Team S.A.S.,» Universidad San Buenaventura, Santiago de Cali, 2017.
- [37] D. M. Arango Martínez y B. E. Ángel Álvarez, «Plan de implementación de Six Sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior,» *Prospect*, vol. 10, nº 2, pp. 13-21, 2012.
- [38] J. G. Arrieta, J. D. Muñoz Dominguez, A. Salcedo Echeverri y S. Sossa Gutierrez, «Aplicación Lean Manufacturing en la industrial colombiana. Revisión de la literatura en tesis y proyectos de grado,» *Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information*, vol. I, nº 12, p. 9, 2011.
- [39] D. H. Besterfield, Control de calidad, Octava ed., México: Pearson Educación, 2009.
- [40] 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.
- [41] E. González Valenzuela, L. E. Beltrán Esparza , A. Cano Carrasco y A. Valenzuela Muñoz, «SMED: Reducción de cambio de la línea de producción

- de maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas en la Región Sur Sonora,» *Revista Administración y Finanzas*, vol. 4, n° 1, pp. 16-29, 2017.
- [42] 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.
- [43] M. A. Díaz Martínez, R. Zárate Cruz y R. V. Román Salinas, «Simulación 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. XXII, n° 2, pp. 10-17, 2018.
- [44] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, Quinta ed., México Distrito Federal: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.
- [45] Z. R. Vargas Cordero, «La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica,» *Educación*, vol. 33, n° 1, pp. 155-165, 2009.
- [46] K. Ishikawa, *Introducción al control de calidad*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1994.
- [47] 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.
- [48] Plasticaucho Industrial S.A., «Plasticaucho Industrial S.A,» 23 Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://www.plasticaucho.com.ec/nwp/>. [Último acceso: 4 Julio 2019].
- [49] A. J. Piñero M, «SERMA,» 15 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://serma.net/noticias/tecnicas/propuestas-tecnologicas/>.
- [50] A. A. Nieto Zambrano, «Implementación de la metodología seis sigma para el mejoramiento continuo del proceso de venta de servicios tecnológicos y comunicacionales en Ecuadortelecom S.A.,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2014.

- [51] Z. Xingxing, D. Lawrence y J. Thomas, «The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma,» *Journal of Operations Management*, vol. I, n° 26, pp. 630-650, 2011.
- [52] O. Acabal Mejia, «Determinación de tiempos para preparación y cambios de moldes en máquinas inyectoras para accesorios de pvc y su mantenimiento preventivo,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2006.
- [53] D. Salgado Horta, «Pruebas de normalidad,» 12 Julio 2015. [En línea]. Available:  
[http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica\\_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf](http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf).
- [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 de Investigación y Tecnología*, vol. 16, n° 1, pp. 143-156, 2015.
- [55] J. d. J. Aguirre Luna, «Diseño de SMED para moldes de inyección,» Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Veracruz, 2018.
- [56] W. Forrest, «Uso de la metodología Seis Sigma para mejorar el consumo de combustible en un vehiculo,» 12 Julio 2015. [En línea]. Available:  
[http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014873/014873\\_01.pdf](http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014873/014873_01.pdf). [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [57] C. Hernández Pedrera y F. Da Silva Portoilipe, «Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad,» *Tecnología Química*, vol. 36, n° 1, pp. 104-116, 2016.
- [58] J. M. Rodríguez Benites, «Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la calidad del producto en la empresa productora de "Calzado Lupita" S.A,» Universidad Cesar Vallejo-Trujillo, Perú, 2016.
- [59] J. Rojas, «Los procesos productivos de la empresa Muñoz y Muhlenbrock Limitada,» 6 Junio 2013. [En línea]. Available:  
<https://www.clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/Los-procesos-productivos-de-la-empresa-Mu%C3%B1oz-y/832567.html>.

- [60] 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, n° 3, pp. 88-106, 2014.
- [61] M. Bestratén Belloví, R. Orriols Ramos y C. Mata París, NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, Barcelona: Ministerio del trabajo y asuntos sociales España, 2004.
- [62] B. A. Fernández Barrenechea, «Reducir tiempo de entrega mejorando el tiempo de cambio de molde en empresa de plásticos de Lima, Perú,» Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2016.
- [63] A. P. Rojas Jauregui y V. Gisbert Soler, «Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas,» *3C Empresa (Edición Especial)*, vol. I, n° 1, pp. 116-124, 2017.
- [64] Mercado Libre Ecuador Cia. Ltda., «Mercado Libre Ecuador, Taladro atornillador inalámbrico Dcd 700 c2,» 20 Julio 2019. [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-422375756-taladro-atornillador-inalambrico-dcd700c2-dcd700-c2-dewat-\\_JM?quantity=1#position=7&type=item&tracking\\_id=f4e9a361-4683-4349-b9af-bad6ce2e30f9](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-422375756-taladro-atornillador-inalambrico-dcd700c2-dcd700-c2-dewat-_JM?quantity=1#position=7&type=item&tracking_id=f4e9a361-4683-4349-b9af-bad6ce2e30f9). [Último acceso: 24 Septiembre 2019].
- [65] R. C. Garza Ríos, C. N. González Sánchez, E. L. Rodríguez González y C. M. Hernández Asco, «Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio,» *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol. XXII, n° 1, pp. 19-35, 2016.
- [66] J. R. Ocampo y A. E. Pavón, «Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim,» de *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Panama, 2012.
- [67] Trimble Inc, «Sketchup,» Trimble Inc, 13 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.sketchup.com/es>. [Último acceso: 12 Septiembre 2019].

- [68] D. Prieto Renda, «Integración de modelos de fabricación mediante simulación con herramientas informáticas y Lean Manufacturing,» Universidad de Vigo, Vigo, 2015.
- [69] L. Ruiz Ruiz, «Manipulación manual de cargas-Guía Técnica del INSHT,» Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, España, 2015.
- [70] Wintech, «Manual de usuario modelo WS202 Boradue,» Wintech, Venezia, 2017.

## ANEXOS

### Anexo 1.- Formato de ficha de recolección de datos

		
Formato de ficha de recolección de datos		
<b>Personas Participantes:</b>	Operarios del área de inyección de suelas de calzado cementado	
<b>Área:</b>	Inyección de suelas de calzado- Planta calzado cementado	
Ítem	Actividades del proceso	Flujograma General
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
Descripción de maquinaria utilizada		
Identificación de personal		

Anexo 2.- Registro del plan de producción diario de suelas

Plasticaucho		REGISTRO DE PRODUCCIÓN SUELAS CALZADO CEMENTADO				Código:	
Elaborado por:		Revisado por:		Fecha de Elaboración:		Última Aprobación:	
				Revisión:		Aprobado por: Danny Corella	
MAQUINA:	WT09	PRODUCTO:	SUELA DEPORTIVO	SEMANA:	15	FECHA:	11/04/13
OPERADOR: Fabián Romo				ENTRENAMIENTO:		TURNO	M
MODELO	Kelly MS/UL			Smith 32-34			
TALLA	23	25	29	36	37	39	
PRODUCCIÓN CANTIDAD (PARES)	36	92	59				
	85	100	40				
		5					
SOBRAS	63	-	74	8	10	6	
SUBTOTAL	184	197	173	8	10	6	
TOTAL PRODUCCIÓN			578	TOTAL CAMBIO DE MOLDES			3
Observaciones:							5:85
Pausa por falta de material (30 minutos)							
Cambio de 3 moldes (30 minutos)							
Cambio de color (20 minutos)							
Calibración de máquina (20 minutos)							
OPERADOR: DARWIN TISALENA				ENTRENAMIENTO:		TURNO	T
MODELO	SMITH 32			34			
TALLA	36		37	39		35	
PRODUCCIÓN CANTIDAD (PARES)	22	30	20	30	19	25	
	30	30	30	30	25	25	
	30	30	30	30	25	25	
	30	30	30	30	25	25	
	30		30		25	25	
	30		30		25	25	
	30		30		25	20	
SOBRAS	30	20	30	23	25	0	11
SUBTOTAL	372		373		364		11
TOTAL PRODUCCIÓN			1.120	TOTAL CAMBIO DE MOLDES			1
Observaciones:							11:25
SE PARA 20 MINUTOS POR MOTIVO QUE SE RECALIENTA EL ACEITE. SE REALIZA 1 CAMBIO DE MOLDE 10 MINUTOS							
OPERADOR: Alex Teapanta				ENTRENAMIENTO:		TURNO	V
MODELO	SMITH						
TALLA	35	36	36	37	30	32	
PRODUCCIÓN CANTIDAD (PARES)	25	36	10	30	7	30	
	36	36	30	30	30	30	
	36	36	30	30	30	30	
	36	70	30	30	30	30	
	36		30	30	30	30	
	36		30	30	30	30	
SOBRAS			14		30	20	27
SUBTOTAL	359		384		387	27	27
TOTAL PRODUCCIÓN			1157	TOTAL CAMBIO DE MOLDES			2
Observaciones:							11:50
Se realiza 2 cambios de Molde (20 min)							
A las 5:15 se para la máquina por motivo de falta de aceite, se realiza 1 cambio de molde 10 minutos							

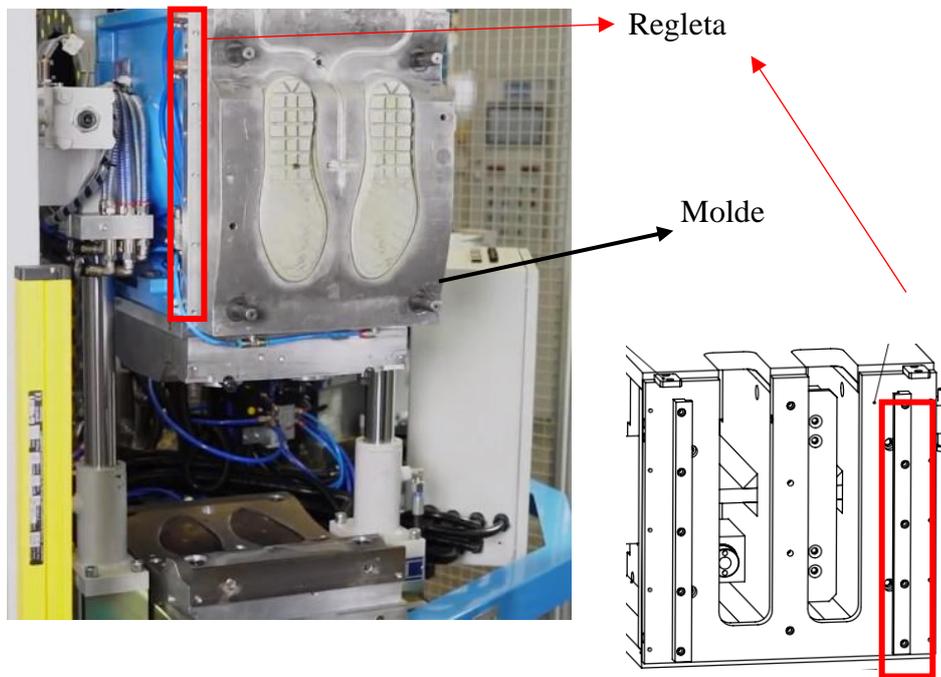
**Anexo 3.- Lluvia de ideas**

	
Formato de Lluvia de Ideas	
<b>Personas Participantes:</b>	Operarios del área de inyección de suelas de calzado cementado
<b>Área:</b>	Inyección de suelas de calzado
<b>Problema:</b>	Incumplimiento del plan de producción
Ítem	Ideas
1	Demoras por cambio de color
2	Demoras por cambio de molde
3	Diseño deficiente del molde
4	Fallos imprevistos de máquinas
5	Falta de capacitación
6	Inadecuada calibración de temperatura de inyección
7	Inadecuado control de materia prima de ingreso
8	Incorrecta manipulación de temperatura y velocidad de inyectoras
9	Insuficiente abastecimiento de material PVC a inyectoras
10	No cuenta con un registro de tiempos de producción y cambios de molde
11	No se controla al final de turno, la producción de suelas producidas con respecto al plan
12	No se controla las demoras existentes en el proceso
13	No se ejecutan las actividades que están en los instructivos de trabajo
14	No se utiliza las herramientas adecuadas para realizar más rápido el trabajo
15	Porta moldes con defectos
16	PVC contaminado con otros colores
17	Sobrecalentamiento del aceite de los pistones de los cañones
18	Tiempo de respuesta lento ante la falta de material
19	Trabajo sin abastecedor de material PVC

#### Anexo 4.- Identificación de molde y regleta de la máquina Wintech



#### Identificación de molde y regleta - máquina Wintech



#### Descripción del molde

El MOLDE cuenta con 3 partes que son el piso, la cara superior y la cara inferior cada una es para el piso y la bandeleta.

#### Descripción de regleta

La regleta es la barra de huecos que sirve para mover de acuerdo al porte del molde, cuando los moldes son grandes es decir de tallas de 40-43 se necesita cambiar la regleta al espacio más externo.

## Anexo 5.- Descripción del proceso de cambio de color



### Descripción del proceso de cambio de color



#### Descripción del proceso

- Se descarga el material anteriormente utilizado esto se repite de 4 a 5 veces hasta que salga por completo.
- Se coloca los super sacos en la parte posterior de las inyectoras y se ubica las mangueras de succión.
- Se comprueba que las temperaturas sean adecuadas para el material.
- Se ejecuta la inyección para probar el material.

#### Material

- Las inyectoras usan material PVC obtenidos de la planta de plásticos de la misma empresa.
- Los colores que se utilizan común mente son de dos tipos uno para el piso y otro para la bandeleta y se tiene para cada modelo.
- Los colores más utilizados son:
  - Violeta
  - Negro
  - Blanco
  - Gris
  - Azul
  - Beige

**Anexo 6.- Plan de mantenimiento de inyectoras WT09 Y WT10**

		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO WT09 Y WT10</b>			
<b>CHECK LIST INYECTORAS WT09 - WT10</b>					
Tarea	Tiempo	Unidad	Personas	Frecuencia	Unidad
Controlar/Corregir fugas de aceite	20	min	1	1	semana
Controlar/Corregir fugas de agua	20	min	1	1	semana
Controlar/Corregir guas de aire	20	min	1	1	semana
Limpiar/Lubricar inyectores	20	min	1	1	semana
Limpiar/Lubricar mesa giratoria	20	min	1	1	semana
Verificar Paros/Puertas de emergencia	20	min	1	1	semana
<b>MTTO PREVENTIVO WT09 - WT10</b>					
Revisar/Reajustar pernos de prensa	30	min	1	6	meses
Verificar Funcionamiento termostato uh	10	min	1	6	meses
Verificar/completar nivel de aceite uh	20	min	1	6	meses
Verificar/ corregir hidráulicas	60	min	1	6	meses
Verificar/Corregir fugas sistema enfriamiento	20	min	1	6	meses
Verificar/Corregir neumáticas	20	min	1	6	meses
Limpiar intercambiador calor uh	30	min	1	6	meses
Limpiar sistema enfriamiento de molde cm	30	min	1	6	meses
Limpiar anillos, aislantes, separadores	20	min	1	6	meses
Verificar/corregir estado escobillas	20	min	1	6	meses
Verificar/regular resortes de escobillas	20	min	1	6	meses
Reajustar tornillos de sistema eléctrico	20	min	1	6	meses
Limpieza de tablero eléctrico	10	min	1	6	meses
Limpiar deposito aceite uh	120	min	1	12	meses
Cambio de aceite y filtros uh	60	min	1	12	meses
Revisar junta de motor/bomba uh	60	min	1	12	meses
Reemplazar guarniciones cilindros	240	min	1	36	meses
Limpiar tornillo inyección	240	min	1	36	meses

**Anexo 7.- Estructura de costo de suela de PVC-SAP**

Estructura CC	S.	Valor total	M..	Cantidad	Unidad medida
▼ SUELA SMITH NEGRO NEGRO 26	■	43.55 ECS		100 PAR	
▼ COMPUESTO PVC ZS D S NG	■	27.96 ECS		22.500 KG	
▸ COMPUESTO PVC BS D P IN	■	26.24 ECS		22.433 KG	
• COLORANTE NEGRO 99028 (REPI)	■	0.38 ECS		0.067 KG	
• ETIQUETA ADHESIVA CAJAS MC CUERO	■	0.01 ECS		1.667 UN	
• FUNDA PLASTICA PESAJE 37X33	■	0.17 ECS		1.667 UN	

Costes basados en Tamaño de lote CC 100 PAR

🔍
🏠
👤
📊
🔄
📄
📈
ℹ️

Vista de elementos	Total	Costes fijos	Costes var.	Moneda
Costes de producción	43.55	0.00	43.55	ECS
<b>Precio coste</b>	<b>43.55</b>	<b>0.00</b>	<b>43.55</b>	<b>ECS</b>
Costes de venta y administ..	0.00	0.00	0.00	ECS
Inventario comercial	43.55	0.00	43.55	ECS
Inventario (fiscal)	43.55	0.00	43.55	ECS

Costes de producción 🔍 📊 👤 📄 Inter.

**Anexo 8.-** Lista de chequeo por molde y regleta

			
LISTA DE CHEQUEO-TIPO DE MOLDE Y REGLETA			
Item	MOLDES	Regleta normal	Regleta grande
1	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 33	x	
2	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 34	x	
3	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 35	x	
4	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 36	x	
5	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 37	x	
6	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 38	x	
7	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 39	x	
8	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 40	x	
9	MOLDE SUELA AZALEA NEGRO VIOLETA 41	x	
10	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 24	x	
11	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 25	x	
12	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 26	x	
13	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 27	x	
14	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 28	x	
15	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 29	x	
16	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 30	x	
17	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 31	x	
18	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 32	x	
19	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 33	x	
20	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 34	x	
21	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 35	x	
22	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 36	x	
23	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 37	x	
24	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 38	x	
25	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 39	x	
26	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 40	x	
27	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 41	x	
28	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 42	x	
29	MOLDE SUELA CLASSIC BLANCO GRIS 6C 43	x	
30	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 23	x	
31	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 24	x	
32	MOLDESUELA KELLY NEGRO VIOLETA 25	x	
33	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 26	x	
34	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 27	x	
35	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 28	x	
36	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 29	x	
37	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 30	x	

38	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 31	x	
39	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 32	x	
40	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 33	x	
41	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 34	x	
42	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 35	x	
43	MOLDE SUELA KELLY NEGRO VIOLETA 36	x	
44	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 25	x	
45	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 26	x	
46	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 27	x	
47	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 28	x	
48	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 29	x	
49	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 30	x	
50	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 31	x	
51	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 32	x	
52	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 33	x	
53	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 34	x	
54	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 35	x	
55	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 36	x	
56	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 37	x	
57	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 38	x	
58	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 39	x	
59	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 40	x	
60	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 41	x	
61	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 42		x
62	MOLDE SUELA SMITH BLANCO BLANCO 43		x
63	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 25	x	
64	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 26	x	
65	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 27	x	
66	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 28	x	
67	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 29	x	
68	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 30	x	
69	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 31	x	
70	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 32	x	
71	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 33	x	
72	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 34	x	
73	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 35	x	
74	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 36	x	
75	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 37	x	
76	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 38	x	
77	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 39		x
78	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 40		x
79	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 41		x
80	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 42		x
81	MOLDE SUELA SURIN BLANCO BLANCO 43		x

82	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 34		x
83	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 35		x
84	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 36		x
85	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 37		x
86	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 38		x
87	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 39		x
88	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 40		x
89	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 41		x
90	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 42		x
91	MOLDE SUELA VOLT BLANCO BLANCO 43		x
TOTAL		74	17

**Anexo 9.-** Ficha de registro de datos

		<b>Hoja de registro de tiempos de cambios de molde</b>			
<b>Área:</b> Inyección de Suelas de calzado					
<b>Realizado Por:</b> Byron Abril					
<b>Líder de sección:</b> Sr. Carlos Valle					
N°	Fecha	Máquina	Operario	Tiempo	Observación
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					
32					
33					
34					

## Anexo 10.- Datos recopilados

Segundos				
N°	Operario	WT09	Operario	WT10
1	Operario 5	525,78	Operario 7	569,91
2	Operario 5	549,79	Operario 3	622,45
3	Operario 1	605,61	Operario 3	540,58
4	Operario 1	553,96	Operario 6	573,19
5	Operario 2	603,70	Operario 1	561,85
6	Operario 7	514,98	Operario 1	539,67
7	Operario 6	584,85	Operario 3	617,20
8	Operario 3	639,00	Operario 4	553,44
9	Operario 2	587,70	Operario 4	594,42
10	Operario 8	554,70	Operario 5	588,18
11	Operario 4	613,06	Operario 3	536,70
12	Operario 4	565,91	Operario 3	590,37
13	Operario 5	592,49	Operario 7	501,64
14	Operario 5	570,17	Operario 1	587,71
15	Operario 8	535,38	Operario 4	563,49
16	Operario 2	541,70	Operario 3	602,78
17	Operario 8	564,47	Operario 7	533,72
18	Operario 6	508,60	Operario 4	548,02
19	Operario 3	543,50	Operario 8	575,24
20	Operario 3	570,63	Operario 6	449,14
21	Operario 2	603,11	Operario 2	611,39
22	Operario 3	541,98	Operario 5	498,42
23	Operario 6	546,07	Operario 5	532,41
24	Operario 2	596,16	Operario 4	627,55
25	Operario 2	544,25	Operario 2	503,52
26	Operario 5	568,26	Operario 7	570,78
27	Operario 2	604,17	Operario 8	657,54
28	Operario 5	582,06	Operario 1	636,88
29	Operario 3	619,95	Operario 6	537,01
30	Operario 3	640,26	Operario 4	591,15
31	Operario 5	525,26	Operario 8	585,75
32	Operario 6	582,55	Operario 7	554,27
33	Operario 7	602,46	Operario 6	575,78
34	Operario 3	574,38	Operario 4	555,18
35	Operario 3	564,95	Operario 2	566,90
36	Operario 1	565,41	Operario 3	568,71
37	Operario 4	592,32	Operario 5	581,49
38	Operario 5	545,35	Operario 2	533,18
39	Operario 4	569,69	Operario 2	573,32
40	Operario 1	612,80	Operario 8	630,75
41	Operario 6	565,52	Operario 8	600,65
42	Operario 1	547,67	Operario 4	602,72
43	Operario 2	517,18	Operario 1	522,67
44	Operario 6	496,23	Operario 7	638,46
45	Operario 8	537,12	Operario 7	574,47
46	Operario 4	575,69	Operario 7	524,34



Minutos				
N°	Operario	WT09	Operario	WT10
1	Operario 5	8,76	Operario 7	9,50
2	Operario 5	9,16	Operario 3	10,37
3	Operario 1	10,09	Operario 3	9,01
4	Operario 1	9,23	Operario 6	9,55
5	Operario 2	10,06	Operario 1	9,36
6	Operario 7	8,58	Operario 1	8,99
7	Operario 6	9,75	Operario 3	10,29
8	Operario 3	10,65	Operario 4	9,22
9	Operario 2	9,80	Operario 4	9,91
10	Operario 8	9,24	Operario 5	9,80
11	Operario 4	10,22	Operario 3	8,95
12	Operario 4	9,43	Operario 3	9,84
13	Operario 5	9,87	Operario 7	8,36
14	Operario 5	9,50	Operario 1	9,80
15	Operario 8	8,92	Operario 4	9,39
16	Operario 2	9,03	Operario 3	10,05
17	Operario 8	9,41	Operario 7	8,90
18	Operario 6	8,48	Operario 4	9,13
19	Operario 3	9,06	Operario 8	9,59
20	Operario 3	9,51	Operario 6	7,49
21	Operario 2	10,05	Operario 2	10,19
22	Operario 3	9,03	Operario 5	8,31
23	Operario 6	9,10	Operario 5	8,87
24	Operario 2	9,94	Operario 4	10,46
25	Operario 2	9,07	Operario 2	8,39
26	Operario 5	9,47	Operario 7	9,51
27	Operario 2	10,07	Operario 8	10,96
28	Operario 5	9,70	Operario 1	10,61
29	Operario 3	10,33	Operario 6	8,95
30	Operario 3	10,67	Operario 4	9,85
31	Operario 5	8,75	Operario 8	9,76
32	Operario 6	9,71	Operario 7	9,24
33	Operario 7	10,04	Operario 6	9,60
34	Operario 3	9,57	Operario 4	9,25
35	Operario 3	9,42	Operario 2	9,45
36	Operario 1	9,42	Operario 3	9,48
37	Operario 4	9,87	Operario 5	9,69
38	Operario 5	9,09	Operario 2	8,89
39	Operario 4	9,49	Operario 2	9,56
40	Operario 1	10,21	Operario 8	10,51
41	Operario 6	9,43	Operario 8	10,01
42	Operario 1	9,13	Operario 4	10,05
43	Operario 2	8,62	Operario 1	8,71
44	Operario 6	8,27	Operario 7	10,64
45	Operario 8	8,95	Operario 7	9,57
46	Operario 4	9,59	Operario 7	8,74

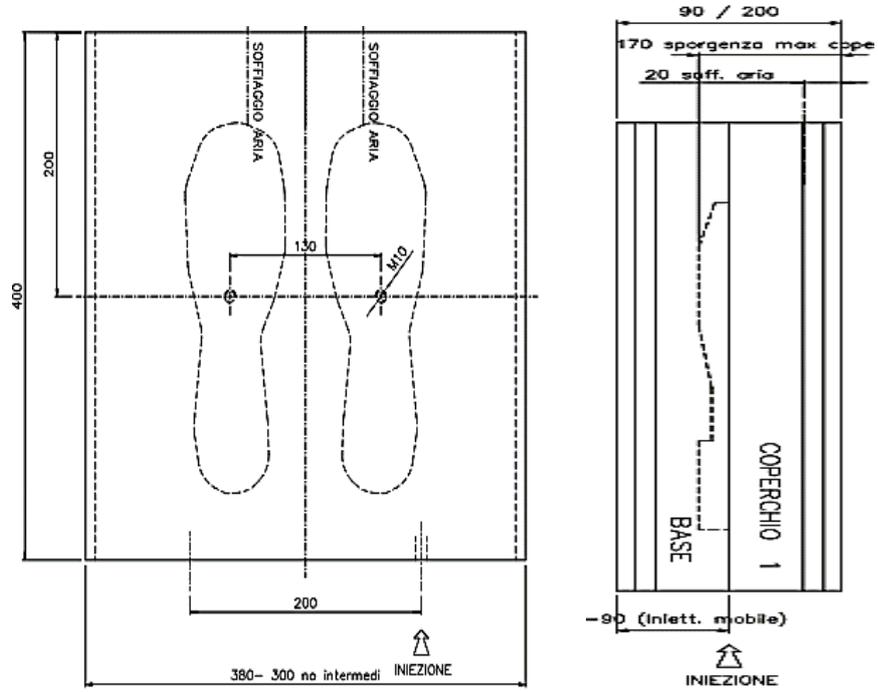
**Nota:** Los datos de color amarillo corresponden a los tiempos que se tomaron de forma más específica con cada una de las actividades en el cambio de molde y referentes al trabajador con mayor experiencia y agilidad.

**Anexo 11.-** Fotografías de los materiales usados para el cambio de molde

Carro transportador de moldes 1	Estantes de moldes
	
<p>El carro no se extiende hasta la parte inferior de los estantes ni hasta la parte superior, solo llega hasta la parte intermedia.</p>	<p>Con la llegada de nuevos moldes, los estantes y los pallets están desorganizados.</p>
Ajuste de molde en inyectora	Carro transportador de moldes 2
	
<p>Para el ajuste de las inyectoras se necesita el hexagonal número 5, en el cual en ocasiones se desabastecen de la herramienta.</p>	<p>Al tener que realizar cambios en las dos inyectoras se utiliza el carro número 2, que es fijo y no se lo puede cambiar de posición en altura.</p>

Caratteristiche del molde [70]

Dimensiones



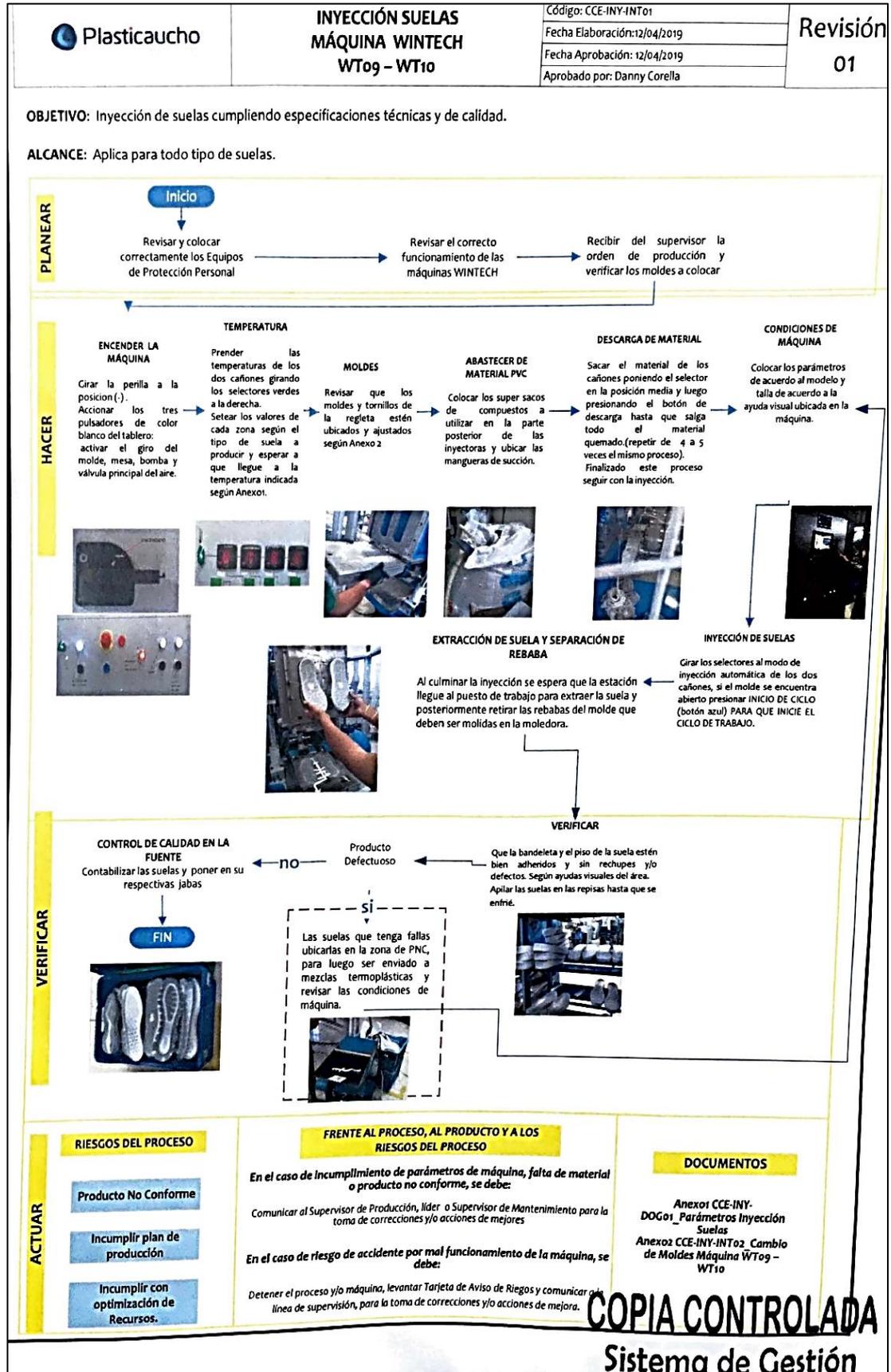
Material

Aluminio

Peso por tapa

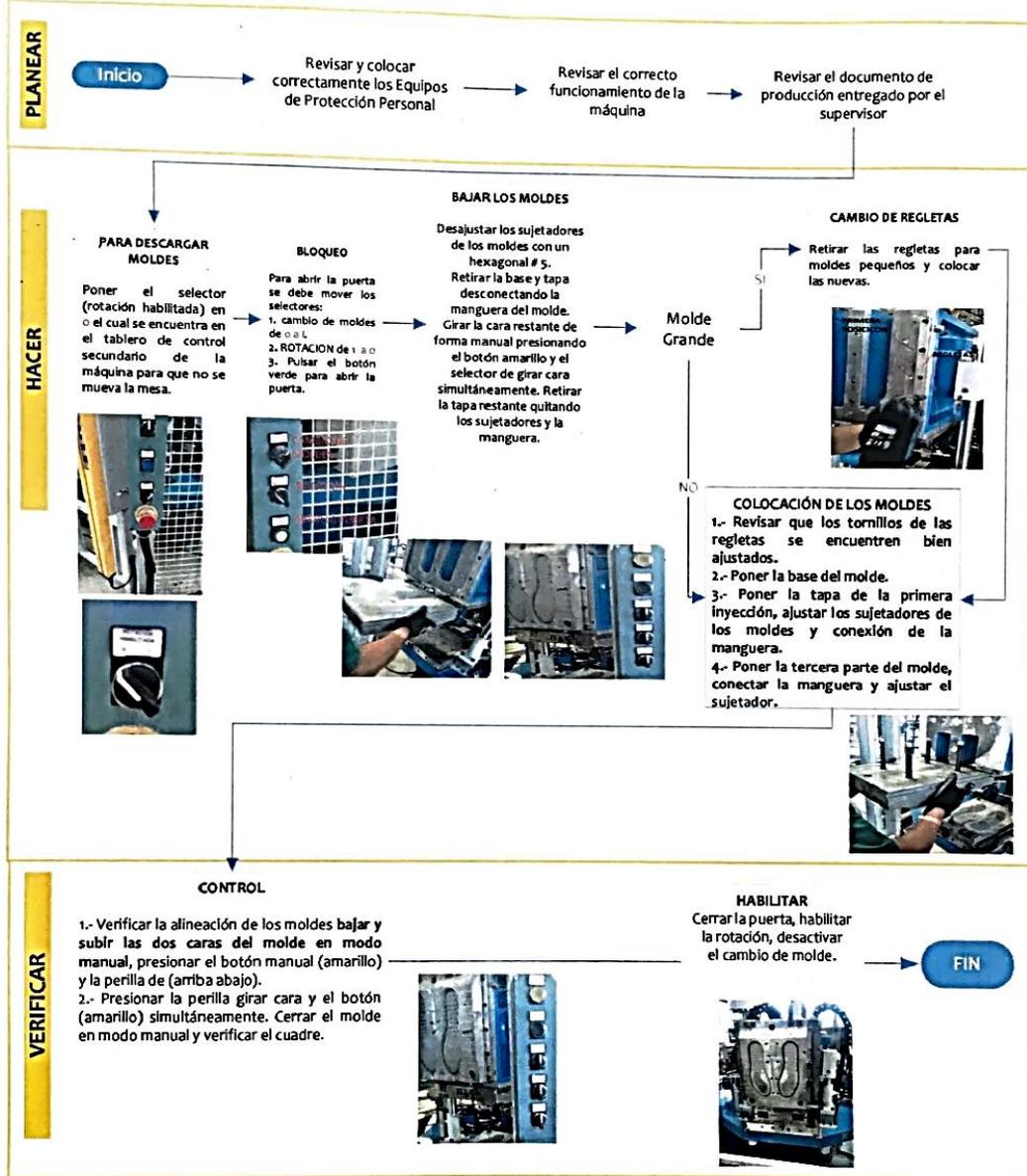
25 lb = 11.34 kg

## Anexo 12.- Instructivos del área de inyección suelas



**OBJETIVO:** Cambio de moldes cumpliendo las actividades definidas para el efecto.

**ALCANCE:** Aplica para todo tipo de molde en inyección suelas.



<b>ACTUAR</b>	<b>RIESGOS DEL PROCESO</b>	<b>FRENTE AL PROCESO, AL PRODUCTO Y A LOS RIESGOS DEL PROCESO</b>	<b>DOCUMENTOS</b>
	<p><b>Daños en el molde</b></p> <p><b>Incumplir plan de producción</b></p>	<p><i>En el caso de incumplimiento de parámetros de máquina, falta de material o producto no conforme, se debe:</i></p> <p>Comunicar al Supervisor de Producción, líder o Supervisor de Mantenimiento para la toma de correcciones y/o acciones de mejoras</p> <p><i>En el caso de riesgo de accidente por mal funcionamiento de la máquina, se debe:</i></p> <p>Detener el proceso y/o máquina, levantar Tarjeta de Aviso de Riesgos y comunicar a la línea de supervisión, para la toma de correcciones y/o acciones de mejora.</p>	N/A

COPIA CONTR  
Sistema de C

**Anexo 13.- Matriz General de Riesgos (INSHT) del área de inyección**

		EVALUACIÓN DE RIESGOS																	
<b>Area :</b> Calzido Cementado													Evaluación: Inicial: <input type="checkbox"/> Periódica: <input checked="" type="checkbox"/>						
<b>Puesto de Trabajo:</b> INYECTOR SUELAS ESCOLAR		<b>N. de Trabajadores expuestos:</b> 4			<b>H:</b> 4	<b>M:</b> 0	<b>PV:</b> 0						Fecha de evaluación: 8/1/2017						
										Fecha de última evaluación: 11/3/2019									
Actividad	Tarea	Máquina / Equipo	Riesgos asociados	Consecuencias	Medidas de control existentes			Probabilidad			Consecuencias			Estimación del Riesgo					
					En la fuente	En el medio	En la persona	B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	LN	
Inyección Suelas Escolar	Verificación de material en tolva	WT10 y WT09	Caída de personas al mismo nivel	Contusiones	Escalera con peldaños antideslizantes	Limpieza de la escalera	Dotación de EPP	X			X				T(9)				
Inyección Suelas Escolar	Verificación de material en tolva	WT10 y WT09	Atrapamiento por o entre objetos	Fracturas abiertas y/o cerradas	Tolva con tapa para evitar que le personal ingrese la mano	Señalética de advertencia	Instructivo de trabajo	X				X				TO(7)			
Inyección Suelas Escolar	Verificación de material en tolva	WT10 y WT09	Contactos térmicos	Quemaduras por altas temperaturas	Guardas laterales de protección	Señalética de advertencia	Instructivo de trabajo	X			X				T(9)				
Inyección Suelas Escolar	Limpieza de la maquinaria	WT10 y WT09	Choque contra objetos inmóviles	Contusiones	Las tareas de limpieza de la máquina se realiza cuando la misma se encuentra en detención	N/A	N/A	X			X				T(9)				
Inyección Suelas Escolar	Extracción de suelas	WT10 y WT09	Caída de personas a distinto nivel	Luxaciones, esguinces y distensiones	Tarima con piso antideslizante	Limpieza de la tarima	Dotación de EPP	X			X				T(9)				
Inyección Suelas Escolar	Extracción de suelas	WT10 y WT09	Cortes por objetos herramientas	Laceraciones	Dotación de herramientas con protección (aislantes)	N/A	Instructivo de trabajo		X		X					TO(8)			
Inyección Suelas Escolar	Extracción de suelas	WT10 y WT09	Atrapamiento por o entre objetos	Amputaciones traumáticas	Adecuación de los moldes de las suelas para evitar que las rebabas se queden adheridas al mismo	Mallas de seguridad con finales de carrera que evitan que el personal ingrese las manos para la extracción de la rebaba	Instructivo de trabajo	X					X				MO(4)		
Inyección Suelas Escolar	Extracción de suelas	WT10 y WT09	Ruido	Efectos del ruido	Mantenimiento preventivo de maquinaria	N/A	Dotación de EPP	medición con zonometro "Alcomax SONOMETRO BASICO TIPO II PYLE 250) 74 Db.							TO				
Inyección Suelas Escolar	Recuperado de PVC (moldeo)	WT10 y WT09	Proyección de fragmentos o partículas	Laceraciones	Molinos con cortina para evitar la proyección	N/A	N/A	X			X			T(9)					
Inyección Suelas Escolar	Cambio de moldes	WT10 y WT09	Caída de objetos en manipulación	Contusiones por aplastamiento	Dotación de coches de altura regulable para el posicionamiento de los moldes en la percha	N/A	Instructivo de trabajo	X				X			TO(7)				
Inyección Suelas Escolar	Cambio de moldes	WT10 y WT09	Atrapamiento por o entre objetos	Contusiones por aplastamiento	Adecuación de la percha para la ubicación de los moldes	N/A	Instructivo de trabajo	X				X			TO(7)				

Anexo 14.- Cotización de precios

**COTIZACIÓN DE PRECIOS**

Fecha:.. 10/10/2019  
 Cliente:.. Luis Byron Abril Flores  
 Ruc:..

PRODUCTO	DESCRIPCION	MPAQL	CANT.	PRECIO	%DSCTO	NETO
12350LTS500	Mesa elevadora de tijera 500 kg		2	178.57		357.14

Características	
altura de la mesa (min/máx)	390 - 910 mm
Altura hasta la empuñadura	1000 mm
Capacidad de carga	500 kg
Diámetro ruedas	125 mm
Impulsos para máxima altura	40
Medidas	1050 x 502 mm
Medidas de la mesa	852 x 502 mm
Peso	81 kg



TOTAL NETO	357.14
I.V.A. 12%	42.86
<b>TOTAL A PAGAR</b>	<b>400.00</b>

**CONDICIONES DE VENTA**

FORMA DE PAGO: CONTADO  
 ENTREGA: INMEDIATA, SEGÚN STOCK  
 VALIDEZ : 5 días a partir de la presente fecha

*Los precios se mantienen siempre y cuando no se produzcan cambios oficiales y/o toda clase de gravámenes que afecten a las importaciones los que anularán la presente cotización, dejándola sin compromiso*

**NOTA IMPORTANTE:**

*En caso de efectuar retenciones, sirvase solicitar el numero de factura o copia de la misma para la correcta elaboración del comprobante de retención de acuerdo a las exigencias del S.R.I. Considerar que la numeración de la factura se compone de 15 dígitos*

**COTIZACIÓN DE TALADRO INALAMBRICO-MERCADO LIBRE ECUADOR**

Producto	Descripción	Fotografía
Taladro Atornillador Inalámbrico Dcd700c2 Dcd700 C2 Dewalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Versatilidad y eficiencia en un diseño ultra compacto y liviano</li> <li>➤ Control y comodidad para mayor productividad y menor fatiga</li> <li>➤ Luz LED blanca y brillante, mejora la visibilidad de la aplicación</li> <li>➤ Mango ergonómico recubierto con goma, ofrece comodidad y control</li> <li>➤ Gancho para cinturón opcional, ofrece mayor portabilidad</li> </ul> <p>INCLUYE: Taladro percutor/atornillador, 2 baterías compactas de 1,5Ah de ion de litio, cargador rápido, gancho para cinturón, sujetador de puntas/brocas incorporado y maleta plástica</p>	
Costo Unitario	Cantidad	Total
\$ 110,00	2	\$ 220,00
DIRECCIÓN DE PAGINA WEB		
<a href="https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-422375756-taladro-atornillador-inalambrico-dcd700c2-dcd700-c2-dewalt-JM?quantity=1#position=5&amp;type=item&amp;tracking_id=74f28306-e208-4da9-859d-837a9e990741">https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-422375756-taladro-atornillador-inalambrico-dcd700c2-dcd700-c2-dewalt-JM?quantity=1#position=5&amp;type=item&amp;tracking_id=74f28306-e208-4da9-859d-837a9e990741</a>		

## Anexo 15.- Estudio de tiempos y movimientos de cambio de molde

		Plasticaucho Industrial S.A Estudio de Tiempos Lean Six Sigma- Inyección Suelas- Cambio molde normal										Revisión N°		0		
Elaborado Por:		Abril Flores Luis Byron					Revisado Por:					Aprobado Por:		Ing. Luis Morales		
Proceso No.	Descripción	Muestras (s)										Tiempo Estandar			Observaciones	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tprom(s)	FD	Suplemento		Ts(s)
1	Dirigirse al tablero de control	6,00	7,50	8,20	7,79	7,39	7,34	8,16	6,38	8,05	6,29	7,31	1,00	0,16	8,48	
2	Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa	1,68	3,12	2,50	2,95	2,40	2,24	3,06	2,09	3,04	2,74	2,58	1,00	0,16	3,00	
3	Colocar el botón de cambio de moldes en On	1,75	2,20	3,06	1,94	2,60	2,34	2,56	1,85	2,14	1,75	2,22	1,00	0,16	2,57	
4	Colocar el botón de rotación en Off	0,89	1,14	1,45	1,84	1,32	1,17	1,69	1,83	1,45	1,01	1,38	1,00	0,16	1,60	
5	Pulsar el botón verde para abrir la puerta	1,02	1,12	1,34	1,51	1,23	2,00	1,32	0,96	1,23	1,19	1,29	1,00	0,16	1,50	
6	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5	41,20	45,23	52,17	44,13	51,28	49,15	50,23	45,64	54,23	40,95	47,42	1,00	0,16	55,01	
7	Retirar la base	13,22	15,45	16,23	15,08	16,56	15,88	16,00	14,03	16,29	13,70	15,24	1,00	0,16	17,68	
8	Desconectar manguera del molde	4,27	5,35	5,41	4,74	5,57	5,78	5,48	4,96	5,10	4,21	5,09	1,00	0,16	5,90	
9	Retirar la tapa	8,66	11,23	11,12	9,71	12,03	13,50	10,85	9,07	10,23	9,35	10,57	1,00	0,16	12,27	
10	Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente	4,29	5,22	5,30	4,46	4,67	5,03	4,98	4,18	5,12	4,66	4,79	1,00	0,16	5,56	
11	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5	40,45	47,76	52,34	47,10	45,67	43,18	49,90	44,77	47,50	38,09	45,68	1,00	0,16	52,98	
12	Retirar los sujetadores	12,40	14,98	15,67	14,67	15,45	15,34	15,21	12,51	16,01	11,71	14,39	1,00	0,16	16,70	
13	Retirar manguera	4,48	4,33	5,20	4,78	5,27	4,87	4,93	4,40	4,87	5,10	4,82	1,00	0,16	5,59	
14	Retirar la tapa 2	8,57	11,40	10,33	10,50	10,80	11,40	9,78	10,21	12,77	8,24	10,40	1,00	0,16	12,06	
15	Transportarse al estante de los moldes	14,86	18,23	17,98	16,62	15,68	15,23	18,45	16,13	19,15	15,58	16,79	1,00	0,16	19,48	
16	Demora en buscar el molde a ser cambiado	18,97	34,12	38,90	39,12	64,45	38,97	35,89	34,46	43,00	36,30	38,42	1,00	0,16	44,56	Se mide el tiempo de cada actividad al operario 6, en las dos maquinas inyectoras, debido a que rotan en cuanto al uso de las inyectoras
17	Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante	21,89	25,44	28,76	25,30	29,80	33,45	29,54	27,20	33,15	26,33	28,09	1,00	0,16	32,58	
18	Colocar las dos tapas del molde en carro transportador	20,60	23,90	27,90	23,53	23,46	22,89	25,67	22,81	30,12	17,10	23,80	1,00	0,16	27,61	
19	Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora	6,75	8,56	9,25	8,28	8,79	8,91	10,30	6,44	7,34	5,76	8,04	1,00	0,16	9,32	
20	Transportar el molde hacia la inyectora	16,70	20,48	20,67	23,47	23,45	22,87	21,98	20,91	19,00	18,22	20,77	1,00	0,16	24,10	
21	Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados	13,46	15,56	16,34	16,00	18,90	15,34	16,78	13,55	16,34	14,04	15,63	1,00	0,16	18,13	
22	Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador	10,21	12,40	13,56	13,45	11,87	12,45	12,89	9,93	11,45	9,42	11,76	1,00	0,16	13,64	
23	Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1	38,15	47,23	43,16	41,48	30,12	46,34	47,89	38,74	46,98	38,57	41,87	1,00	0,16	48,56	
24	Conectar la manguera	4,55	2,01	5,67	4,97	5,34	5,41	5,67	3,91	4,35	4,12	4,60	1,00	0,16	5,34	
25	Poner la tercera parte del molde	10,85	13,45	14,56	12,15	14,89	12,35	13,56	11,15	14,56	11,25	12,88	1,00	0,16	14,94	
26	Conectar la manguera y ajustar el sujetador	32,60	42,36	43,17	36,47	39,99	45,14	42,37	33,30	34,56	37,57	38,75	1,00	0,16	44,95	
27	Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)	16,51	19,80	23,45	24,48	23,14	19,87	27,59	25,89	21,45	33,10	23,53	1,00	0,16	27,29	
28	Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual	23,21	27,60	29,40	25,27	26,89	27,98	31,78	25,65	28,99	28,10	27,49	1,00	0,16	31,88	
29	Verificar cuadro de molde	11,68	13,89	13,25	11,31	12,56	11,87	12,34	9,59	10,45	9,38	11,63	1,00	0,16	13,49	
30	Cerrar la puerta	3,54	3,12	4,15	3,47	3,00	3,46	4,15	2,98	3,12	2,51	3,35	1,00	0,16	3,89	
31	Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde	2,56	4,00	3,39	2,86	3,05	4,10	4,98	4,11	3,65	2,83	3,55	1,00	0,16	4,12	
32	Verificar Inyección con molde cambiado	33,42	37,89	38,67	37,59	38,60	39,67	38,87	39,16	37,50	37,01	37,84	1,00	0,16	43,89	
TOTAL (s)		449,38	546,07	582,55	537,02	576,22	565,52	584,85	508,77	573,19	496,18	541,97	1,00	0,16	628,69	
TOTAL (min)		7,49	9,10	9,71	8,95	9,60	9,43	9,75	8,48	9,55	8,27	9,03	1,00	0,16	10,48	

**Anexo 16.- Matriz de suplementos para proceso de cambio de molde**

Lista de Chequeo para suplementos de Niebel				
Empresa		Elaborado por:	Abril Byron	
Área :		Inyección suelas-cambio de molde	Fecha elaboración	
		# Trabajadores	8	
Valoración de Suplementos				
Suplementos	valor%	Existe?		Valor
		SI	NO	
<b>A Holguras constantes</b>				
Holgura personal	5	Constantes		5
Holgura por fatiga basica	4			4
<b>B Holguras Variables</b>				
1.- Holguras por estar parado	2	X		2
<b>2.- Holgura por posición anormal</b>				
a.-Un poco incomoda	0		X	0
b.-Incómoda(flexionado)	2		X	0
c.-Muy	7		X	0
<b>3.- Uso de Fuerza o energía muscular(levantar,arrastrar o empujar)</b>				
5lb	0		X	0
10lb	1		X	0
15lb	2		X	0
20lb	3		X	0
25lb	4	X		4
30lb	5		X	0
35lb	7		X	0
40lb	9		X	0
45lb	11		X	0
50lb	13		X	0
60lb	17		X	0
70lb	22		X	0
<b>4.-Mala iluminación</b>				
Un poco bajo de lo recomenda	0		X	0
bastante debajo de lo recomend	2		X	0
c.- Muy inadecuada	5		X	0
5.-Condiciones atmosfericas	0-100			0
<b>6.-Atención cercana</b>				
a.-Trabajo bastante fino	0	X		0
b.-Trabajo fino o exacto	2		X	0
c.-Trabajo muy fino o exacto	5		X	0
<b>7.-Nivel del Ruido</b>				
a.-Continuo	0	X		0
b.-Intermitente:fuerte	2		X	0
c.-Intermitente:muy fuerte	5		X	0
d.-De tono alto:fuerte	5		X	0
<b>8.-Esfuerzo mental</b>				
a.-Proceso bastante complejo	1	X		1
b.-Espacio de atención	4		X	0
c.-Muy complejo	8		X	0
<b>9.-Monotonía</b>				
a.-Baja	0	X		0
b.-Media	1		X	0
c.-Alta	4		X	0
<b>10.-Tedio</b>				
a.-Algo tedioso	0	X		0
b.-Tedioso	2		X	0
c.-Muy tedioso	5		X	0
<b>Total de suplementos %</b>				<b>16</b>

## Anexo 17.- Estudio de tiempos de mejoras con SMED, en las actividades mejoradas

		Plasticaucho Industrial S.A Estudio de Tiempos Lean Six Sigma- Inyección Suelas- Cambio molde normal parámetros de prueba mediante utilización de herramientas propuestas										Revisión N°		0		
Elaborado Por:		Abril Flores Luis Byron				Revisado Por:				Aprobado Por:		Ing. Luis Morales				
Proceso No.	Descripción	Muestras (s)										Tiempo Estandar				Observaciones
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tprom (s)	FD	Suplemento	Ts (s)	
6	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5	18,46	23,02	16,56	25,67	19,00	21,13	24,43	17,47	18,66	15,15	19,95	1,00	0,16	23,15	Tiempos de actividades propuestas mediante herramientas de la Planta de Plástico
11	Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5	17,12	18,05	17,06	15,97	17,33	18,06	17,60	16,77	17,60	19,25	17,48	1,00	0,16	20,28	
16	Demora en buscar el molde a ser cambiado	23,15	20,45	23,56	22,17	19,45	24,67	25,70	21,67	23,44	23,80	22,81	1,00	0,16	26,45	
23	Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1	20,68	18,95	21,02	19,47	20,72	19,84	19,52	18,92	19,57	23,44	20,21	1,00	0,16	23,45	
26	Conectar la manguera y ajustar el sujetador	22,68	20,89	19,45	21,78	20,47	21,26	20,14	21,14	22,04	21,35	21,12	1,00	0,16	24,50	

### Observaciones

- Los tiempos fueron tomados en la planta de calzado cementado mediante el uso del taladro inalámbrico obtenido de la planta de plástico de la empresa, con la finalidad de determinar las mejoras establecidas.
- Se hizo pruebas, al colocar pedazos de hoja con los nombres de las suelas para identificarlas de manera rápida.

**Anexo 18.-** Matriz de condiciones de inyección para suela Kelly negro violeta para WT09 Y WT10 (Plasticaucho Industrial S.A.)

	CONDICIONES DE MÁQUINA - WT09, WT10															Aprobado Por:		Jefe de Planta				
																Elaborado Por:		Jefe de Sección				
																Fecha de actualización:		7/6/2019				
<b>SUELA KELLY (BICOLOR 2,1 - 1 GIRO)</b>																						
Talla	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	Tolerancia
PISO (CAÑON 2)																						
Volumen de inyección (cc)	85	87	100	116	116	117	117	117	120	125	125	160	164	164								+/- 10
Velocidad de inyección (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100								N/A
Tiempo de inyección (s)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3								+0,3; -0,1
Presión de inyección (P)	50	50	52	52	52	55	55	55	55	55	58	58	60	60								+/- 5
Caudal de inyección (Q)	55	55	57	57	57	57	58	58	58	58	61	61	60	60								+/-5
Tiempo de apoyo (s)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								+1
BANDELETA (CAÑON 1)																						
Volumen de inyección (cc)	120	120	180	180	180	212	212	212	225	225	250	250	250	296								+/-10
Velocidad de inyección (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100								N/A
Tiempo de inyección (s)	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3								+0,3; -0,1
Presión de inyección (P)	62	62	62	62	62	62	62	68	68	68	68	68	68	68								+/-5
Caudal de inyección (Q)	61	61	61	60	60	60	60	67	67	67	67	67	67	67								+/-5
Tiempo de apoyo (s)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								N/A
Tiempo de retardo a la apertura (s)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20								+/-2

**Nota:** las líneas amarillas representan las tallas de la suela modelo Kelly bicolor negro violeta, además las líneas de color verde representan los tiempos que se ejecutan en la máquina para inyectar las suelas hasta el momento que salen.

**Anexo 19.-** Información complementaria de fase de inyección máquinas WT09 Y WT10 [70].

Máquina	Marca	Modelo	Código Fabricante	Año de fabricación
Inyectora WT09	WINTECH_BORA DUE 130T 3ST	WS202 BORADUE	WSR2020439	2017
Inyectora WT10	WINTECH_BORA DUE 130T 3ST	WS202 BORADUE	WSR2020438	2017

Las dos inyectoras cuentan con el mismo sistema HMI, en donde se ingresan los parámetros de inyección, obtenido del Manual de usuario de las máquinas Wintech por la empresa Plasticaucho Industrial S.A. consiguiendo lo siguiente:

**MANUAL DE INYECCION WS202-FASE DE INYECCION HMI-WT09 Y WT10-PARA INYECTOR 1 E INYECTOR 2**

**A** = Permite pasar a la estación precedente.

**B** = Permite pasar a la estación sucesiva

**C** = Indica y permite impostar manualmente el número de la estación donde se están modificando los datos

**D** = Indica el número del inyector al que pertenecen los datos.

**E** = Indica el volumen de carga expresado en [cc], es posible modificarlo con las flechas a sus lados.

<b>F</b> = Indica el número de los pasos (max 6) con los cuales se divide la inyección, es posible modificarlo con las flechas a sus lados.
<b>G</b> = Permite acceder a la fase precedente del inyector.
<b>H</b> = Permite acceder a la fase sucesiva del inyector.
<b>I</b> = Indica y permite modificar el volumen de inyección y la acción a realizar cuando el “volumen programado” sea alcanzado.
<b>L</b> = indica y permite programar el tiempo máximo de duración de la fase de acción cuando el evento “tiempo máximo” es alcanzado
<b>Nota:</b> Se inicia el conteo del tiempo al inicio de cada fase.
<b>M</b> = Indica y permite modificar el límite de presión máxima establecida para la fase. Este campo puede no estar presente de acuerdo a la configuración hidráulica de la máquina.
<b>N</b> = Indica y permite modificar el límite de velocidad de inyección máxima en % para la fase establecida. Este campo puede no estar presente de acuerdo a la configuración hidráulica de la máquina
<b>O</b> = Indica y permite modificar las acciones asociadas al evento de conexión con el micro del molde, la conexión del micro en el molde es el evento con el cual se termina la fase.
<b>P</b> = Indica y permite configurar la inyección en el agujero de inyección lateral.
<b>Q</b> = Indica y permite modificar el tiempo de apoyo del inyector en segundos.

**Anexo 20.-** Estudio de tiempos de ciclo del proceso de inyección WT09 Y WT10

			
Estudio de tiempos de producción-Inyección suelas			
Actividad		Inyectar suela y retirar rebaba, en las dos inyectoras WT09 Y WT10 la suela Kelly negro violeta operador 6 con 3 estaciones	
Elaborado por		Abril Byron	
Aprobado por		Ing. Luis Morales	
Revisado Por			
N°	T (s) WT09	N°	T (s) WT10
1	52,34	16	38,50
2	40,56	17	55,67
3	35,56	18	45,78
4	38,23	19	36,40
5	51,89	20	34,56
6	38,67	21	48,70
7	35,43	22	52,34
8	39,12	23	50,12
9	39,58	24	46,12
10	43,12	25	45,34
11	37,43	26	38,56
12	54,18	27	39,40
13	38,48	28	37,09
14	44,48	29	40,67
15	50,85	30	34,15
Tiempo Estándar			
T prom (s)		42,78	
Cp prom(par/min)		1,40	
Factor desempeño		1,00	
Suplemento		0,18	
T estándar (s)		50,48	
T estándar (min)		0,84	
Desviación Estándar(s)		6,52	
Cp estándar (pares/minuto)		1,19	

**Anexo 21.- Matriz de suplementos de Niebel para proceso inyección**

Lista de Chequeo para suplementos de Niebel				
Empresa		Elaborado por:	Abril Flores Luis Byron	
		Fecha elaboración		
Área :	Inyección de Suelas de Calzado	# Trabajadores	8	
Valoración de Suplementos				
Suplementos	valor%	Existe?		Valor
		SI	NO	
<b>A Holguras constantes</b>				
Holgura personal	5	Constantes		5
Holgura por fatiga basica	4			4
<b>B Holguras Variables</b>				
1.- Holguras por estar parado	2	X		2
<b>2.- Holgura por posición anormal</b>				
a.-Un poco incomoda	0	X		0
b.-Incómoda(flexionado)	2		X	0
c.-Muy incomoda(acostado,estirado)	7		X	0
<b>3.- Uso de Fuerza o energía muscular(levantar,arrastrar o empujar)</b>				
5lb	0		X	0
10lb	1		X	0
15lb	2		X	0
20lb	3		X	0
25lb	4		X	0
30lb	5		X	0
35lb	7		X	0
40lb	9		X	0
45lb	11		X	0
50lb	13		X	0
60lb	17		X	0
70lb	22		X	0
<b>4.-Mala iluminación</b>				
a.-Un poco bajo de lo recomendado	0		X	0
b.-Bastante debajo de lo recomienda	2		X	0
c.- Muy inadecuada	5		X	0
5.-Condiciones atmosfericas	0-100		X	0
<b>6.-Atención cercana</b>				
a.-Trabajo bastante fino	0	X		0
b.-Trabajo fino o exacto	2		X	0
c.-Trabajo muy fino o exacto	5		X	0
<b>7.-Nivel del Ruido</b>				
a.-Continuo	0	X		0
b.-Intermitente:fuerte	2		X	0
c.-Intermitente:muy fuerte	5		X	0
d.-De tono alto:fuerte	5		X	0
<b>8.-Esfuerzo mental</b>				
a.-Proceso bastante complejo	1	X		1
b.-Espacio de atención compleja o amplia	4		X	0
c.-Muy complejo	8		X	0
<b>9.-Monotonía</b>				
a.-Baja	0		X	0
b.-Media	1		X	0
c.-Alta	4	X	X	4
<b>10.-Tedio</b>				
a.-Algo tedioso	0		X	0
b.-Tedioso	2	X		2
c.-Muy tedioso	5		X	0
<b>Total de suplementos %</b>				<b>18</b>

Anexo 22.- Modelos para cada proceso obtenido de Experfit

Imagen	Descripción																		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Relative Evaluation of Candidate Models</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Model</th> <th style="width: 10%;">Relative Score</th> <th style="width: 60%;">Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1 - Gamma</td> <td rowspan="3">94.35</td> <td>Location 0.00000</td> </tr> <tr> <td>Scale 4.13321</td> </tr> <tr> <td>Shape 133.36946</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">2 - Erlang</td> <td rowspan="3">92.74</td> <td>Location 0.00000</td> </tr> <tr> <td>Scale 4.14470</td> </tr> <tr> <td>Shape 133</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3 - Erlang(E)</td> <td rowspan="3">91.13</td> <td>Location 0.84410</td> </tr> <tr> <td>Scale 4.23385</td> </tr> <tr> <td>Shape 130</td> </tr> </tbody> </table> <p>32 models are defined with scores between 0.00 and 94.35</p> <hr/> <p><b>Absolute Evaluation of Model 1 - Gamma</b></p> <p>Evaluation: Good            Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.            See Help for more information.</p> <hr/> <p><b>Additional Information about Model 1 - Gamma</b></p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean                      0</p> </div>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Gamma	94.35	Location 0.00000	Scale 4.13321	Shape 133.36946	2 - Erlang	92.74	Location 0.00000	Scale 4.14470	Shape 133	3 - Erlang(E)	91.13	Location 0.84410	Scale 4.23385	Shape 130	<p>Evaluación de modelos de distribución para el proceso de cambio de molde actual</p>
Model	Relative Score	Parameters																	
1 - Gamma	94.35	Location 0.00000																	
		Scale 4.13321																	
		Shape 133.36946																	
2 - Erlang	92.74	Location 0.00000																	
		Scale 4.14470																	
		Shape 133																	
3 - Erlang(E)	91.13	Location 0.84410																	
		Scale 4.23385																	
		Shape 130																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Relative Evaluation of Candidate Models</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Model</th> <th style="width: 10%;">Relative Score</th> <th style="width: 60%;">Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1 - Log-Logistic</td> <td rowspan="3">100.00</td> <td>Location 0.00000</td> </tr> <tr> <td>Scale 42.84832</td> </tr> <tr> <td>Shape 11.34856</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">2 - Log-Logistic(E)</td> <td rowspan="3">96.77</td> <td>Location 0.00307</td> </tr> <tr> <td>Scale 42.84524</td> </tr> <tr> <td>Shape 11.34773</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3 - Erlang(E)</td> <td rowspan="3">91.13</td> <td>Location 0.05508</td> </tr> <tr> <td>Scale 1.00366</td> </tr> <tr> <td>Shape 43</td> </tr> </tbody> </table> <p>32 models are defined with scores between 0.00 and 100.00</p> <hr/> <p><b>Absolute Evaluation of Model 1 - Log-Logistic</b></p> <p>Evaluation: Good            Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.            See Help for more information.</p> <hr/> <p><b>Additional Information about Model 1 - Log-Logistic</b></p> <p>"Error" in the model mean relative to the sample mean                      -0.18814 = 0.44%</p> </div>	Model	Relative Score	Parameters	1 - Log-Logistic	100.00	Location 0.00000	Scale 42.84832	Shape 11.34856	2 - Log-Logistic(E)	96.77	Location 0.00307	Scale 42.84524	Shape 11.34773	3 - Erlang(E)	91.13	Location 0.05508	Scale 1.00366	Shape 43	<p>Evaluación de modelos de distribución para el proceso de inyección</p>
Model	Relative Score	Parameters																	
1 - Log-Logistic	100.00	Location 0.00000																	
		Scale 42.84832																	
		Shape 11.34856																	
2 - Log-Logistic(E)	96.77	Location 0.00307																	
		Scale 42.84524																	
		Shape 11.34773																	
3 - Erlang(E)	91.13	Location 0.05508																	
		Scale 1.00366																	
		Shape 43																	

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	96.77	Lower endpoint	36.60029
		Upper endpoint	681.28360
		Shape #1	26.81834
		Shape #2	25.92229
2 - Johnson SB	93.55	Lower endpoint	34.87794
		Upper endpoint	681.16527
		Shape #1	-0.14545
		Shape #2	3.60422
3 - Log-Logistic	90.32	Location	0.00000
		Scale	363.48190
		Shape	14.50697

32 models are defined with scores between 0.00 and 96.77

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

See Help for more information.

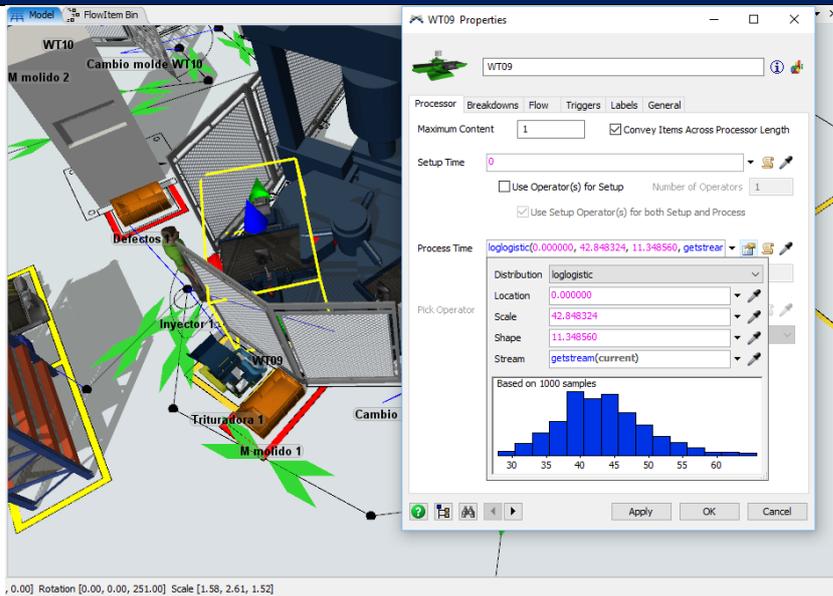
Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean  
relative to the sample mean      -0.00705 = 0.00%

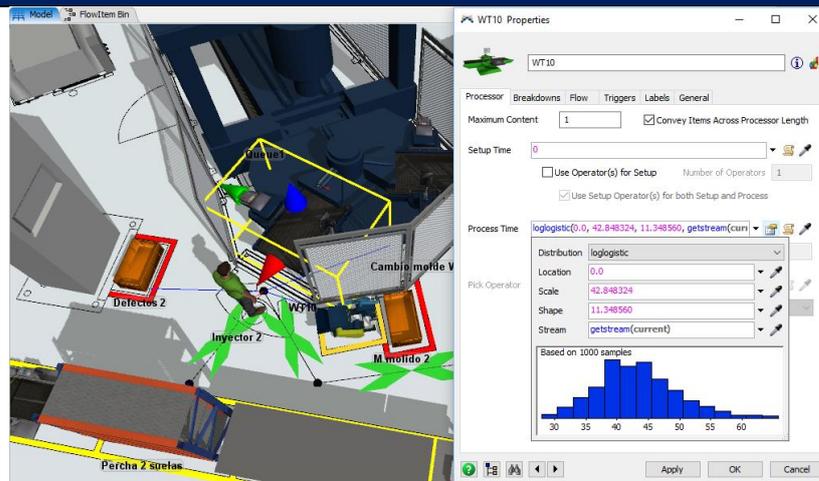
Evaluación de  
modelos de  
distribución para el  
proceso de cambio  
de molde propuesto  
con mejora SMED

## Anexo 23.- Configuración de los processor con distribución

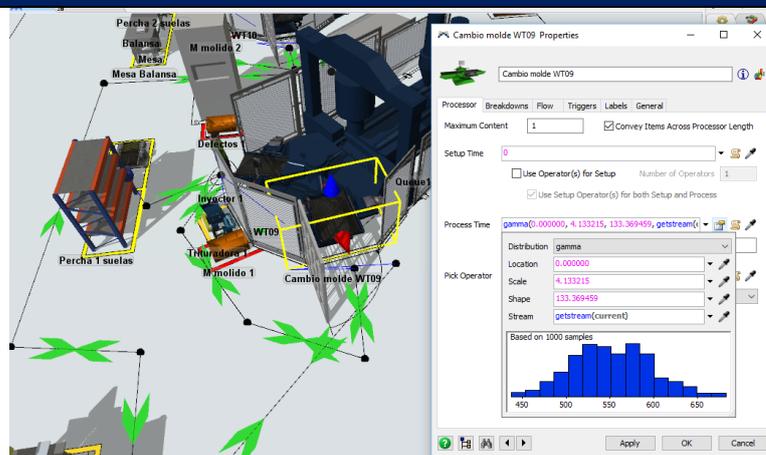
### Distribución para proceso inyección en WT09



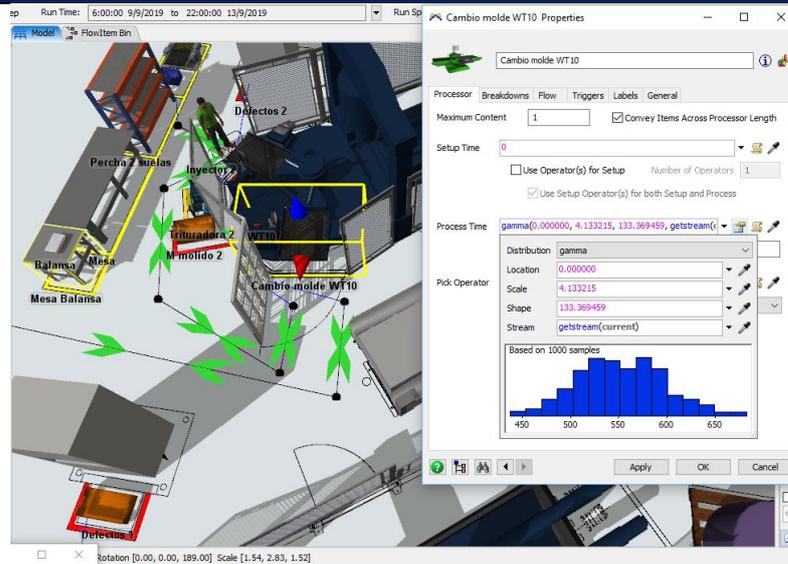
### Distribución para proceso inyección en WT10



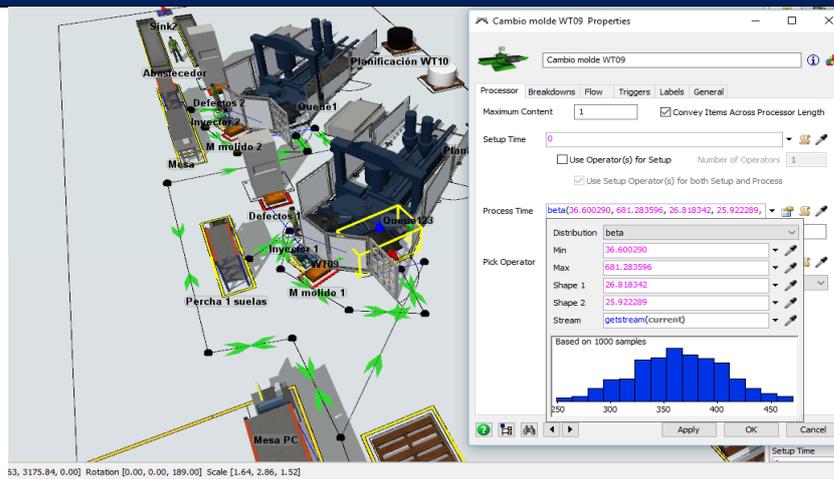
### Distribución para el proceso de cambio de molde actual WT09



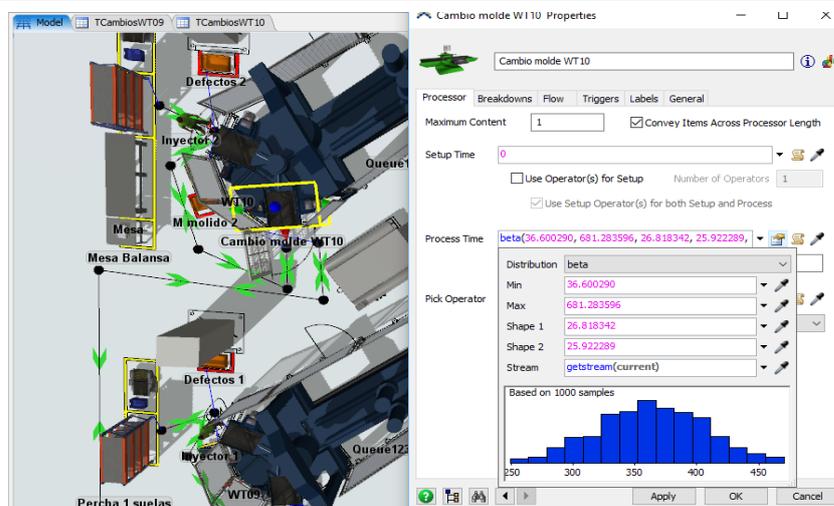
## Distribución para el proceso de cambio de molde actual WT10



## Distribución para el proceso de cambio de molde mejora con SMED WT09



## Distribución para el proceso de cambio de molde mejora con SMED WT10



**Anexo 24.- Tiempos de cambio de molde actual-FlexSim 2019**

TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDE ACTUAL-FLEXSIM								
	T modelo(s)	Descripción	T (s)	T (min)	T modelo(s)	Descripción	T (s)	T (min)
1	3618,43	Cambio molde WT09	535,25	8,92	3655,69	Cambio molde WT10	612,52	10,21
	4153,68	T final cambio			4268,21	T final cambio		
2	4192,64	Cambio molde WT09	555,77	9,26	4308,01	Cambio molde WT10	573,80	9,56
	4748,41	T final cambio			4881,81	T final cambio		
3	4787,37	Cambio molde WT09	502,79	8,38	4920,76	Cambio molde WT10	575,01	9,58
	5290,16	T final cambio			5495,77	T final cambio		
4	5328,40	Cambio molde WT09	548,97	9,15	5533,99	Cambio molde WT10	580,86	9,68
	5877,37	T final cambio			6114,85	T final cambio		
5	5916,33	Cambio molde WT09	484,35	8,07	6152,11	Cambio molde WT10	645,40	10,76
	6400,68	T final cambio			6797,51	T final cambio		
6	6437,95	Cambio molde WT09	570,21	9,50	6834,77	Cambio molde WT10	581,57	9,69
	7008,16	T final cambio			7416,34	T final cambio		
7	32437,27	Cambio molde WT09	555,59	9,26	32475,50	Cambio molde WT10	556,35	9,27
	32992,86	T final cambio			33031,85	T final cambio		
8	33031,82	Cambio molde WT09	573,96	9,57	33069,11	Cambio molde WT10	576,36	9,61
	33605,78	T final cambio			33645,47	T final cambio		
9	33643,06	Cambio molde WT09	649,49	10,82	33685,27	Cambio molde WT10	528,42	8,81
	34292,55	T final cambio			34213,69	T final cambio		
10	34329,82	Cambio molde WT09	611,06	10,18	34262,56	Cambio molde WT10	540,86	9,01
	34940,88	T final cambio			34803,42	T final cambio		
11	34979,84	Cambio molde WT09	631,45	10,52	34843,22	Cambio molde WT10	623,15	10,39
	35611,29	T final cambio			35466,37	T final cambio		
12	35650,25	Cambio molde WT09	568,81	9,48	35506,16	Cambio molde WT10	529,15	8,82
	36219,06	T final cambio			36035,31	T final cambio		
13	86400,53	Cambio molde WT09	580,10	9,67	86437,79	Cambio molde WT10	574,84	9,58
	86980,63	T final cambio			87012,63	T final cambio		
14	87017,90	Cambio molde WT09	546,33	9,11	87056,13	Cambio molde WT10	634,06	10,57
	87564,23	T final cambio			87690,19	T final cambio		
15	87604,04	Cambio molde WT09	489,85	8,16	87729,13	Cambio molde WT10	535,37	8,92
	88093,89	T final cambio			88264,50	T final cambio		
16	88131,16	Cambio molde WT09	554,89	9,25	88302,72	Cambio molde WT10	680,98	11,35
	88686,05	T final cambio			88983,70	T final cambio		
17	88723,32	Cambio molde WT09	586,76	9,78	89021,92	Cambio molde WT10	558,60	9,31
	89310,08	T final cambio			89580,52	T final cambio		
18	89347,35	Cambio molde WT09	593,86	9,90	89617,77	Cambio molde WT10	506,14	8,44
	89941,21	T final cambio			90123,91	T final cambio		
19	90037,27	Cambio molde WT09	582,19	9,70	90161,16	Cambio molde WT10	484,17	8,07
	90619,46	T final cambio			90645,33	T final cambio		
20	90657,70	Cambio molde WT09	547,61	9,13	90697,50	Cambio molde WT10	483,39	8,06
	91205,31	T final cambio			91180,89	T final cambio		
21	91267,89	Cambio molde WT09	493,87	8,23	91230,62	Cambio molde WT10	595,04	9,92
	91761,76	T final cambio			91825,66	T final cambio		
22	91790,07	Cambio molde WT09	460,50	7,68	91864,61	Cambio molde WT10	537,30	8,96
	92250,57	T final cambio			92401,91	T final cambio		
23	92288,81	Cambio molde WT09	581,44	9,69	92440,14	Cambio molde WT10	587,00	9,78
	92870,25	T final cambio			93027,14	T final cambio		
24	92907,52	Cambio molde WT09	566,26	9,44	93066,09	Cambio molde WT10	563,32	9,39
	93473,78	T final cambio			93629,41	T final cambio		
25	118839,81	Cambio molde WT09	531,39	8,86	118878,76	Cambio molde WT10	514,27	8,57
	119371,20	T final cambio			119393,03	T final cambio		
26	119409,44	Cambio molde WT09	534,10	8,90	119446,69	Cambio molde WT10	651,99	10,87
	119943,54	T final cambio			120098,68	T final cambio		
27	119981,78	Cambio molde WT09	561,00	9,35	120137,63	Cambio molde WT10	543,31	9,06
	120542,78	T final cambio			120680,94	T final cambio		
28	120581,02	Cambio molde WT09	523,43	8,72	120719,88	Cambio molde WT10	538,21	8,97
	121104,45	T final cambio			121258,09	T final cambio		
29	121144,26	Cambio molde WT09	630,56	10,51	121297,04	Cambio molde WT10	518,70	8,65
	121774,82	T final cambio			121815,74	T final cambio		
30	121814,63	Cambio molde WT09	559,82	9,33	121853,00	Cambio molde WT10	486,23	8,10
	122374,45	T final cambio			122339,23	T final cambio		

**Anexo 25.- Tiempos de cambio de molde mejora SMED-FlexSim 2019**

TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDE MEJORA SMED - FLEXSIM								
	T modelo(s)	Descripción	T (s)	T (min)	T modelo(s)	Descripción	T (s)	T (min)
1	3618,80	Cambio molde WT09	374,66	6,24	3657,56	Cambio molde WT10	411,15	6,85
	3993,46	T final cambio			4068,71	T final cambio		
2	4064,78	Cambio molde WT09	381,08	6,35	4107,66	Cambio molde WT10	368,05	6,13
	4445,86	T final cambio			4475,71	T final cambio		
3	4511,43	Cambio molde WT09	438,35	7,31	4512,97	Cambio molde WT10	398,79	6,65
	4949,78	T final cambio			4911,76	T final cambio		
4	4988,74	Cambio molde WT09	398,14	6,64	4951,55	Cambio molde WT10	411,52	6,86
	5386,88	T final cambio			5363,07	T final cambio		
5	5425,12	Cambio molde WT09	393,59	6,56	5402,02	Cambio molde WT10	284,41	4,74
	5818,71	T final cambio			5686,43	T final cambio		
6	5857,67	Cambio molde WT09	407,22	6,79	5742,27	Cambio molde WT10	348,79	5,81
	6264,89	T final cambio			6091,06	T final cambio		
7	32429,88	Cambio molde WT09	400,63	6,68	32474,53	Cambio molde WT10	453,89	7,56
	32830,51	T final cambio			32928,42	T final cambio		
8	32869,47	Cambio molde WT09	370,80	6,18	32966,64	Cambio molde WT10	329,55	5,49
	33240,27	T final cambio			33296,19	T final cambio		
9	33279,23	Cambio molde WT09	426,81	7,11	33335,14	Cambio molde WT10	392,19	6,54
	33706,04	T final cambio			33727,33	T final cambio		
10	33745,85	Cambio molde WT09	401,53	6,69	33785,37	Cambio molde WT10	321,24	5,35
	34147,38	T final cambio			34106,61	T final cambio		
11	34184,66	Cambio molde WT09	291,41	4,86	34155,48	Cambio molde WT10	351,18	5,85
	34476,07	T final cambio			34506,66	T final cambio		
12	34504,38	Cambio molde WT09	351,06	5,85	34544,89	Cambio molde WT10	376,87	6,28
	34855,44	T final cambio			34921,76	T final cambio		
13	86400,53	Cambio molde WT09	312,22	5,20	86437,79	Cambio molde WT10	383,71	6,40
	86712,75	T final cambio			86821,50	T final cambio		
14	86750,02	Cambio molde WT09	377,24	6,29	86861,29	Cambio molde WT10	465,90	7,77
	87127,26	T final cambio			87327,19	T final cambio		
15	87167,07	Cambio molde WT09	362,53	6,04	87364,45	Cambio molde WT10	374,40	6,24
	87529,60	T final cambio			87738,85	T final cambio		
16	87568,56	Cambio molde WT09	368,87	6,15	87777,07	Cambio molde WT10	382,55	6,38
	87937,43	T final cambio			88159,62	T final cambio		
17	87976,39	Cambio molde WT09	415,64	6,93	88196,88	Cambio molde WT10	409,94	6,83
	88392,03	T final cambio			88606,82	T final cambio		
18	88430,27	Cambio molde WT09	451,01	7,52	88644,08	Cambio molde WT10	383,96	6,40
	88881,28	T final cambio			89028,04	T final cambio		
19	90038,24	Cambio molde WT09	377,16	6,29	90076,47	Cambio molde WT10	398,54	6,64
	90415,40	T final cambio			90475,01	T final cambio		
20	90485,79	Cambio molde WT09	315,82	5,26	90514,80	Cambio molde WT10	370,71	6,18
	90801,61	T final cambio			90885,51	T final cambio		
21	90872,75	Cambio molde WT09	411,43	6,86	90939,39	Cambio molde WT10	379,10	6,32
	91284,18	T final cambio			91318,49	T final cambio		
22	91323,99	Cambio molde WT09	389,61	6,49	91355,75	Cambio molde WT10	390,90	6,51
	91713,60	T final cambio			91746,65	T final cambio		
23	91753,41	Cambio molde WT09	344,15	5,74	91784,88	Cambio molde WT10	404,61	6,74
	92097,56	T final cambio			92189,49	T final cambio		
24	92134,83	Cambio molde WT09	371,60	6,19	92229,29	Cambio molde WT10	347,22	5,79
	92506,43	T final cambio			92576,51	T final cambio		
25	118829,03	Cambio molde WT09	412,93	6,88	118875,50	Cambio molde WT10	353,80	5,90
	119241,96	T final cambio			119229,30	T final cambio		
26	119281,77	Cambio molde WT09	377,18	6,29	119295,59	Cambio molde WT10	279,75	4,66
	119658,95	T final cambio			119575,34	T final cambio		
27	119698,76	Cambio molde WT09	388,60	6,48	119625,06	Cambio molde WT10	431,61	7,19
	120087,36	T final cambio			120056,67	T final cambio		
28	120126,54	Cambio molde WT09	343,71	5,73	120094,89	Cambio molde WT10	433,42	7,22
	120470,25	T final cambio			120528,31	T final cambio		
29	120499,28	Cambio molde WT09	417,50	6,96	120588,29	Cambio molde WT10	398,18	6,64
	120916,78	T final cambio			120986,47	T final cambio		
30	120955,02	Cambio molde WT09	311,40	5,19	121030,08	Cambio molde WT10	424,74	7,08
	121266,42	T final cambio			121454,82	T final cambio		

**Anexo 26.- Check List de ejecución de actividades**

Check List de ejecución de actividades del proceso de cambio de molde				
Actividad	Responsable	Observación	Se ejecuta las actividades en orden	
			SI	NO
Transportarse al estante de los moldes	Abastecedor	Debe utilizar el carro transportador adecuado para los moldes		
Demora en buscar el molde a ser cambiado				
Presionar gato hidráulico del carro transportador hasta la altura adecuada del estante				
Colocar las dos tapas del molde en carro transportador				
Presionar gato hidráulico hasta la altura adecuada para la inyectora				
Transportar el molde hacia la inyectora				
Dirigirse al tablero de control	Inyector Suelas	Debe utilizar el taladro inalámbrico de ajuste		
Colocar el selector en modo inhabilitado la mesa				
Colocar el botón de cambio de moldes en On				
Colocar el botón de rotación en Off				
Pulsar el botón verde para abrir la puerta				
Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 1 con un hexagonal #5				
Retirar la base				
Desconectar manguera del molde				
Retirar la tapa				
Girar la cara restante presionando el botón amarillo y el selector de girar cara simultáneamente				
Desajustar los sujetadores de los moldes de la cara 2 con un hexagonal #5				
Retirar los sujetadores				
Retirar manguera				
Retirar la tapa 2				
Revisar los tornillos de las regletas se encuentren bien ajustados	Inyector Suelas	Debe utilizar el taladro inalámbrico de ajuste		
Poner la tapa de la primera inyección desde el carro transportador				
Ajustar los sujetadores del molde de la cara 1				
Conectar la manguera				
Poner la tercera parte del molde				
Conectar la manguera y ajustar el sujetador				
Verificar la alineación de los moldes (Bajar y subir las dos caras del molde en modo manual, botón amarillo y perilla abajo)				
Presionar la perilla cara y el botón amarillo simultáneamente en modo manual				
Verificar cuadro de molde				
Cerrar la puerta				
Habilitar la rotación y desactivar el cambio de molde				
Verificar Inyección con molde cambiado				

**Anexo 27.-** Check List de herramientas de inicio de turno

	<b>Check list de materiales -inyección suelas calzado cementado</b>				<b>N°</b>	0
<b>Máquina:</b>			<b>Fecha:</b>			
<b>Nombre de registrador:</b>						
<b>Turno:</b>	Mañana		Tarde		Velada	
<b>Herramientas</b>	Se encuentran en el puesto de trabajo		Se encuentran en el puesto de trabajo		Se encuentran en el puesto de trabajo	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Taladro inalámbrico						
Hexagonal #5						
Carro transportador de moldes						
<b>MOLDES</b>	Se encuentra en orden los moldes		Se encuentra en orden los moldes		Se encuentra en orden los moldes	
Kelly						
Smith						
Surin						
Classic						
Azalea						
<b>Observaciones</b>						