



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA A TRAVÉS  
DE LA METODOLOGÍA KAIZEN EN EL PROCESO  
PRODUCTIVO DE INYECCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN  
LA EMPRESA TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S.A.”**

**Trabajo de titulación:**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES:** OBANDO TREJOS KAREN MISHHELL

ACURIO VILLACRES EDWIN ARTURO

**DIRECTOR:** Ing. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE

Riobamba–Ecuador

2020

**©2020, Karen Mishell Obando Trejos & Edwin Arturo Acurio Villacres**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, KAREN MISHHELL OBANDO TREJOS y EDWIN ARTURO ACURIO VILLACRES, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 6 de julio del 2020



---

**Karen Mishell Obando Trejos**  
Cédula de identidad: 040186284-2



---

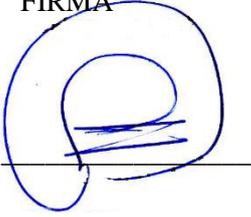
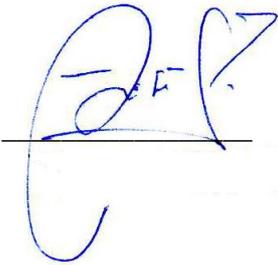
**Edwin Arturo Acurio Villacrés**  
Cédula de identidad: 080351680-6

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Técnico, OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA KAIZEN EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE INYECCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN LA EMPRESA TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S.A., realizado por los señores: KAREN MISHHELL OBANDO TREJOS Y EDWIN ARTURO ACURIO VILLACRES, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2020-07-06
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2020-07-06
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2020-07-06

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico de manera especial a Dios quien es mi fortaleza y fuerza para enfrentar los obstáculos de la vida; sin embargo, nada hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres, ellos son mi fuente de inspiración para ser mejor cada día, aportan en mí esas ganas de luchar y continuar a pesar de las dificultades, su ejemplo de trabajo honesto forja ese deseo de salir adelante. A mi hermana quien representa un pilar fundamental para mí carrera profesional, ya que desde niña ha sido mi mejor amiga y confidente. A Matías Obando quien pone luz y energía a todos mis días con su sonrisa, sus ingenuidades de niño hacen parecer que todos los problemas pueden ser fácilmente resueltos. A Kevin Obando quien iluminó mis días con su grata compañía. A mis abuelitos que con sus abrazos me llenan de cariño, mimos y consejos. A aquellas personas que no se pueden mencionar, pero fueron parte de grandes momentos para mi vida universitaria escuchándome, riéndonos, cuidándome, acogiéndome en sus hogares, entre otras cosas, apoyándome y guiándome hasta alcanzar mi anhelada meta, de esta manera se han convertido en mi segunda familia.

*Karen*

Este trabajo se lo dedico a Dios por ser el pilar más importante a lo largo de toda mi vida, por ser quien ha puesto en mi camino a los padres tan generosos, comprensibles y pacientes Jaime Arturo Acurio Manzano y Sonia Cecilia Villacrés Escobar también el agradecimiento sincero a mis hermanos Andrés, Diana, Bryan por ver en mí una persona que puede superar los obstáculos que se presenten, y a todas las personas que aportaron con su granito de arena en los momentos que más se los necesito sin esperar nada a cambio.

*Edwin*

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento en primer lugar radica en Dios por permitirnos culminar una nueva etapa de la vida con salud, sabiduría, fuerza y sobre todo por su infinita bondad.

No obstante, cabe recalcar que el presente trabajo de titulación fue posible gracias a la ayuda de nuestro tutor Mg. Iván Acosta que con sus conocimientos y experiencia nos brindó los lineamientos precisos para establecer una investigación acorde de la carrera de Ingeniería Industrial, igualmente al Mg. Ángel Guamán Lozano por sus tan acertados consejos compartidos.

Finalmente, a la empresa “Textiles Industriales Ambateños S.A.” quienes con toda amabilidad nos han permitido desarrollar nuestro trabajo de titulación dotándonos de toda la información requerida, de manera especial al Ing. Paulo Albán jefe de producción de la Planta de Inyección por ser un gran líder y amigo quien además nos otorgó todos los recursos necesarios para realizar de manera eficiente y eficaz los estudios a nuestro cargo.

***Karen; Edwin***

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Justificación.....	4
1.3.1 <i>Justificación teórica</i> .....	4
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i> .....	5
1.3.3 <i>Justificación práctica</i> .....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 <i>General</i> .....	5
1.4.2 <i>Específicos</i> .....	5
1.5 Operacionalización Metodológica .....	6
1.5.1 <i>Tipo de investigación</i> .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>8</b>
2.1 Bases Teóricas .....	8
2.1.1 <i>Industria del calzado</i> .....	8
2.1.2 <i>Industria del calzado en el Ecuador</i> .....	8

<b>2.1.3</b>	<b><i>Suelas para calzado</i></b> .....	9
<b>2.1.4</b>	<b><i>Clasificación de las suelas por el tipo de material</i></b> .....	10
<b>2.1.5</b>	<b><i>Estándares</i></b> .....	10
2.1.5.1	<i>Estandarización de procesos</i> .....	11
2.1.5.2	<i>Trabajo estandarizado</i> .....	12
2.1.5.3	<i>Kaizen y la Estandarización de procesos industriales</i> .....	13
2.1.5.4	<i>Importancia de la estandarización en procesos industriales</i> .....	13
2.1.5.5	<i>Las ventajas de la estandarización de procesos</i> .....	14
2.1.5.6	<i>Métodos y tiempos</i> .....	14
2.1.5.7	<i>Representaciones gráficas de los métodos de trabajo</i> .....	16
<b>2.1.6</b>	<b><i>Optimización del proceso</i></b> .....	18
<b>2.1.7</b>	<b><i>Productividad</i></b> .....	19
<b>2.1.8</b>	<b><i>Eficiencia Productiva</i></b> .....	20
<b>2.1.9</b>	<b><i>Metodología Kaizen</i></b> .....	20
2.1.9.1	<i>Origen de la metodología Kaizen</i> .....	22
2.1.9.2	<i>Herramientas de la metodología Kaizen</i> .....	23
2.1.9.3	<i>Procedimiento para implementar la metodología Kaizen</i> .....	25
2.1.9.4	<i>Beneficios de la metodología Kaizen</i> .....	25
<b>2.1.10</b>	<b><i>Herramienta 5´s</i></b> .....	26
2.1.10.1	<i>Significado de las 5´s</i> .....	26
2.1.10.2	<i>Etapas de las 5´s</i> .....	27
2.1.10.3	<i>Efectos de las 5´s</i> .....	27
2.1.10.4	<i>Implementación de la herramienta 5´s</i> .....	28
<b>2.1.11</b>	<b><i>Control Estadístico del Proceso</i></b> .....	28
 <b>CAPÍTULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	32
<b>3.1</b>	<b>Generalidades de la Empresa</b> .....	32

<b>3.1.1</b>	<b><i>Reseña Histórica</i></b> .....	32
<b>3.1.2</b>	<b><i>Ubicación de la Planta</i></b> .....	32
<b>3.1.3</b>	<b><i>Misión</i></b> .....	34
<b>3.1.4</b>	<b><i>Visión</i></b> .....	34
<b>3.1.5</b>	<b><i>Estructura Jurídica</i></b> .....	34
<b>3.1.6</b>	<b><i>Organigrama Organizacional de la Planta de Inyección</i></b> .....	34
<b>3.1.7</b>	<b><i>Personal de la empresa “TEIMSA”</i></b> .....	35
<b>3.1.8</b>	<b><i>Distribución de la Planta de Inyección</i></b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Descripción del Proceso Productivo</b> .....	36
<b>3.2.1</b>	<b><i>Proceso de inyección de suelas en materiales TR, PVC y Expanso</i></b> .....	36
<b>3.3</b>	<b>Máquinas inyectoras en “Textiles Industriales Ambateños S.A.”</b> .....	40
<b>3.3.1</b>	<b><i>Máquina inyectora TIENKANG</i></b> .....	40
<b>3.3.2</b>	<b><i>Máquina inyectora MG-Rotativa</i></b> .....	41
<b>3.3.3</b>	<b><i>Máquina inyectora MG- Estacionaria BS-150</i></b> .....	43
<b>3.3.4</b>	<b><i>Máquina inyectora Wintech 1 y 2</i></b> .....	44
<b>3.3.5</b>	<b><i>Máquina inyectora SABA SM-200</i></b> .....	44
<b>3.4</b>	<b>Proceso de prensado de suelas en material EVA (Etileno y Acetato de vinilo)</b> ....	45
<b>3.4.1</b>	<b><i>Máquina Prensa Modelo XFP 150-6</i></b> .....	46
<b>3.4.2</b>	<b><i>Túnel Estabilizador de EVA</i></b> .....	47
<b>3.5</b>	<b>Diagnóstico de la Situación Actual</b> .....	48
<b>3.5.1</b>	<b><i>Aplicación de Ciclo PHVA</i></b> .....	48
<b>3.5.2</b>	<b><i>Selección de los productos en estudio</i></b> .....	50
<b>3.5.3</b>	<b><i>Descripción del producto estrella</i></b> .....	51
<b>3.5.3.1</b>	<b><i>Suela CIELO</i></b> .....	51
<b>3.5.3.2</b>	<b><i>Suela TOMMY</i></b> .....	52
<b>3.5.3.3</b>	<b><i>Suela CANAAN</i></b> .....	53
<b>3.5.3.4</b>	<b><i>Suela MOSCU</i></b> .....	53

3.5.3.5	<i>Suela HERMES</i> .....	54
3.5.4	<i>Análisis del proceso</i> .....	55
3.6	<b>Análisis de la problemática</b> .....	69
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	72
4.1	<b>Estudio de métodos y tiempos</b> .....	72
4.2	<b>Análisis Prensa XFP 150-6</b> .....	75
4.3	<b>Metodología Kaizen (Herramientas de Gestión 5´S)</b> .....	87
4.3.1	<i>Kaizen</i> .....	87
4.3.2	<i>Implementación y desarrollo de las 5´s</i> .....	88
<b>CONCLUSIONES</b> .....		91
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		93
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2.</b> Tipo de suelas por material .....	10
<b>Tabla 2-2.</b> Símbolos del Diagrama de Flujo de Proceso .....	17
<b>Tabla 3-2.</b> Medición de indicadores de productividad .....	20
<b>Tabla 1-3.</b> Estructura Jurídica .....	34
<b>Tabla 2-3.</b> Descripción del Personal Planta de Inyección .....	35
<b>Tabla 3-3.</b> Características técnicas de la máquina inyectora Tienkang.....	40
<b>Tabla 4-3.</b> Características técnicas de la máquina MG-Rotativa .....	42
<b>Tabla 5-3.</b> Características técnicas de la máquina MG- Estacionaria BS 150 .....	43
<b>Tabla 6-3.</b> Características técnicas de las máquinas WINTECH 1 y 2 .....	44
<b>Tabla 7-3.</b> Características técnicas de la máquina SABA SM-200 .....	45
<b>Tabla 8-3.</b> Características técnicas de la máquina Prensa XFP 150-6 .....	47
<b>Tabla 9-3.</b> Planificación del estudio .....	49
<b>Tabla 10-3.</b> Productos estrella por máquina de acuerdo a entrevista .....	50
<b>Tabla 11-3.</b> Productos estrella por máquina de acuerdo a la Regla 80-20 .....	51
<b>Tabla 12-3.</b> Datos de muestreo Suela HERMES Talla 40 .....	57
<b>Tabla 13-3.</b> Tamaño de muestra en todos los productos .....	58
<b>Tabla 14-3.</b> Suplementos para máquinas inyectoras y prensa.....	61
<b>Tabla 15-3.</b> Tiempo estándar en el proceso cíclico .....	62
<b>Tabla 16-3.</b> Consideraciones especiales.....	63
<b>Tabla 17-3.</b> Análisis máquina SABA SM-200.....	63
<b>Tabla 18-3.</b> Producción de las máquinas.....	64
<b>Tabla 19-3.</b> Resumen de actividades desarrolladas por máquina y tiempos de producción .....	66
<b>Tabla 20-3.</b> Datos de productividad laboral .....	68
<b>Tabla 21-3.</b> Productividad en el proceso de empaquetado .....	68
<b>Tabla 22-3.</b> Cálculos de productividad por máquina .....	69

<b>Tabla 23-3.</b> Eficiencia productiva y datos de cálculos.....	69
<b>Tabla 24-3.</b> Defectos influyentes y desperdicios de la suela HERMES.....	70
<b>Tabla 1-4.</b> Productividad mejorada .....	74
<b>Tabla 2-4.</b> Factores y niveles de estudio .....	75
<b>Tabla 3-4.</b> Tabla de aleatorización de datos.....	78
<b>Tabla 4-4.</b> Tabla de toma de datos .....	78
<b>Tabla 5-4.</b> ANOVA realizado en Minitab.....	79
<b>Tabla 6-4.</b> Tabla ANOVA Minitab .....	79
<b>Tabla 7-4.</b> Comparación metodología Kaizen.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b> Ciclo de Deming.....	22
<b>Figura 2-2.</b> Ejemplo del diagrama Ishikawa .....	23
<b>Figura 3-2.</b> Técnica 5w + 2h .....	24
<b>Figura 4-2.</b> Círculo del CPE.....	29
<b>Figura 1-3.</b> Organigrama Organizacional .....	34
<b>Figura 2-3.</b> Esquema de Distribución Planta de Inyección .....	36
<b>Figura 3-3.</b> Máquina TIENKANG en Planta de Inyección.....	40
<b>Figura 4-3.</b> Máquina MG-Rotativa en Planta de Inyección .....	41
<b>Figura 5-3.</b> Máquina MG-Estacionaria BS-150 en Planta de Inyección.....	43
<b>Figura 6-3.</b> Máquinas inyectoras Wintech 1 y 2 en Planta de Inyección .....	44
<b>Figura 7-3.</b> Máquina SABA SM-200 en Planta de Inyección.....	45
<b>Figura 8-3.</b> Máquina Prensa XFP 150-6 en Planta de Inyección .....	47
<b>Figura 9-3.</b> Túnel Estabilizador de EVA en Planta de Inyección .....	48
<b>Figura 10-3.</b> Suela CIELO .....	52
<b>Figura 11-3.</b> Suela TOMMY.....	52
<b>Figura 12-3.</b> Suela CANAAN.....	53
<b>Figura 13-3.</b> Suela MOSCÚ.....	54
<b>Figura 14-3.</b> Suela HERMES.....	54
<b>Figura 15-3.</b> Flujo del proceso en suela HERMES .....	56
<b>Figura 16-3.</b> Diagrama causa y efecto .....	71
<b>Figura 1-4.</b> Tarjeta roja .....	89
<b>Figura 2-4.</b> Moldes al aplicar la tarjeta roja.....	89
<b>Figura 3-4.</b> Artículos de limpieza escasos y en mal estado.....	90
<b>Figura 4-4.</b> Pancartas de información .....	90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b> Generalidades de los procesos .....	11
<b>Gráfico 2-2.</b> Estandarización de Procesos .....	12
<b>Gráfico 3-2.</b> Generalidades del trabajo estandarizado.....	13
<b>Gráfico 4-2.</b> Significado Kaizen.....	21
<b>Gráfico 5-2.</b> Relación de la mejora continua con Kaizen.....	21
<b>Gráfico 6-2.</b> Ejemplo del diagrama Pareto.....	24
<b>Gráfico 7-2.</b> Etapas de las 5`s.....	27
<b>Gráfico 8-2.</b> Efectos de las 5`s .....	27
<b>Gráfico 9-2.</b> Implementación de las 5`s .....	28
<b>Gráfico 10-2.</b> Representación geométrica diseño 23 .....	31
<b>Gráfico 1-3.</b> Ubicación de la empresa .....	33
<b>Gráfico 2-3.</b> Ubicación de la Planta de Inyección.....	33
<b>Gráfico 3-3.</b> Cierre del molde .....	37
<b>Gráfico 4-3.</b> Fase de llenado y mantenimiento.....	38
<b>Gráfico 5-3.</b> Fase de plastificación o dosificado .....	38
<b>Gráfico 6-3.</b> Apertura del molde y expulsión de la pieza.....	38
<b>Gráfico 7-3.</b> Partes de una máquina inyectora típica.....	38
<b>Gráfico 8-3.</b> Diagrama de Pareto de acuerdo a la demanda .....	51
<b>Gráfico 9-3.</b> Resumen del estudio de tiempos.....	55
<b>Gráfico 10-3.</b> Desfase de producción en una estación de trabajo.....	65
<b>Gráfico 11-3.</b> Desfase de producción en las estaciones de trabajo más frecuentes.....	65
<b>Gráfico 12-3.</b> Variación del tiempo, producción total y cantidad de acuerdo a las actividades. 67	
<b>Gráfico 13-3.</b> Tiempos de producción.....	67
<b>Gráfico 1-4.</b> Porcentaje de disminución en el tiempo de ciclo.....	72
<b>Gráfico 2-4.</b> Porcentaje de incremento en producción por máquina .....	73

<b>Gráfico 4-4.</b> Porcentaje de Incremento en la eficiencia productiva por puesto de trabajo.....	74
<b>Gráfico 5-4.</b> Relación de la productividad con respecto al tiempo de demora.....	75
<b>Gráfico 6-4.</b> Supuesto de normalidad.....	80
<b>Gráfico 7-4.</b> Supuesto de homogeneidad .....	80
<b>Gráfico 8-4.</b> Supuesto de independencia.....	81
<b>Gráfico 9-4.</b> Diagrama de Pareto en interacción de factores.....	81
<b>Gráfico 10-4.</b> Valores Críticos de la Distribución F .....	82
<b>Gráfico 11-4.</b> Interacción de los efectos secundarios para el % de defectos.....	84
<b>Gráfico 12-4.</b> Gráfica de efectos principales.....	85
<b>Gráfico 13-4.</b> Gráfica de intervalos en peso, tiempo y temperatura.....	85

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PLANOS DIMENSIONALES

**ANEXO B:** DIAGRAMA DE PARETO

**ANEXO C:** HOJAS DE OBSERVACIÓN

**ANEXO D:** DIAGRAMAS DE FLUJO Y PROCESO

**ANEXO E:** ENCUESTA KAIZEN Y 5´S

**ANEXO F:** RESUMEN DE ACTIVIDADES

**ANEXO G:** INVENTARIO DE MOLDES

**ANEXO H:** RESULTADOS DE HERRAMIENTA 5´S

## RESUMEN

El presente proyecto técnico se orientó a optimizar la eficiencia productiva del proceso de inyección de suelas para calzado en la empresa “Textiles Industriales Ambateños S.A.”, a través de la estandarización del proceso segregando los productos estrella de acuerdo al nivel de participación por máquina inyectora y prensa, además de determinar la capacidad de producción en los puestos de trabajo. La Planta de Inyección en “Textiles Industriales Ambateños S.A.” con una alta capacidad de producción en pares de suelas para calzado por día, no contaba con un procedimiento estándar, es decir, cada operario trabajaba de acuerdo a su conocimiento empírico en el manejo de materiales. Cabe aclarar que también se incluyó el proceso de prensado en material Eva considerándose un puesto conflictivo debido al porcentaje de defectos manejados en un 24%, principalmente por: porosidades en la suela, contaminación del material y quemado. La problemática en la Prensa XFP 150-6 se resolvió a través de la metodología Kaizen de acuerdo al control estadístico del proceso con un diseño experimental  $2^k$  que asoció factores y niveles como: temperatura, tiempos de prensado y peso del material. El análisis del diseño conllevó a establecer el nivel de participación que tiene la interacción de los tres factores en el porcentaje de defectos; también se manejó técnicas de gestión con la herramienta 5<sup>´</sup>s en el proceso de inyección para que los procedimientos y métodos realizados en cada estación de trabajo sean eficientes, incorporando todos los elementos y factores de producción, por ende, se evidenció el aumento de la producción y la eficiencia productiva al 20%, destacando la identificación de mudas como: cuellos de botella, demoras elevadas en el proceso, movimientos y exceso de inventarios. Se señaló que el proceso de mejora continua debe ser constante y disciplinado en la planta de inyección para evidenciar cambios sustanciales.

**Palabras clave:** <INYECCIÓN DE SUELA>, <ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS>, <DEFECTOS DE FABRICACIÓN>, <MEJORA CONTINUA>, <5<sup>´</sup>S KAIZEN>.



0183-DBRAI-UPT-2020

## SUMMARY

The technical project aim was to optimize the production efficiency of the process of injection of soles for footwear in the company "Textiles Industriales Ambateños SA," through the standardization of the process, segregating the star products according to the level of participation by injection machine and press, in addition to determining the production capacity in the jobs. The Injection Plant at "Textiles Industriales Ambateños S.A." With a high production capacity in pairs of shoe soles per day, it did not have a standard procedure; each operator worked according to his empirical knowledge in material handling. It is essential to mention the inclusion of the pressing process on Eva material, considering it a conflictive position due to the percentage of defects handled by 24%, mainly due to: porosities in the sole, contamination of the material, and burning. The Kaizen methodology solved the problem in the XFP 150-6 Press. According to the process's statistical control with a 2<sup>k</sup> experimental design that associated factors and levels such as temperature, pressing times, and weight of the material. The design analysis led to establishing the level of participation that the three factors' interaction has in the percentage of defects. Management techniques were also managed with the 5's tool in the injection process so that the procedures and methods performed at each work station are efficient, incorporating all the elements and production factors, therefore, the increase in production and productive efficiency at 20%, highlighting the identification of changes such as bottlenecks, long delays in the process, movements and excess inventories. It established that the continuous improvement process must be constant and disciplined in the injection plant to show substantial changes.

**Keywords:** <SOLE INJECTION>, <PROCESS STANDARDIZATION>, <MANUFACTURING DEFECTS>, <CONTINUOUS IMPROVEMENT>, <5'S KAIZEN>.

## INTRODUCCIÓN

La industria a nivel mundial se ha visto estimulada por destinar sus recursos y esfuerzos a la mejora continua de los procesos productivos debido al incremento en la competitividad del mercado por la satisfacción del cliente. El término mejora continua surge a partir de Kaizen cuyo significado se divide en dos partes: Kai (cambio) y Zen (para mejorar). (Análisis de la producción científica hispana en mejora continua: 1990-2011, 2016 p. 2)

El área de producción en una industria es un sistema completo de análisis continuo basado en la investigación y aplicación de distintas herramientas enfocadas al aumento de la productividad. La industria de calzado a nivel nacional atraviesa por un crecimiento productivo significativo que al compararlo con los mercados internacionales aún no alcanza el nivel de competitividad debido a la escasa implementación de herramientas como estrategias de mejora.

Según (Evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado , 2016 pág. 2) en la Provincia de Tungurahua, la Cámara de Industrias en el año 2012 registró más de 5 000 productores de calzado con 100 000 puestos de trabajo directos e indirectos aproximadamente, con una producción anual de 30 millones que se distribuyen en el 50% al mercado interno y el 50% restante al exterior.

La empresa “Textiles Industriales Ambateños S.A.” ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Santa Rosa, está integrada por cuatro plantas de producción: elaboración de hilos, tisaje de algodón americano, tinturado de telas y de inyección; con 145 trabajadores entre personal administrativo y operativo.

La Planta de Inyección en “TEIMSA” incorporada en el año 2015, tiene una alta capacidad de producción en pares por día en la fabricación de suelas para calzado; sin embargo, no cuenta con un procedimiento estándar, es decir, cada operario trabaja de acuerdo a su conocimiento empírico en el manejo de materiales.

La metodología Kaizen en el desarrollo de los sistemas productivos se centra en la eliminación de desperdicios para garantizar la flexibilidad del proceso y confiabilidad en los productos. El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar, actuar) constituye la base fundamental de la metodología debido a que su aplicación se lleva a cabo de forma sistemática, iniciando por el análisis de la

situación actual, posteriormente el manejo de herramientas como: 5's, estudio de métodos y tiempos y finalizando con la evaluación de resultados.

A través de distintas investigaciones se ha comprobado que la aplicación de la metodología Kaizen en los procesos productivos ha contribuido de forma considerable al desarrollo de la manufactura aumentando la productividad en un 20% aproximadamente, además de ser amigable para el medio ambiente debido al impacto positivo que tiene en la reducción de: desperdicios, reprocesos, productos no conformes y principalmente en las cantidades de contaminantes que se emiten a la atmósfera.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

“Textiles Industriales Ambateños S.A.” es una empresa con 26 años de trayectoria en la elaboración y comercialización de lonas de algodón para la industria de calzado, fundada por Don Enrique Cuesta Holguín junto a sus hermanos José y Patricio Cuesta Holguín. En el año 2015 se incorpora un nuevo negocio en fabricación de suelas para calzado, proyecto que implicó la construcción de la cuarta nave de producción. (Teimsa, 2018).

La cuarta nave de producción inició sus labores con una inyectora estacionaria bicolor para suelas especiales, posteriormente se importaron dos inyectoras rotativas de alta producción para suelas monocolor de material sólido y expandido. (Teimsa, 2018).

Actualmente la planta cuenta con dos inyectoras estacionarias CN, cuatro rotativas CN, una prensa modelo XFP 150-6 semiautomatizada especial para material EVA, un túnel de estabilizado EVA, tres balanzas electrónicas, dos troqueladoras automatizadas para plantillas, nueve trituradoras de 380V, dos pesas electrónicas, diecisiete estantes para almacenamiento, una mezcladora de 220 V, siete balanzas digitales, dos molinos eléctricos de 220V, entre otros elementos que permiten abastecer la industria nacional de calzado.

En la búsqueda de investigaciones se ha verificado que existen proyectos de titulación en la empresa “TEIMSA” en distintos temas que van desde administración hasta producción; sin embargo, en el área de inyección no se evidencian estudios realizados debido a su corto tiempo de funcionamiento, por lo cual el proyecto técnico a realizarse será el punto de partida que se enfoca en la mejora continua del proceso.

#### 1.2 Planteamiento del problema

La planta de inyección de la empresa “TEIMSA” en la capacidad de producir suelas en materiales como: PVC, EXPANSOR, SEMI-EXPANSOR, EVA y TR, al no contar con un estándar de

trabajo en su proceso, genera elevados tiempos de entrega en producto terminado debido a que los operarios experimentan empíricamente.

En la planta se evidencia un puesto crítico denominado Máquina Prensa XFP 150-6, el cual requiere mayor atención por el elevado porcentaje de desperdicios que se evidencia, cabe aclarar que la materia prima empleada para este sitio no puede ser reutilizada debido a la variación de su composición química después de ser prensado, motivo por el cual las pérdidas y los costos de producción se incrementan afectando directamente a la eficiencia productiva de la planta relacionada con: operarios, maquinaria, variabilidad del proceso, etc.

La suela HERMES Talla 40 fabricada por la Prensa XFP 150-6 presenta alta variabilidad en los parámetros que integran el proceso, cuyas repercusiones se manifiestan principalmente por defectos como: contaminación del material, quemados, porosidad en la suela, además de elevadas cantidades en rebaba. Las no conformidades del producto en mención generan el 24% del desperdicio total.

Para la solución de la problemática planteada se pretende aplicar técnicas y herramientas de ingeniería de métodos en combinación con la metodología Kaizen (herramienta 5's), además del control estadístico del proceso, garantizando la optimización en la eficiencia productiva de la planta de inyección.

Cabe señalar que, si se continúa realizando las operaciones con los métodos empíricos, la empresa se verá afectada posteriormente en su desarrollo económico dejando de ser competitiva para el mercado.

### **1.3 Justificación**

#### ***1.3.1 Justificación teórica***

La metodología Kaizen aplicada en el proceso productivo de inyección se basó en distintos proyectos de titulación, artículos científicos e investigaciones realizadas y señaladas en el fundamento teórico, permitiendo desarrollar la mejora continua en la planta de inyección con aportes significativos en distintos campos de estudio como: estandarización del proceso, tiempos ciclo, normalización, cálculo de capacidad en las máquinas y el proceso, eficiencia productiva, entre otros., tomando en cuenta que la aportación más significativa radicó en constituir un modelo de implementación para otros procesos productivos.

### ***1.3.2 Justificación metodológica***

El desarrollo del proyecto técnico en el área de inyección a través de las herramientas y técnicas de ingeniería de métodos como es la estandarización del proceso redujo el tiempo de ejecución de las operaciones y estableció un método estándar a seguir, aumentando la productividad en la planta y controlando las actividades de los operadores en la eliminación de tiempos improductivos. Métodos y control de procesos se enfocó en la variabilidad del proceso en el puesto crítico al igual que los desperdicios y reprocesos, mismos que registraban en el 24% de no conformidades con respecto a la producción total. Cada una de las actividades desarrolladas en el estudio se basó en los productos de mayor demanda para la planta.

### ***1.3.3 Justificación práctica***

A través de este estudio se determinó las condiciones apropiadas de operación contribuyendo a la reducción de la variabilidad del proceso y el porcentaje de defectos, generando costos de producción bajos, mayor confiabilidad en el producto y a su vez mejorando la eficiencia productiva de la planta.

La estandarización del proceso de inyección creada para cada estación de trabajo quedó documentada en hojas de trabajo garantizando la competitividad de la planta en el mercado, la aceptación del cliente y la eliminación de actividades que no agreguen valor al proceso.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 General***

Optimizar la eficiencia productiva en el proceso de inyección de suelas para calzado a través de la metodología Kaizen en la empresa “Textiles Industriales Ambateños S.A.”

### ***1.4.2 Específicos***

- Diagnosticar el estado actual de la planta de inyección en cada estación de trabajo mediante técnicas de métodos y tiempos para la identificación de los factores que influyen en el proceso productivo.

- Diseñar el método ideal para cada estación de trabajo mediante la aplicación de la metodología Kaizen para eliminar los factores que afectan la productividad de la planta de inyección.
- Evaluar la propuesta diseñada mediante el análisis estadístico de la situación actual con el método planteado para cuantificar el nivel de optimización objetivo.

## 1.5 Operacionalización Metodológica

### 1.5.1 Tipo de investigación

Las investigaciones manejadas en el estudio fueron:

- **Histórica:** Se empleó datos históricos en las órdenes de producción llevadas a cabo por registros en la planta de inyección, además de considerar el control final de desperdicios para el puesto conflictivo (máquina de Eva, suela HERMES, talla 40). De esta manera se establecen las fuentes primarias para el estudio de las variables influyentes en el proceso examinando su confiabilidad a través de la toma de datos.
- **Descriptiva:** Se trabajó sobre realidades de hecho utilizando entrevistas con preguntas abiertas para el jefe de producción y los operarios debido a su experiencia en las máquinas inyectoras, facilitando la segregación de los productos estrella al igual que la comprobación del flujo del proceso de acuerdo a cada suela.
- **Documental y De Campo:** Esta investigación mixta directa se la realizó en la planta de inyección para la toma de tiempos y movimientos en cada puesto de trabajo usando filmaciones, cronometraje y hojas de observación. De acuerdo a los ciclos analizados se plantea el tamaño de muestra para el análisis del proceso llevando a cabo la siguiente fórmula según (Palacios, 2009):

$$N' = \left( \frac{K/s \sqrt{(n \sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2 \quad (1)$$

Siendo:

$n$  = número necesario de observaciones

$X$  = lectura de los tiempos del elemento medido

$N$  = Número de medidas representativas de la muestra

$k/s$  = Factor de confianza

$K$  = Error estándar

$S$  = Error aceptable

- Explicativa: Esta investigación se evidenció debido al estudio de las causas influyentes en el proceso como lo es el trabajo empírico de los operarios en la maquinaria además del monitoreo específico para cada uno de los defectos encontrados en el puesto conflictivo.
- Experimental: La aplicación de la investigación inició de acuerdo a la manipulación de variables con respecto a la Prensa XFP 150-6, siguiendo un proceso que englobó etapas como: delimitación de objetivos acorde del problema encontrado, desarrollo de la hipótesis de trabajo, elaboración del diseño experimental, realización del experimento, análisis de los resultados y obtención de las respectivas conclusiones del estudio planificado.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Bases Teóricas

##### 2.1.1 *Industria del calzado*

La aparición del hombre, un mamífero con su cuerpo descubierto, sin vello que lo protegiese de las inclemencias climáticas de la época, recurrió al uso de pieles que lo calentaba, para cubrir las puertas de las pequeñas cabañas donde se refugiaban, posteriormente aparece la música y con ella la percusión, el hombre aprende a curtir las pieles y se amplía en uso de las mismas. (Fidel, y otros, 2013).

China en el año 2015 según (El Comercio Exterior de Calzado y el Producto Interno Bruto en el Ecuador, Año 2015., 2018 pág. 35), es uno de los mayores productores con 15 700 millones de pares de calzado fabricados en anterior año, seguido por la India, pero con una producción bastante lejana de 2 065 pares, y esto va ligado de la mano con los consumidores que se encuentran en los mismos países de producción.

China a más de ubicarse como líder en la producción de calzado también lidera en el consumo del producto con un porcentaje de 18,8 %, seguidos de EEUU con un porcentaje de 11,8 %. En el tema de las exportaciones, China sigue liderando el mercado con un total de 12 125 millones de pares al año lo que equivale a 74,1 % dejando muy atrás a otros países que oscilan entre el 4% y 1 % de lo que respecta al año 2014. (El Comercio Exterior de Calzado y el Producto Interno Bruto en el Ecuador, Año 2015., 2018 pág. 35).

##### 2.1.2 *Industria del calzado en el Ecuador*

La industria ecuatoriana en la producción de calzado sufrió una baja entre los años 2006 y 2008 por la importación del producto desde los países asiáticos, con lo cual el gobierno tomo medidas y este aumento se vio reflejado en la creación de empresa que subieron de ser 600 en el 2008 a más de 2000 en el 2013.

El sector de calzado en nuestro país todavía está en una zona restringida por el consumo que se proyectó a 2,3 pares anuales por persona en comparación con otros países como Brasil que proyecta un consumo de 3,3 pares de zapatos sin dejar al margen a países que lideran el consumo

y la producción. En el año 2015 las exportaciones se vieron afectadas en un decremento del 24,6% y de igual manera las importaciones bajaron en un 7,5. (El Comercio Exterior de Calzado y el Producto Interno Bruto en el Ecuador, Año 2015., 2018 págs. 36-37).

En la producción del calzado para el 2016 Tungurahua acoge una producción del 44% a nivel nacional esto da a entender que, de cada 100 pares de zapatos producidos, 44 se producen en la Provincia de Tungurahua, con precios variados en un intervalo de 15 hasta 70 dólares según su diseño, calidad y destino de comercialización (Tungurahua Abarca el 44% de Producción en Calzado Ecuatoriano, 2016).

### **2.1.3 Suelas para calzado**

La suela del calzado se la ubica en la parte inferior del pie evitando el contacto directo con el suelo, existe gran variedad de suelas ya sean por color, talla, forma, composición y dureza. El constante uso del producto genera que sus modelos varíen constantemente en el mercado de acuerdo a temporadas o por simple estética. (Fidel, y otros, 2013).

Uno de los órganos más complejos que tiene el ser humano es el pie ya que es la parte fundamental del sistema motor, en este campo el calzado es muy importante para la estabilidad, sostén y amortiguación. Según estudios el componente que más aporta peso al calzado es la suela, por este motivo se ha buscado distintas formas de mejorar, reducir o eliminar partes que no tiene contacto directo con la superficie.

Los compuestos o combinaciones en la fabricación de suelas son diversos por mencionar: estireno, caucho, policloruro de vinilo (PVC), látex espumado, poliuretano (PU), termoplástico espumado (TR), acetato de vinilo (EVA), dynafoam, spenco (espuma de neopreno), entre otros. (Diseño de una suela para calzado femenino casual bajo parametros de liviandad, 2017)

La producción de suelas especialmente en materiales granulados se maneja por lo general en procesos de inyección o moldeadas en máquinas de compresión de acuerdo al diseño del molde, con fines específicos de comodidad y confort en las personas, por ende, se pretende disminuir el peso que otorga además de garantizar durabilidad en el calzado considerando que son el único elemento que tiene contacto con el suelo.

El proceso de inyección o compresión en la fabricación de suelas para calzado maneja por lo genera temperaturas que van desde los (100-175) °C de acuerdo a los parámetros establecidos por el compuesto químico, cabe señalar que también se estudian factores como: presiones, tiempos, volumen, velocidades, entre otros.

#### 2.1.4 Clasificación de las suelas por el tipo de material

Las suelas se pueden clasificar de acuerdo al tipo de material como lo señala la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2.** Tipo de suelas por material

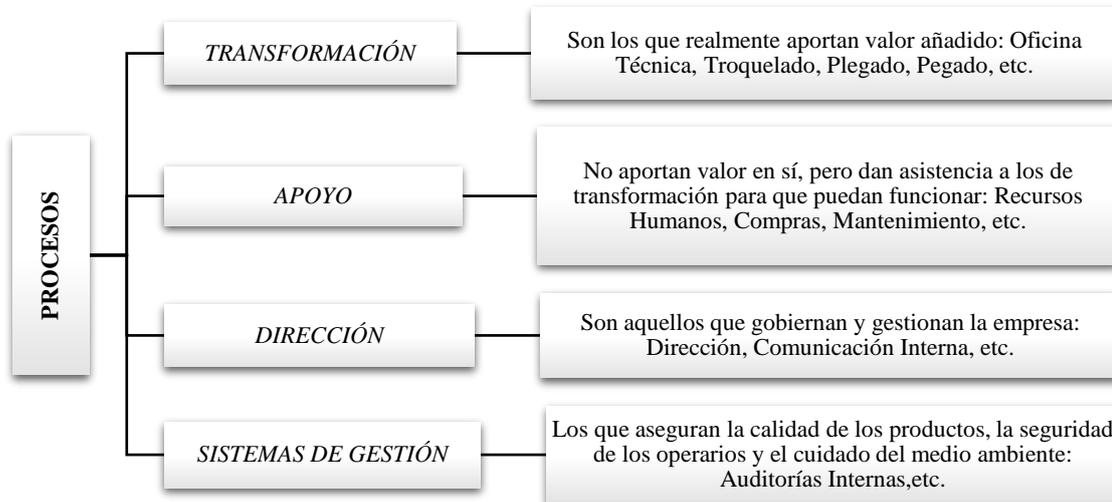
TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
SUELAS DE PVC	El PVC es conocido como Policloruro de Vinilo. Está compuesto de cloro y etileno que forma un polímero termoplástico. El resultado final es, dicloro etano, al estar expuesto a altas temperaturas en el gas cloruro de vinilo y por medio de la polimerización se transforma en resina (Proaño, 2018 pág. 2).
SUELAS EN MATERIAL EXPANSOR	Los tipos de suelas EXPANSOR están conformadas de PVC o TR que se diferencian en uno o varios compuestos que permiten expandir diferentes componentes como el Spancel, Celogen, Sílice, Óxido de Zinc, Acido Esteárico, entre otros, de este modo se disminuye el peso de la suela. (Fidel, y otros, 2013 pág. 3).
SUELAS DE GOMA TERMOPLÁSTICA (TR)	El tipo de suelas están compuestas por TR (Termoplastic Rubber o Caucho Termoplástico), cuyo compuesto consta de componentes como Estireno y Butadieno que disminuye peso a la suela. El material se une con cualquier tipo de suelas sin uso de equipos especializados o pegas, flexibles, antideslizante, pero con baja resistencia a la ruptura. (Palacios, 2019 pág. 11).
SUELAS DE EVA	EVA (Etileno Vinil Acetato) es un copolímero termoplástico que consiste en unidades de acetato de vinilo y etileno, también cuenta con grupos polares en su estructura, siendo de fácil procesamiento, buena adherencia, mucha flexibilidad y compatibilidad (Herrera, y otros, 2018 pág. 3).
SUELAS TPU	TPU se construye a partir de la inyección de poliuretano termoplástico, una de sus cualidades más notorias es su alta termorresistencia y la resistencia al fuego, se pueden obtener acabados mates y brillantes. (Gómez, 2019 pág. 4)

#### 2.1.5 Estándares

Los estándares se logran obtener al término de la medición del trabajo o de la toma de tiempos, la técnica consiste en lograr un tiempo definido para llevar a cabo una tarea con base a las mediciones obtenidas agregando los tiempos suplementarios en fatiga, descansos, tiempo de comida, entre otros, para ello se utilizan varias técnicas como: estudio cronometrado de tiempos, recolección computarizada de datos, sistemas de tiempos predeterminados, datos estándares, pronóstico con base en históricos y muestreo del trabajo, cada una de estas técnicas se puede aplicar a las diferentes variables de trabajo, en todos los procesos existentes, los analistas de este campo deben saber en qué criterio aplicar las técnicas de una forma que se adapte al estudio en cuestión.

### 2.1.5.1 Estandarización de procesos

Los procesos en general se clasifican de acuerdo a su aporte en la organización como lo indica el Gráfico 1-2.



**Gráfico 1-2.** Generalidades de los procesos

Fuente: (Vera, y otros, 2015 pág. 54)

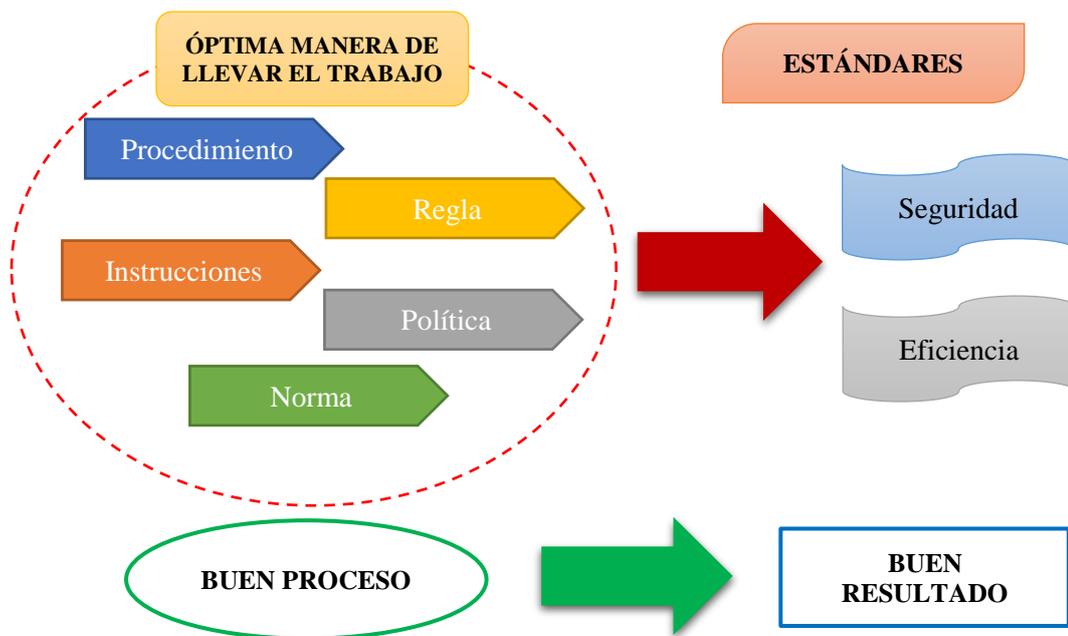
Los elementos que conforman un proceso son:

- **Responsable:** Es la o él encargado de llevar el conjunto de actividades acorde a lo establecido, cumpliendo con los objetivos de eficiencia y eficacia. El responsable debe cumplir con ciertas habilidades como: autoridad, responsabilidad, liderazgo y conocimientos técnicos específicos. Las funciones a desempeñar son: mantener el control de proceso (entendido, documentado y medido) y buscar con sus colaboradores la mejora continua en el proceso.
- **Recursos:** Conforman las partes que hacen posible realizar las tareas encomendadas sean estas: humanos, materiales o inmateriales.
- **Entradas:** Suponen todo lo que agrega valor al proceso como: materiales (materias primas), inmateriales (instrucciones de trabajo).
- **Salidas:** Después del proceso es lo que queda, por ejemplo: materiales (maqueta), inmateriales (información al cliente).

- **Sistema de gestión:** Está conformado por los datos e información encaminados a medir: la eficiencia y eficacia del proceso, los objetivos, los indicadores clave del proceso (KPI's) y el método de cálculo de los dos anteriores. (Martínez, 2016)

La estandarización de procesos se maneja de acuerdo al gráfico 2-2, cuyos resultados requieren mantener las condiciones que lo producen, por ello es necesario estandarizar algunas condiciones incluyendo: maquinaria, equipo, procedimientos, métodos, habilidad de la gente y conocimientos de los mismos. Estos logros permiten establecer el método con el que se va a operar, en lo consiguiente se debe precautelar que el proceso siga la estandarización con el método establecido.

La estandarización debe acoger todas las fases que determina el proceso tales como: secuencia de operación, tareas que componen a cada uno, el tiempo de ciclo por puesto, el stock admitido, etc. (Medina, 2017 pág. 13)



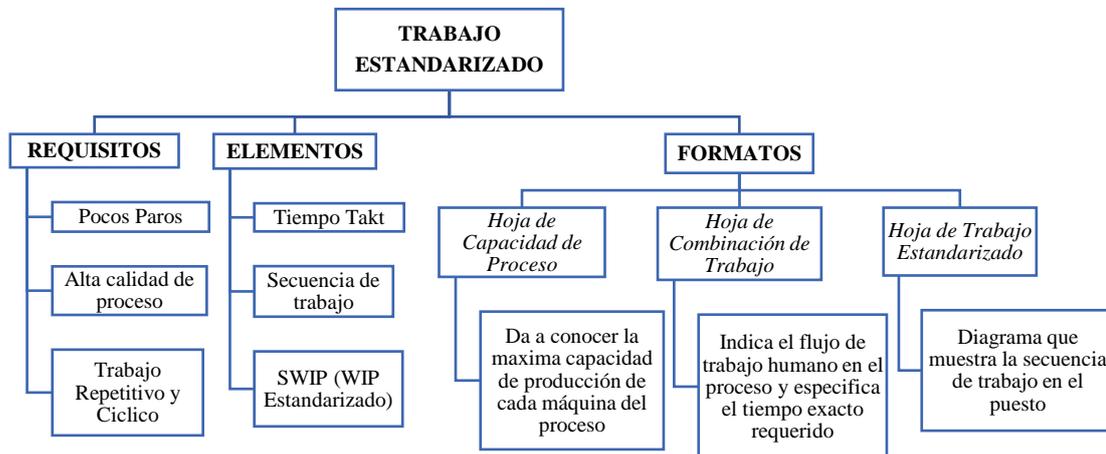
**Gráfico 2-2.** Estandarización de Procesos

Fuente: (Gerson, 2012 pág. 105)

#### 2.1.5.2 Trabajo estandarizado

Es una herramienta empleada para producir productos de calidad, resaltando los métodos eficientes y seguros de trabajo. El método estándar mejora la identificación y eliminación de desperdicios, con lineamientos a la creación del proceso en pasos lógicos, integrando la mejora continua.

El principal objetivo del trabajo estandarizado es reducir al mínimo la variabilidad de un proceso, documentando, capacitando a los operarios y cumpliendo con los estándares del mercado actual en: calidad, seguridad, entrega y costo. El Gráfico 3-2 explica a detalle las generalidades que implica este trabajo.



**Gráfico 3-2.** Generalidades del trabajo estandarizado

Fuente: (Vera, y otros, 2015 pág. 45)

### 2.1.5.3 Kaizen y la Estandarización de procesos industriales

Kaizen y el trabajo estandarizado corresponde a dos caras de la misma moneda, el primero genera acciones del mejoramiento continuo, dinámica, motivación y esfuerzo del personal para ser su propio jefe en el área de trabajo; el segundo en cambio aporta mejoras con su creatividad y participación para tener puestos de trabajo más eficientes.

El trabajo estandarizado promueve líderes en la línea de producción proponiendo procedimientos de trabajos normalizados para su equipo humano (Teamwork) con esto se permite la mejora en eficiencia, calidad y condiciones de trabajo, consolidando una base para mantener la seguridad y la productividad en los más altos estándares.

### 2.1.5.4 Importancia de la estandarización en procesos industriales

Un producto para llegar al cliente atraviesa un conjunto de fases que se los conoce como procesos industriales, dando inicio con la recepción de materia prima, posteriormente la transformación de la misma para finalizar con su consumo. El fin de los procesos industriales es mejorar la calidad de vida de los seres humanos aprovechando al máximo los recursos naturales.

#### 2.1.5.5 *Las ventajas de la estandarización de procesos*

Según (Martínez, 2016) las ventajas que genera la estandarización de procesos son muy amplias y se las puede resumir en:

- Simplifica los procedimientos de trabajo
- Asegura la calidad del producto
- Aumenta la seguridad de las personas
- Mantiene los costes bajo control
- Reduce el desperdicio
- Facilita la mejora continua

#### 2.1.5.6 *Métodos y tiempos*

El estudio del método y tiempo consta de una técnica que en la actualidad no se considera mucho, pero ayuda a mejorar el trabajo en forma eficaz y eficiente. Esta técnica va dirigida a la mejora de la productividad que se emplea desde el siglo XIX.

Taylor fue conocido como el padre de la administración científica y en la época de los 80`s desarrollo el concepto de "tareas" en el cual se especificaba que la parte de administración se debería de encargar de planear el trabajo de cada uno de sus empleados y que cada tarea debe tener un estándar de tiempo que se basa en el trabajo de un operario muy calificado.

La herramienta de métodos y tiempos permite calcular los tiempos estándar de cada una de las operaciones que conforman un proceso, así como los movimientos y micro movimientos que son realizados por parte de los operarios.

#### **Objetivos del estudio de métodos y tiempos:**

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos
- Conservar los recursos y minimizar los costes
- Proporcionar un producto que sea confiable y de alta calidad
- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes. (Tejada, y otros, 2017)

#### **Etapas para el estudio de métodos:**

- **Seleccionar:** Se determina y se selecciona la operación que se va a estudiar tomando en cuenta tres factores: las consideraciones técnicas y tecnológicas, las consideraciones

económicas, y la limitación del alcance del trabajo en estudio, donde se deben establecer las conclusiones y logros del estudio.

- **Registrar la Información:** Se detalla la situación actual de la planta utilizando diagramas de diferentes propiedades. El propósito es obtener un eficiente análisis del proceso.
- **Examinar:** Se evalúa la operación, enfocándose en todos los elementos productivos e improductivos, estudiando el diseño del producto, tolerancias, diseño de planta, materiales, procesos y herramientas. El objetivo de esto es mejorar el método.
- **Establecer:** Después de examinar se establece propuestas de métodos prácticos económicos y eficaces.
- **Evaluar:** Se compara el método nuevo con el método actual en busca de posibles beneficios en relación a productividad, costos y eficiencia.
- **Definir:** Se plantea los beneficios claros del método implantado para exponerlo con los involucrados.
- **Implantar:** Al conocer los beneficios que se logra, se procede a implantar el nuevo método en el proceso.
- **Controlar:** Después de implementado el método mejorado es necesario controlar y monitorear su uso por parte de los operarios, para no regresar al método anterior.
- **Medición de trabajo:** Se pone en práctica para saber cuánto tiempo utiliza un operario calificado en realizar una tarea determinada, el objetivo de: investigar, reducir y eliminar los tiempos improductivos.

#### **Etapas del estudio de tiempo:**

- **Obtener y Registrar la Información:** Se debe obtener la información necesaria para llevar a cabo el estudio, la información debe permitir identificar el estudio necesario, identificar la

pieza que se elabora, además debe aportar con exactitud el proceso, el operario, el método la duración de estudio, las condiciones físicas del trabajo y la máquina.

- **Comprobar el Método:** Se comprueba que el trabajador esté operando con cierto método para poder aplicar el estudio de métodos y tiempos.
- **Descomponer la Tarea en Elementos:** Se debe separar las operaciones para poder obtener una mayor exactitud, para ello se debe tratar por separado los elementos que conforman la operación, esto facilita la observación, medición y análisis.
- **Medir el Tiempo:** Por medio de métodos estadísticos se calcula el número de observaciones y se mide el tiempo de los elementos.
- **Determinar simultáneamente la velocidad de Trabajo Efectiva del Operario:** Se trata de establecer una comparación de la actuación normal, velocidad y ritmo del trabajo que realiza el operario bajo observación.
- **Calcular el Tiempo Normal:** Es el resultado del tiempo observado por la valoración que se obtiene.
- **Determinar los Suplementos:** Es el tiempo que determina un descanso ya sea fijo, variable, contingencia, especiales y por política de la empresa.
- **Calcular el Tiempo Estándar:** Es el resultado del tiempo que le lleva a un operario a ritmo normal realizar su trabajo (López, 2015 pág. 56).

#### *2.1.5.7 Representaciones gráficas de los métodos de trabajo*

- *Hoja de Trabajo Estandarizado:* La HTC está diseñada para mostrar la secuencia de operaciones que intervienen en el proceso, el Takt Time y el tiempo de ciclo, debe estar en un lugar visible en el puesto de trabajo para ser consultado por cualquier miembro del equipo.
- *Cursograma Analítico:* Este tipo de diagrama permite tener una visión macro de cualquier proceso, al incluir todos los componentes para producir un producto o proporcionar un servicio. El diagrama pone a flote costos ocultos que se dan por excesivos acarreos, almacenamiento temporales y retrasos, con esto se identifica oportunas mejoras en el proceso.

Según la (Asme, 2019 pág. 1) para llevar un registro gráfico de todos los transportes, almacenamientos, demoras, operaciones e inspección que debe sufrir un servicio o producto antes de llegar a su destino final se utilizan los símbolos normalizados detallados en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2.** Símbolos del Diagrama de Flujo de Proceso

TIPO DE OPERACIÓN	SÍMBOLO ASME	DESCRIPCIÓN
OPERACIÓN		Acontese cuando se modifica de manera intencionada de cualquier propiedad física o dimensional, etc, de un material o información u objeto.
TRANSPORTE		Tiene lugar cuando el material o información se desplaza de un lugar hacia otro es preferible que se de entre áreas de trabajo, no se toma en cuenta cuando se realiza el movimiento y este es parte de la operación o transformación del material.
DEMORA		Sucede cuando tiene lugar una evaluación intencionada de cualquier propiedad física o dimensional, etc, de un material o información u objeto.
INSPECCIÓN		Una espera, demora o retraso se puede dar de dos formas: necesaria, que sirve para modificar cualquier característica del material o información, la no necesaria que logra el paro del flujo del proceso.
ALMACENAJE		El almacenaje se da cuando el material información se ubica en algún lugar, área o recipiente con el propósito de realizar otra operación.

Fuente: (López, y otros, 2014 pág. 105)

- *Tiempos de ciclo de operación:* es el tiempo que tarda un operador en realizar todas las actividades a un ritmo normal, por lo general estos tiempos se registran en segundos. (Carera, 2014 pág. 10).
- *Diagrama de flujo:* Es la representación gráfica y descriptiva del algoritmo de un proceso respecto a todas las actividades que se llevan a cabo de manera secuencial.

#### **Elaboración de un diagrama de flujo:**

- Se debe iniciar tomando el título complementando con datos como el número del elemento, método de trabajo ya sea método actual o propuesto, fecha, nombre del responsable y quien realiza el diagrama.
- En muchos casos se debe agregar información adicional para interpretar de mejor forma el diagrama que representa el proceso esto puede constituir en el nombre de la planta, número de diagrama, cantidad de producción e información sobre costos.
- Se debe tomar en cuenta la conmutación de las líneas que unen el proceso.

- Es relevante mencionar situaciones especiales que se dan en relación al transporte siempre que exista un avance en el proceso se representara con la flecha apuntando hacia la derecha del papel, en el caso contrario cuando el proceso retroceda o invierta el sentido se representara con una flecha hacia el lado izquierdo del papel, en la situación donde existan varios niveles, la flecha con la punta hacia arriba indicara un proceso ascendente por el contrario si la punta de la flecha esta hacia abajo muestra un flujo del proceso descendente.
- Las distancias de hasta 1.5 metros no se considera para el registro, solo en el caso que sea necesario por su periodicidad y cantidad.
- *Diagrama de Recorrido:* Es una representación objetiva de cómo se lleva a cabo el proceso productivo dentro de la instalación, por ello es necesario complementar con un plano de distribución de maquinaria o planta (layout), con lo que se puede dar propuesta a un método de trabajo mejorado.

La elaboración del diagrama de recorrido debe tomar en cuenta los mismos datos informativos y adicionales que se mencionaron en el diagrama de flujo de proceso, luego se registra los almacenajes, operaciones, inspecciones y demoras. La manera más efectiva de representación es a través del plano layout, en donde se presentan las áreas a considerar además de mostrar las líneas de flujo para el movimiento del material.

### **2.1.6 Optimización del proceso**

Es el conjunto de esfuerzos que las empresas realizan para:

- El aumento máximo de la productividad.
- El aumento máximo de la seguridad.
- La reducción de costos de operación.

Su principal objetivo es de mantener los niveles de eficiencia y productividad al máximo posible, por medio de la dosificación y medición de variables que involucra el proceso tales como:

- Los niveles de inventario.
- Los niveles de energía.
- La temperatura de los materiales.
- Temperatura de las calderas.
- La presión de las calderas, etc.

A más de lograr los mejores resultados, la optimización lleva una planificación que aumenta la eficacia, por eso las ventajas que promueve son:

- Recopilar datos en tiempo real.
- Transformar datos en información útil.
- Proporcionarlos con agilidad (Cuadro de mando de gestión).
- Utilizarlos para apoyar la toma de decisiones.
- Medir resultados obtenidos.
- Realimentar el sistema.
- Promover la mejora continua y la optimización de procesos industriales.

### **2.1.7 Productividad**

Es un concepto que relaciona la cantidad de productos obtenidos mediante un proceso y los recursos empleados, en este concepto la productividad se considera como un indicador de eficiencia productiva, también se puede considerar el tiempo empleado. En otras palabras, se diría que mientras menor tiempo, mayor productividad se consigue, es lo que toda empresa busca. (Significados, 2019 pág. 1).

Productividad es la relación de insumos y productos por consiguiente representa el costo por unidad producida. Para (López, 2012) la mayor parte de empresas ya sean pequeñas, medianas o grandes utilizan la fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{número de unidades producidas}}{\text{tiempo total}} \quad (2)$$

La productividad observada es aquella que se mide durante un periodo de tiempo, mes, semana, día, etc. El estándar de producción es aquel que se tiene como referencia de producciones anteriores. (Jiménez, y otros, 2009 pág. 79)

Según (Empresarial, 2017 pág. 2) los índices de productividad por lo general están condicionados a un objetivo, en otras palabras, reflejan una faceta controlable en la producción y señalan la eficiencia del recurso. Se calculan a través del siguiente procedimiento:

- Elaboración del diagrama de flujo de proceso de producción.
- Diseñar la tabla de consumo: Se considera de acuerdo a los factores de mayor incidencia en la producción.
- Seleccionar unidades de mayor demanda.
- Organizar al personal para recolectar la información deseada.

Calcular periódicamente en fórmulas como lo muestra la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2.** Medición de indicadores de productividad

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	
$\frac{\text{Unidades producidas diarias}}{\text{horas máquina}}$ <p>(3)</p>	$\frac{\text{Total de unidades producidas}}{\text{Total de horas hombres trabajadas * Número de trabajadores}}$ <p>(4)</p>

Fuente: (Empresarial, 2017 pág. 4)

### 2.1.8 Eficiencia Productiva

Se entiende como la maximización del límite de los outputs según la cantidad de input utilizados. La eficiencia trabaja acompañada de la productividad debido a su relación directa en cuanto al aprovechamiento o desperdicio para hacer transformaciones en la materia, en esta rama se incluyen tiempo y espacio.

La medida de la ineficiencia productiva ha sido objeto de estudio en relación a los límites de producción porque la ineficiencia representa el nivel actual de producción en comparación al máximo alcanzable. El cálculo del límite máximo alcanzable para (Morelos, 2016 pág. 4) es:

$$\text{Eficiencia productiva} = \frac{\text{Resultado real alcanzado}}{\text{Resultado esperado}} * \frac{\text{Tiempo real invertido}}{\text{Tiempo previsto}} \quad (5)$$

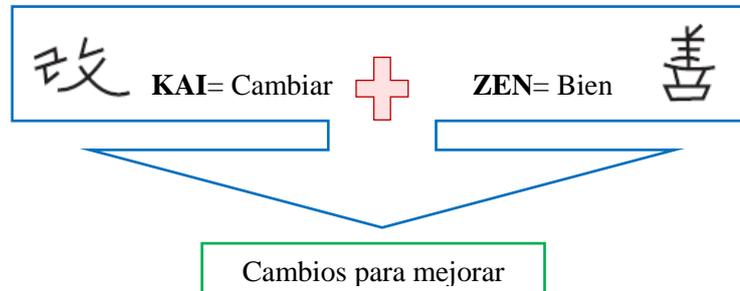
La eficiencia productiva integra una serie de factores necesarios para analizar por mencionar se tiene:

- Utilidad de la Maquinaria: Es la relación del tiempo de ciclo por las unidades entrantes sobre el tiempo operativo o real de trabajo de la máquina.
- Rendimiento hora hombre: Es la relación de lo que produce el operario con el tiempo que se trabaja.
- Rendimiento de horas máquina: Es la relación de todo el tiempo que la máquina está encendida con lo que se produce.

### 2.1.9 Metodología Kaizen

“La metodología Kaizen nos enseña a no subestimar el impacto de lo simple. La suma de pequeños aportes constituye una gran mejora”. (Salazar, 2016 pág. 78)

Para definir la metodología Kaizen es necesario establecer el significado de la palabra: **Kai**= cambio y **Zen**= bueno, de otra forma dicha mejora continua. El Gráfico 4-2 muestra la escritura en su lenguaje originario.

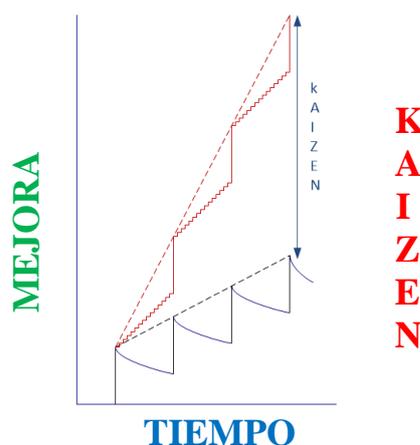


**Gráfico 4-2.** Significado Kaizen

Fuente: (Para Conesa, 2007 pág. 2)

Kaizen está apoyado en dos pilares indispensables para su implementación: equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial. Esto se acompaña de la estandarización del proceso manejado a través del criterio de productividad con un enfoque muy interesante en la “eliminación de desperdicio” o conocido de otra forma como muda. (Kaizen Un Caso De Estudio, 2010 pág. 5)

La mejora continua es un proceso sistemático constante llevado a cabo por la participación multidisciplinaria de todos los miembros de una entidad, lo que quiere decir que es una mejora incremental encargada de solucionar las causas que afectan los resultados deseados. El Gráfico 5-2 detalla los resultados que se obtienen en la organización en combinación de innovación, mejora y Kaizen. (Anónimo, 2015 pág. 6)



**Gráfico 5-2.** Relación de la mejora continua con Kaizen

Fuente: (Salazar, 2016 pág. 8)

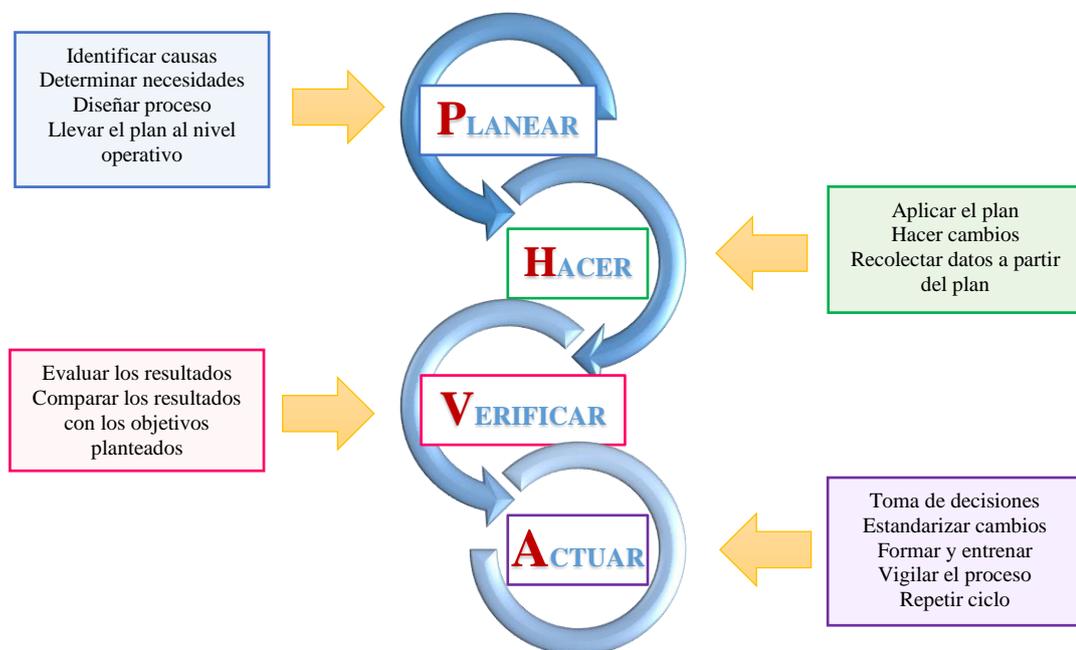
Los fundamentos importantes que garantizan la solución óptima en el proceso de la organización a través de la metodología Kaizen son: compromiso y disciplina. Debido a esto se dice que el equipo de trabajo integrado desde gerencia hasta operarios entiende que ante la presencia de un problema se debe dar solución inmediatamente y seguir mejorando.

Según (Kaizen Un Caso De Estudio, 2010 pág. 4) los principios de la metodología Kaizen son cuatro:

- *Restricciones Positivas:* Se refiere a restringir todas las situaciones que impidan la continuidad de la mejora o a su vez estén afectando directamente el desarrollo del proceso.
- *Restricciones Negativas:* Su fundamento radica en integrar restricciones que obstaculicen el continuo desarrollo del proceso, por ende, se convierte en más lento de lo habitual.
- *Enfoque:* Se basa en destinar los recursos con mayor énfasis a aquellas actividades que son claves en la organización para su competitividad.
- *Facilitador:* El principio se refiere a la flexibilidad de la organización para manejar el proceso tanto en cambio de actividades como en la simplificación.

#### 2.1.9.1 Origen de la metodología Kaizen

La metodología Kaizen se basó en el ciclo de Deming también conocido como PHVA debido a la importancia que otorga en el cumplimiento de la mejora continua en el sistema. De acuerdo a la Figura 1-2., la estrategia que responde a:



**Figura 1-2.** Ciclo de Deming

Fuente: Autores

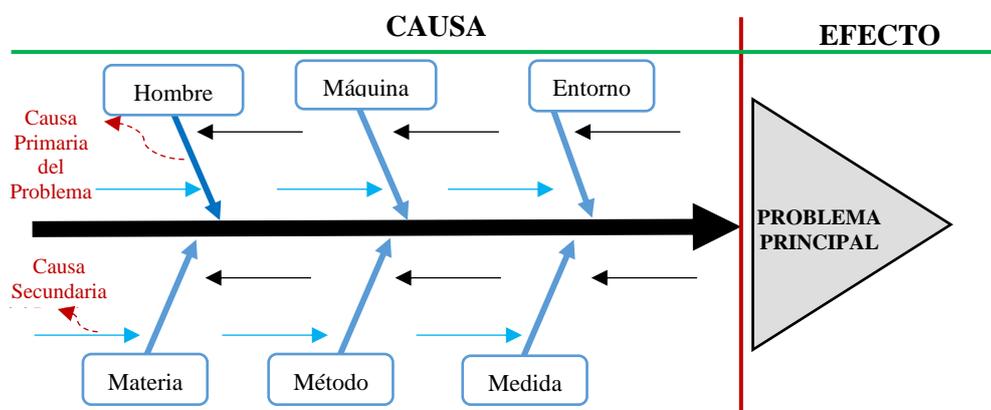
- *Planear*: Es la proyección que tiene la implementación del plan en relación a su eficaz cumplimiento para obtener un resultado óptimo en el proceso a mejorar. En esta etapa se pretende definir el problema estudiando la situación actual, tomando en cuenta las causas potenciales que lo generan, para ello se utilizan algunas herramientas: Diagrama de Pareto, cartas de control, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, diagrama de dispersión.
- *Hacer*: En este paso se lleva a cabo la planificación mencionada anteriormente destinando los recursos que implique el proyecto.
- *Verificar*: Se trata de comprobar que las etapas antes implementadas han actuado de acuerdo al objetivo establecido para el proceso, este paso requiere de un constante monitoreo que verifique los resultados con algunas de las posibles herramientas: histograma, estandarización, inspección, cartas de control.
- *Actuar*: Se establecen dos posibles alternativas, una con enfoque a detectar errores parciales que serán mejorados rápidamente y la otra es dejar las modificaciones debido a que los errores son insalvables.

La importancia del ciclo radica en establecer planes futuros y considerar que el proceso debe tener constante monitoreo con mejora continua, esto lleva a mejorar la productividad, reduce precios, mejora la participación en el mercado, supervivencia de la empresa, provee nuevos puestos de trabajo y aumenta la rentabilidad de la empresa.

#### 2.1.9.2 Herramientas de la metodología Kaizen

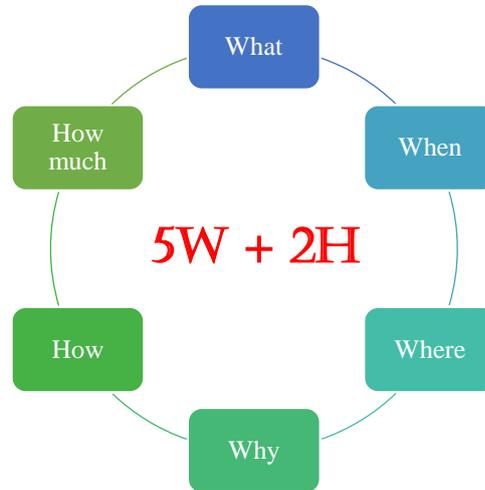
Para (Inteligente, 2019) las herramientas que generalmente se usan en la metodología Kaizen son:

- *Ishikawa o diagrama causa y efecto*: Se emplea con la finalidad de establecer las posibles variables que influyen en el proceso actual, su importancia radica en encontrar la causa raíz del problema. En la Figura 2-2 se muestra un ejemplo del diseño manejado por Ishikawa.



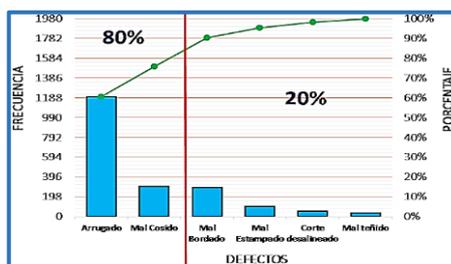
**Figura 2-2.** Ejemplo del diagrama Ishikawa  
Fuente: Autores

Para establecer el procedimiento adecuado en la construcción de un diagrama casa-efecto se recomienda utilizar la técnica 5w+2h, misma que según (Lean, 2014) responde a las palabras inglesas descritas en la Figura 3-2.



**Figura 3-2.** Técnica 5w + 2h  
Fuente: Autores

- a. What? / ¿QUÉ?: Se describe de forma corta el problema.
  - b. When? / ¿CUÁNDO?: Se establece el momento cuando sucede el problema.
  - c. Where? / ¿DÓNDE?: La parte que evidencia el problema (máquina, línea, etc.).
  - d. Who? / ¿QUIÉN?: A quien le sucede el problema.
  - e. Why? / ¿POR QUÉ?: Las causas de problema.
  - f. How? / ¿CÓMO?: El problema es aleatorio o sigue un patrón.
  - g. How much? / ¿CUÁNTO?: Cuantos problemas se dan en un determinado tiempo.
- *Pareto*: Es un diagrama que estudia las variables significativas priorizando el análisis en las causas más importantes y las triviales a través de la frecuencia en ocurrencia. Se basa en el principio 80-20, lo que significa que el 80% de defectos se suscitan por el 20% de las causas. El Gráfico 6-2 indica un ejemplo de uso para el diagrama. (López, 2016 pág. 1)



**Gráfico 6-2.** Ejemplo del diagrama Pareto  
Fuente: (Easy, 2018 pág. 3)

- *Encuestas de diagnóstico:* Se elaboran de acuerdo al análisis enfocado a la situación actual y el grado de participación que tiene Kaizen en el proceso, se recomienda usar preguntas cerradas con una respectiva calificación entre malo, regular, bueno y excelente.

### 2.1.9.3 Procedimiento para implementar la metodología Kaizen

Para (Inteligente, 2019 pág. 1) el procedimiento manejado en la implementación de la metodología Kaizen se centra en siete actividades principales como:

- *Selección del tema:* Se dirige directamente a los objetivos que se desea solventar en la organización acorde de las distancias áreas, por ejemplo: seguridad industrial (disminución en accidentes), calidad (requerimientos del cliente), productividad (mejora de tiempos), medio ambiente (desechos).
- *Equipo de Trabajo:* Es una de las fases muy importantes debido a que son el eje motriz para hacer funcionar la metodología tomando en cuenta que las personas deben ser multidisciplinarias aportando con conocimiento y experiencia. En este paso se recomienda nombrar un líder encargado de distintas actividades en coordinación con gerencia.
- *Obtención y Análisis de datos:* Se trata de encontrar las causas que generan los problemas empleando distintas herramientas de Kaizen como Ishikawa además de encuestas con un grado de valoración que va de acuerdo a los principios o elementos básicos influyentes en el proceso. (Evaluación inicial de un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción., 2018 pág. 7)
- *Gembutsu Gemba:* Estas dos palabras hacen mención al producto y área de análisis donde ocurre el problema. Gembutsu= producto, Gemba= área.
- *Plan de Contramedidas:* Centraliza su atención en las causas críticas evidenciadas anteriormente para efectuar soluciones en su afán por anularlas.
- *Seguimiento y evaluación de resultados:* Se enfoca al estricto monitoreo de las implementaciones efectuadas en el sistema, considerando que el proceso debe ser flexible al cambio.
- *Estandarización y Expansión:* Cuando los datos registrados han dado resultado de acuerdo a lo esperado se registra como un modelo para otros procesos que pueden ser manejados por nuevas personas.

### 2.1.9.4 Beneficios de la metodología Kaizen

Los beneficios que (Salazar, 2016 pág. 19) señala para la metodología Kaizen son:

- *Optimización de los recursos:* Se refiere a la forma de utilización de los recursos con resultados por encima de lo esperado realizada de la mejor manera en esa estrecha relación con la eficiencia y la eficacia. (Serra, 2018)
- *Implementación de soluciones rápidas:* Dar solución al problema en el instante, dejando atrás los análisis complejos en participaciones burocráticas.
- *Criterio de nulo o bajo costo:* Este criterio se maneja debido a que la metodología Kaizen centra su aporte en la participación y estímulo del personal.
- *Participación activa del operario en todas las etapas:* Se sustenta en que el operario es la persona que posee mayor experiencia y conocimiento de las actividades desarrolladas en el proceso por ende merece igual respeto que cualquier otro burócrata.
- Satisfacción del cliente debido a que se debe ofrecer mayor calidad en el producto terminado.
- Disminución de desperdicios y despilfarros para la organización.
- Capacidad de solventar las necesidades del mercado a través de la competitividad.

#### **2.1.10 Herramienta 5's**

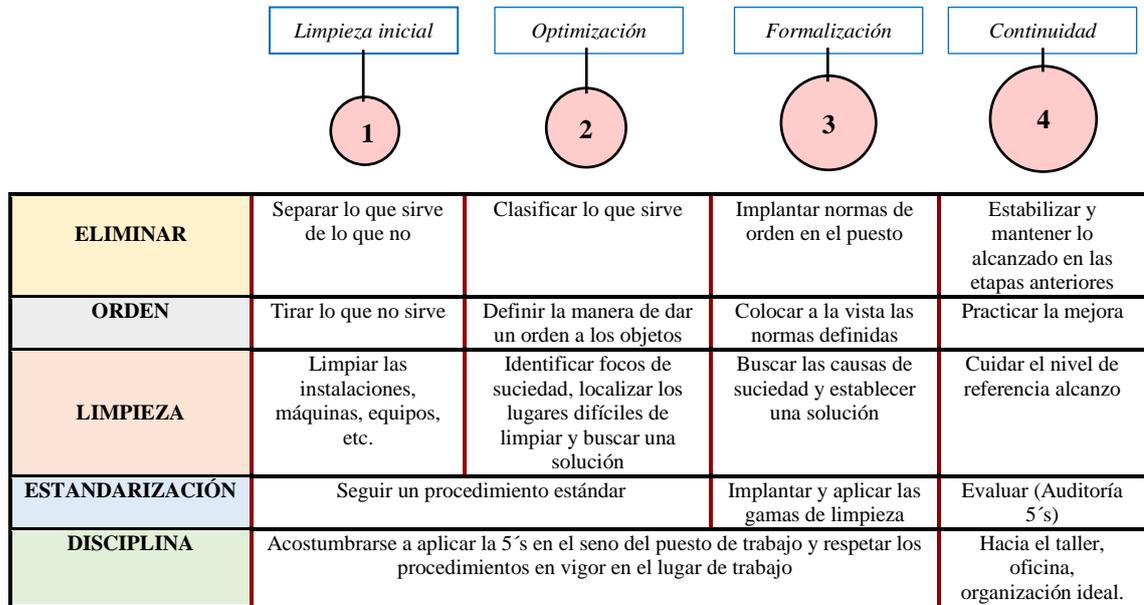
Las 5's es una herramienta diseñada en Japón como principios direccionados a desarrollar actividades de orden y limpieza conjuntamente con la detección de problemas en el puesto de trabajo, permitiendo la participación de todos los integrantes de la organización.

##### **2.1.10.1 Significado de las 5's**

- **Seiri** (Eliminar): Se plantea la meta de garantizar la estabilidad del lugar de acuerdo a la selección de lo que sirve y no, estableciendo normas de organización acorde de una previa clasificación. (Rey, 2005)
- **Seiton** (Ordenar): Se sitúan los objetos de acuerdo a su lugar designado bajo el eslogan “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”, de tal forma que sean accesibles y visibles para cualquier persona. (Rey, 2005)
- **Seiso** (Limpiar): No se trata de dejar en una limpieza extrema, más bien dicho se requiere que la persona sea responsable de su área de trabajo además de trabajar en grupo para eliminar las fuentes de suciedad.
- **Seiketsu** (Estandarizar): Mantener las normas establecidas de acuerdo a los estándares en controles visuales.
- **Shitsuke** (Disciplina): Las normas aplicadas deben ser rigurosamente cumplidas hasta convertirlas en un hábito para la organización, implementando hojas de control y responsables en cada área para garantizar la mejora continua en el proceso.

### 2.1.10.2 Etapas de las 5's

Seiri, Seiton y Seiso son fases operativas manejadas directamente con el puesto de trabajo. Seiketsu en cambio permite que los estándares aplicados se mantengan acorde lo implementado. Shitsuke conduce a desarrollar la mejora continua. El Gráfico 7-2., indica un resumen de lo mencionado anteriormente.

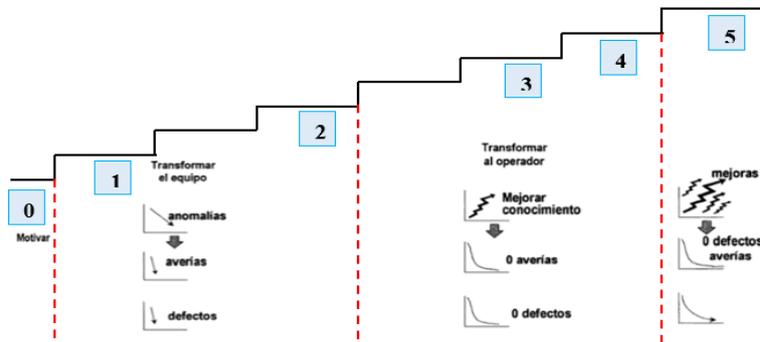


**Gráfico 7-2.** Etapas de las 5's

Fuente: (Rey, 2005 pág. 89)

### 2.1.10.3 Efectos de las 5's

El Gráfico 8-2., es un claro ejemplo de los efectos positivos que genera la implementación de la herramienta entre las que se halla: motivación, transformación del equipo, transformación del operador, minorías en los niveles de inventarios, más espacio en el lugar de trabajo, mejor imagen de la empresa, mayor compromiso, menos movimientos, mayor productividad, etc.

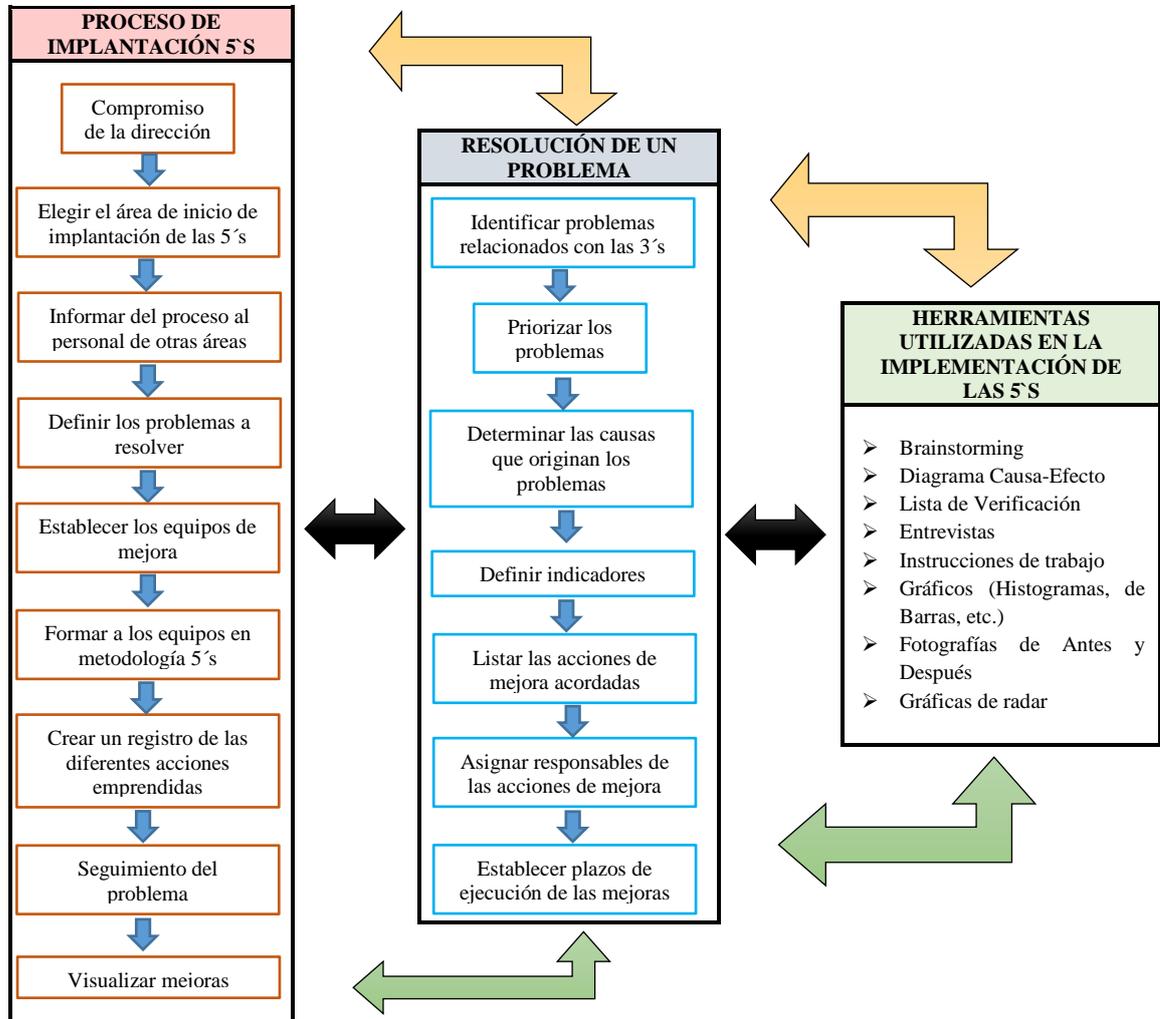


**Gráfico 8-2.** Efectos de las 5's

Fuente: (Rey, 2005 pág. 90)

#### 2.1.10.4 Implementación de la herramienta 5´s

El Gráfico 9-2., detalla a profundidad las herramientas que permiten el proceso de estudio, análisis e implementación de las 5´s, especialmente para la resolución de problemas y permitir que la mejora continua siga su curso.



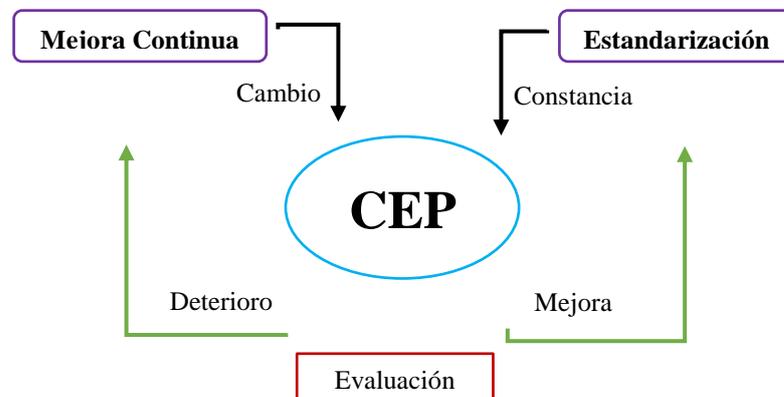
**Gráfico 9-2.** Implementación de las 5's  
Fuente: (Manual de Implementación Programa 5 S, 2006)

#### 2.1.11 Control Estadístico del Proceso

En la actualidad las empresas adoptan un hábito de mejora continua, debido a las exigencias por parte de los clientes y la competencia existente por la globalización actual. La producción necesita un sistema continuo de monitoreo donde se debe incluir la investigación científica por medio de experimentos.

El Control Estadístico del Proceso permite analizar minuciosamente el proceso de acuerdo a un conjunto de técnicas estadísticas englobando seis fuentes básicas como: mano de obra,

maquinaria, materiales, método, medio ambiente y medición. El propósito de la investigación es recopilar, estudiar y analizar la información con la finalidad de reducir los efectos negativos o aumentar los positivos, tomando la mejor decisión a partir de la optimización global del sistema. La Figura 4-2., representa el ciclo que maneja el CEP.



**Figura 4-2. Círculo del CPE**  
Fuente: Autores

La aplicación del CEP requiere principalmente el cumplimiento de dos factores en el proceso: medible y repetitividad. Para la estabilidad del proceso de acuerdo al CEP es necesario monitorearlo periódicamente con un tamaño de muestra predeterminado, además que las variaciones del proceso deben estar dentro de los límites permisibles.

### **Obtención y registro de la información con mediciones confiables**

Los datos llevados a cabo en el estudio a través de registros implican una serie de análisis debido a que tienen una participación mayoritaria en la decisión final tomada para el proceso. La información debe ser clara y estar acorde de hojas estandarizadas siendo de fácil comprensión para las personas.

### **Variabilidad**

La variabilidad en un proceso industrial se presenta en magnitudes bajas y altas de acuerdo al control que se establezca; sin embargo, cabe aclarar que la variabilidad se presenta generalmente por causas comunes y especiales. Las causas comunes no se pueden evitar, pero las causas especiales son claramente identificables y tratables.

### **Diseño de Experimentos**

Diseño de Experimentos es un método perteneciente al CEP, muy preciso en la investigación experimental especialmente en la obtención de conclusiones válidas y objetivas en la

identificación de factores y variables intervienen en el comportamiento de cualquier proceso productivo y con esto mejorarlo. (Gutiérrez, y otros, 2008 pág. 205)

Los diseños de experimentos para que se validen como aceptables y confiables deben cumplir los siguientes supuestos:

- *Supuesto de Normalidad:* Es un procedimiento gráfico manejado en residuos que consiste en una gráfica de probabilidad normal incluida en los paquetes estadísticos, con ciertas condiciones para su aceptación.
- *Supuesto de Homogeneidad de Varianzas:* Se refiere a la igualdad de varianza en los resultados del tratamiento, es decir  $\sigma_1 = \sigma_2$ , y así sucesivamente. Uno o varios datos fuera de contexto modifican la varianza.

También se menciona que cada respuesta de  $Y_{ij}$  debe encontrarse dentro de cada tratamiento con una variación parecida o igual a la de otro tratamiento. Este supuesto puede ser probado postulado como: hipótesis nula y alterna.

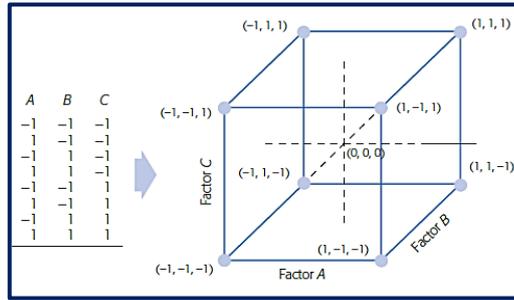
- *Supuesto de Independencia:* Para el supuesto de independencia el orden de las corridas experimentales cumple un orden lógico, esto se construye con una gráfica en los ejes X-Y, donde X presenta el orden de la prueba experimental que se corrió y en Y se grafica el correspondiente residual de esa prueba. Si al graficar en el eje horizontal el orden de corrida y en el eje vertical los residuos, se detecta una tendencia o patrón no aleatorio claramente definido, esto es evidencia que existe una correlación entre los errores y, por lo tanto, el supuesto de independencia no se cumple.

### **Cuadro ANOVA**

Es un arreglo dado por las fuentes de variabilidad, seguido de la sumatoria de cuadrados, grados de libertad, cuadrados medios, valor observado, valor crítico (F) y su probabilidad de significación (valor P) en cada componente.

### **Diseño factorial $2^3$**

En este diseño se estudian tres factores diferentes de dos niveles cada uno, consta de 8 tratamientos, mientras menor sea el valor-p para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable respuesta, en el Gráfico 10-2., se ve el diseño factorial  $2^3$  y su representación geométrica.



**Gráfico 10-2.** Representación geométrica diseño  $2^3$   
**Fuente:** (Gutiérrez, y otros, 2008)

En la Tabla 4-2 se resaltan las ecuaciones empleadas en un análisis del ANOVA para un diseño factorial  $2^3$ , mismo que otorga los efectos influyentes en el proceso.

**Tabla 4-2.** Análisis ANOVA diseño  $2^3$

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F<sub>0</sub></i>	Valor- <i>p</i>
<i>A</i>	<i>SC<sub>A</sub></i>	1	<i>CM<sub>A</sub></i>	<i>CM<sub>A</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>B</i>	<i>SC<sub>B</sub></i>	1	<i>CM<sub>B</sub></i>	<i>CM<sub>B</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>C</i>	<i>SC<sub>C</sub></i>	1	<i>CM<sub>C</sub></i>	<i>CM<sub>C</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>AB</i>	<i>SC<sub>AB</sub></i>	1	<i>CM<sub>AB</sub></i>	<i>CM<sub>AB</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>AC</i>	<i>SC<sub>AC</sub></i>	1	<i>CM<sub>AC</sub></i>	<i>CM<sub>AC</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>BC</i>	<i>SC<sub>BC</sub></i>	1	<i>CM<sub>BC</sub></i>	<i>CM<sub>BC</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
<i>ABC</i>	<i>SC<sub>ABC</sub></i>	1	<i>CM<sub>ABC</sub></i>	<i>CM<sub>ABC</sub>/CM<sub>E</sub></i>	$P(F > F_0)$
Error	<i>SC<sub>E</sub></i>	$2^3(n - 1)$	<i>CM<sub>E</sub></i>		
Total	<i>SC<sub>T</sub></i>	$n2^3 - 1$			

**Fuente:** (Gutiérrez, y otros, 2008 pág. 210)

## Materiales

Los materiales empleados para el desarrollo de la Aplicación del Diseño Experimental son:

- *Hoja de registro de datos:* Debido a las variables cuantitativas es necesario realizar la recolección de datos.
- *Hojas de control:* Las hojas de control permiten registrar el número de productos elaborados satisfactorios y defectuosos desarrollados en el área de producción.
- *Microsoft Excel:* Es un programa en la cual realizamos hojas de cálculo con la finalidad de obtener graficas a partir de los datos registrados.
- *Software MINITAB:* La importancia de utilizar este software es porque permite determinar corridas experimentales del proceso a través de factores establecidos en las hojas de registro de datos y hojas de control.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Generalidades de la Empresa

##### 3.1.1 *Reseña Histórica*

“Textiles Industriales Ambateños S.A.” es una empresa con 26 años de trayectoria en la elaboración y comercialización de lonas de algodón para la industria de calzado, siendo su principal cliente Plasticaucho Industrial S.A., fundada por Don Enrique Cuesta Holguín junto a sus hermanos José y Patricio Cuesta Holguín. En el año 2015 incorpora un nuevo negocio en fabricación de suelas para calzado, proyecto que implicó la construcción de la cuarta nave de producción. (Teimsa, 2018)

La nueva planta de inyección inició sus labores con una inyectora estacionaria bicolor para suelas especiales, posteriormente se importaron dos inyectoras rotativas de alta producción para suelas monocolor de material sólido y expandido. (Teimsa, 2018)

Actualmente la planta cuenta con dos inyectoras estacionarias CN, cuatro rotativas CN, una prensa modelo XFP150-6 semiautomatizada especial para material EVA, un túnel de estabilizado EVA, tres balanzas electrónicas, dos troqueladoras automatizadas para plantillas, nueve trituradoras de 380V, dos pesas electrónicas, diecisiete estantes para almacenamiento, una mezcladora de 220 V, siete balanzas digitales, dos molinos eléctricos de 220V, entre otros elementos que permiten abastecer la industria nacional de calzado.

##### 3.1.2 *Ubicación de la Planta*

“Textiles Industriales Ambateños S.A.” se encuentra ubicada en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Santa Rosa, Calle Bernardino Echeverría, Kilómetro 7 ½ vía Guaranda como lo indica el Gráfico 1-3.



**Gráfico 1-3.** Ubicación de la empresa  
Fuente: (Maps, 2019)

Planta de Inyección en TEIMSA



**Gráfico 2-3.** Ubicación de la Planta de Inyección  
Fuente: (Teimsa, 2018)

### 3.1.3 Misión

“Ofrecemos productos textiles, materiales para calzado y servicios de excelente calidad, satisfaciendo a nuestros clientes mediante asesoría directa, utilizando tecnología de punta, altos niveles de eficiencia y dinamismo empresarial (Teimsa, 2018)”

### 3.1.4 Visión

“Ser una empresa textil integrada, líderes en productos y servicios de óptima calidad, comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes nacionales e internacionales, contribuyendo al desarrollo de la comunidad (Teimsa, 2018)”

### 3.1.5 Estructura Jurídica

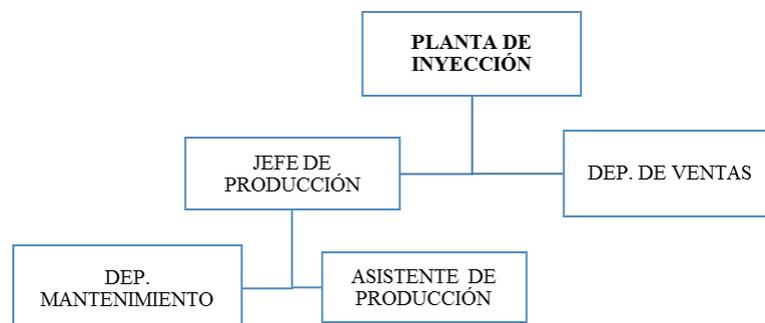
La Estructura Jurídica que maneja “Textiles Industriales Ambateños S.A.” se describe en la Tabla 1-3.

**Tabla 1-3.** Estructura Jurídica

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	“Textiles Industriales Ambateños S.A.”	
<b>SECTOR ECONÓMICO</b>	Textil	
<b>CONFORMACIÓN JURÍDICA</b>	Empresa Privada	
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>Provincia</b>	Tungurahua
	<b>Cantón</b>	Ambato
	<b>Parroquia</b>	Santa Rosa
	<b>Dirección</b>	Km 7 ½ vía Guaranda
<b>INSTALACIONES</b>	Propias	
<b>TELÉFONOS</b>	(593) 3 2754193 – 3 2754054	
<b>CORREOS ELECTRÓNICOS</b>	info@teimsa.com.ec	

Fuente: (Teimsa, 2018)

### 3.1.6 Organigrama Organizacional de la Planta de Inyección



**Figura 1-3.** Organigrama Organizacional

Fuente: Autores

### 3.1.7 Personal de la empresa “TEIMSA”

El personal que integra “Textiles Industriales Ambateños S.A.” se caracteriza principalmente por la confiabilidad, respeto y honestidad que aporta a cada una de las actividades que tiene a su cargo brindando un adecuado ambiente de trabajo en la empresa. La Planta de Inyección cuenta con el personal detallado en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3.** Descripción del Personal Planta de Inyección

ÁREA	CARGO		NÚMERO DE TRABAJADORES
ADMINISTRATIVA	JEFE DE PRODUCCIÓN		1
	ASISTENTE DE PRODUCCIÓN		1
	MANTENIMIENTO		2
	<b>TOTAL</b>		<b>4</b>
ÁREA	SUBAREA	CARGO	NÚMERO DE TRABAJADORES
PRODUCCIÓN	INYECCIÓN	OPERARIO-MÁQUINA EVA	6
		OPERARIO-MÁQUINA TIENKANG	1
		OPERARIO-MÁQUINA MG ROTATIVA	1
		OPERARIO-ESTACIONARIA	2
		OPERARIO-MÁQUINA WINTECH 1	2
		OPERARIO-MÁQUINA WINTECH 2	2
		OPERARIO-MÁQUINA SABA	2
		<b>TOTAL</b>	<b>16</b>
	TROQUELADO	OPERARIO-MÁQUINA TROQUELADORA MANUAL	1
		OPERARIO-MÁQUINA TROQUELADORA AUTOMATIZADA	2
		<b>TOTAL</b>	<b>3</b>
	CALIDAD	OPERARIO- PRODUCTO TERMINADO	2
		OPERARIO-MATERIA PRIMA	1
		OPERARIO-MOLIDO	1
		<b>TOTAL</b>	<b>4</b>
	<b>TOTAL TRABAJADORES</b>		

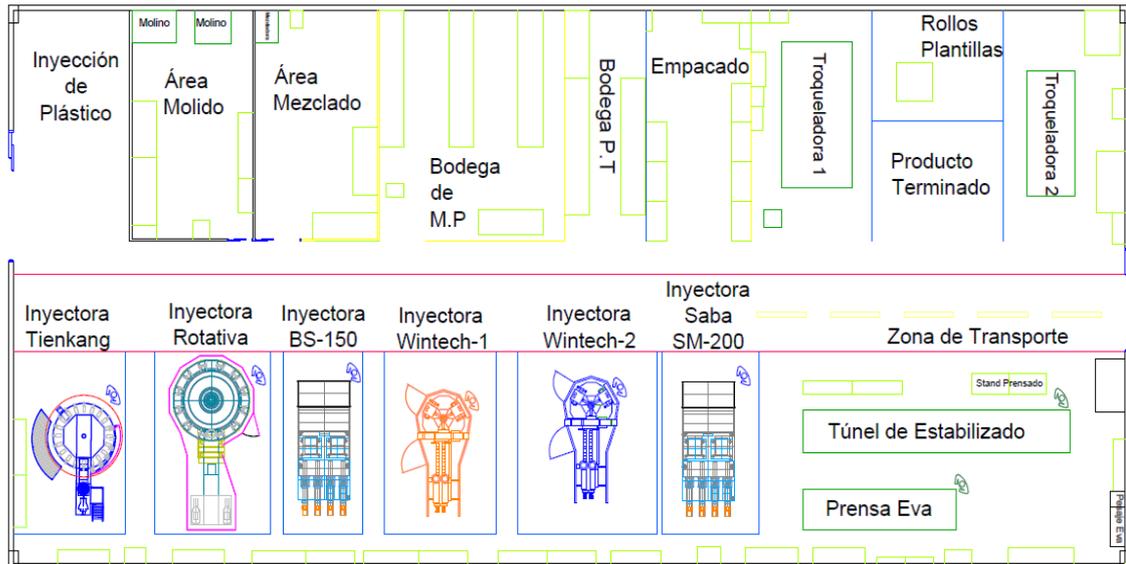
Fuente: Autores.

### 3.1.8 Distribución de la Planta de Inyección

La distribución de la Planta de Inyección en “Textiles Industriales Ambateños S.A.”, está integrada por distintas áreas entre ellas: bodega materia prima, inyectoras, prensa, troqueladoras,

moldes, bodega producto terminado, reprocesos y mezclas. En la Figura 2-3 se indica un esquema de la distribución general.

Las inyectoras se encuentran cercanas al área de mezclado y bodega materia prima debido a la importancia de transportar el material a la maquinaria; sin embargo, cabe resaltar que también están junto a la bodega producto terminado. Para el cambio de moldes el transporte requiere distancias cortas por la ubicación que tienen. El ANEXO A muestra los planos dimensionales de la Planta.



**Figura 2-3.** Esquema de Distribución Planta de Inyección

Fuente: Autores

### 3.2 Descripción del Proceso Productivo

#### 3.2.1 Proceso de inyección de suelas en materiales TR, PVC y Expanso

El moldeo por inyección inicia con la orden de producción receptada en bodega, quienes se encargan de realizar la clasificación del material tomando en cuenta 25% de reprocesos, 75% de material virgen y 2kg adicionales para las purgas de la maquinaria.

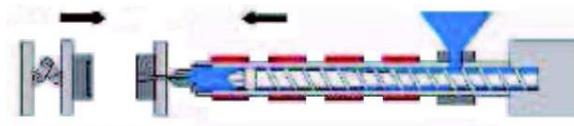
Los materiales PVC (Policloruro de Vinilo) y TR (Goma Termoplástica) generalmente son granulados y colocados en un depósito para ser transportados a la máquina, la cual funde el material de acuerdo a los parámetros establecidos por el operario.

El polímero en estado líquido fluye a través de los conductos o cavidades que se encuentran a una temperatura menor al del material, el proceso continúa hasta llenar un molde que también presenta paredes frías. (Beltrán, y otros, 2012)

El enfriado del material en los moldes depende directamente de la funcionalidad de la máquina; sin embargo, se deben resaltar dos fases importantes: una de inyección en el molde y otra de fusión del material.

Según (Mariano, 2011 pág. 40) el proceso de inyección por lo general es automatizado y se integra a la maquinaria generalmente por cuatro etapas principales como:

- *Cierre del molde:* Se define como el inicio del proceso ya que la máquina se prepara para mantener el molde cerrado mientras realiza la inyección, se relaciona directamente con la presión específica y la superficie. El Gráfico 3-3., representa gráficamente la fase en mención.



**Gráfico 3-3.** Cierre del molde

Fuente: (Mariano, 2011 pág. 40)

- *Inyección:* En esta etapa se identifican tres fases: llenado, mantenimiento y enfriamiento. En la fase de llenado el material fundido es inyectado en el molde a través del avance del husillo sin rotación con una alta presión y un tiempo variable dependiente de la cantidad de polímero. Los parámetros que gobiernan la fase son: temperatura del material, velocidad y presión de inyección. La inyección debe ocurrir rápidamente ya que una vez que el material toca el molde empieza su proceso de enfriamiento y solidificación.

Cuando la fuerza de cierre del molde es menor a la presión de inyección ocurre un fenómeno defectuoso para la línea de partición debido al forzamiento de despliegue por lo cual el material tiende a salir de la cavidad generando rebaba y un trabajo anexo para el operario.

La fase de mantenimiento inicia cuando disminuye la presión interna de la pieza además de ser equilibrado en la contracción por la solidificación de la pieza. Esta fase es manejada por variables como: temperatura del molde, nivel de presión, tiempo en la segunda presión. El propósito de la etapa es controlar las características finales del producto a destacarse: peso final, dimensiones, tolerancias y características internas.

La fase enfriamiento comienza cuando el material a través de la inyección ingresa al molde en contacto con las paredes frías; sin embargo, para retirar la pieza es necesario considerar

que los extremos del producto se encuentren estables en su contextura. El Gráfico 4-3 representa gráficamente las fases en mención.



**Gráfico 4-3.** Fase de llenado y mantenimiento

Fuente: (Mariano, 2011 pág. 43)

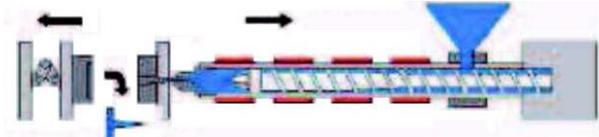
- *Dosificación:* La fase de dosificación se realiza de forma simultánea después del enfriamiento iniciando por el giro del husillo debido a que en esta instancia la tolva libera el material a la cámara de inyección para la siguiente pieza, considerando los parámetros de: velocidad de giro del husillo, contrapresión y succión El Gráfico 5-3., representa gráficamente la fase descrita.



**Gráfico 5-3.** Fase de plastificación o dosificado

Fuente: (Mariano, 2011 pág. 44)

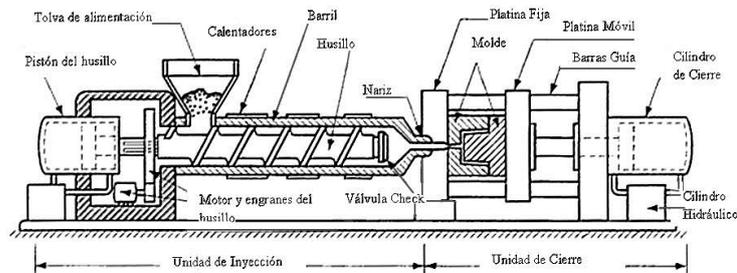
- *Apertura del molde y expulsión de la pieza:* Su importancia radica en dar inicio al nuevo ciclo de inyección considerando que el polímero alcanzó la temperatura de extracción requerida. El Gráfico 6-3., es una representación gráfica de la fase en mención.



**Gráfico 6-3.** Apertura del molde y expulsión de la pieza

Fuente: (Mariano, 2011 pág. 44)

Las máquinas inyectoras por lo general están constituidas por los elementos mostrados en el Gráfico 7-3., cabe señalar que la mayoría de inyectoras tienen los mismos sistemas con diferencias únicamente en tamaño, unidad de cierre y diseño de la unidad de plastificación.



**Gráfico 7-3.** Partes de una máquina inyectora típica

Fuente: (Mariano, 2011 pág. 45)

## **Variables influyentes en las máquinas inyectoras**

En el proceso de inyección existen muchas variables que intervienen de forma directa o indirecta, para localizar cuáles son las mejores variables se debe tener un conocimiento amplio del proceso y saber cuáles tienen mayor influencia sobre el producto.

- *Temperatura de inyección:* La temperatura en que los materiales poliméricos llegan a tener las condiciones idóneas para poder obtener la forma del molde, la unidad de inyección por lo general tiene de tres a cinco zonas de temperatura todas ellas en el cilindro, las temperaturas pueden verse influidas por la geometría del usillo, la viscosidad del material, longitud del flujo, entre otros, a esto hay que sumarle la importancia de refrigerar la salida del material por estas razones:
  - a. Evita la formación de un tapón
  - b. Controla la temperatura del fluido que acciona el husillo
  - c. Favorece el flujo del material

La temperatura se eleva desde la zona de alimentación, luego la zona de la boquilla, esta debe ser uniforme para evitar la descomposición del material, la viscosidad con la que se inyecta el material es influyente ya que de esta dependerá la contracción o el cambio volumétrico.

- *Temperatura del molde:* Esta temperatura es influyente al momento de obtener la calidad de la pieza inyectada, se debe enfriar el molde para obtener la solidificación de la pieza de manera que este enfriamiento sea uniforme, esto se consigue pasando algún tipo de fluido por el molde.
- *Tiempo de inyección:* El tiempo de inyección es inverso a la velocidad de inyección, la velocidad de inyección está directamente proporcional a la presión de inyección, se debe tener en cuenta la diferencia de velocidades de inyección ya que al principio y al final son menores, se recomienda para las condiciones de operación seleccionar un tiempo de inyección, con esto se minimiza la presión la diferencia de temperaturas.
- *Tiempo de enfriamiento:* Se debe tomar en cuenta que no se debe retirar la pieza inmediatamente del molde por lo contrario debe existir un tiempo para que la pieza no se vea afectada a la hora del desmoldeo, sin embargo se las puede retirar cuando los extremos estén fríos sin que exista deformaciones, esto aumenta el tiempo de ciclo en gran porcentaje, mejora la productividad del proceso, las condiciones de temperatura tanto en el exterior como en el interior del molde afecta a la pieza.
- *Contrapresión:* La contrapresión cumple la función de frenar el husillo en la fase que se carga el material, se recomienda una contrapresión entre 5 y 10 MPa, ya que si se cuenta con valores muy bajos las piezas estarán con poca homogenización

### 3.3 Máquinas inyectoras en “Textiles Industriales Ambateños S.A.”

#### 3.3.1 Máquina inyectora TIENKANG

La máquina inyectora Tienkang es procedente de Taiwán, está diseñada para producir suelas y calzado en una variedad de materiales tales como: TR, TPR, PVC, y TPU, garantizando una buena calidad como se muestra en la Figura 3-3. (Imocom, 2019)



**Figura 3-3.** Máquina TIENKANG en Planta de Inyección  
**Fuente:** Autores.

Las características técnicas de la máquina se detallan a continuación:

**Tabla 3-3.** Características técnicas de la máquina inyectora Tienkang

CARACTERÍSTICA	MEDICIÓN
TIPO	TK-980 CA-10P
AÑO	2015
MOTOR	22,5 KW
VOLTAJE	220V
SISTEMA DE PRESIÓN	120 $kg/cm^2$
POTENCIA TOTAL	33,2 KW
NÚMERO DE ESTACIONES	20
FUERZA DE SUJECIÓN DEL MOLDE	70 Tm
DIMENSIÓN DE LA MÁQUINA	1280*250*230 Mm
PESO	18,5 Tm
CÓDIGO EMPRESA	MAQ-INY- INYROT02

**Fuente:** Autores

Este modelo en particular sirve para la inyección de suelas monocolor, considerando que la máquina al tener un modelo tipo C, su usillo giratorio permite reducir el tiempo de enfriamiento y aumentar la producción.

### 3.3.2 *Máquina inyectora MG-Rotativa*

La máquina inyectora MG- Rotativa está diseñada para producir elementos de calzado en materiales termoplásticos compactos o expandidos. La inyectora cubre las necesidades en los usuarios que requieren: calidad, productividad, flexibilidad y simplicidad de uso al mismo tiempo. La Figura 4-3., indica la máquina empleada por TEIMSA resaltando que su tamaño es alto al igual que la capacidad de producción. (Group, 1997)



**Figura 4-3.** Máquina MG-Rotativa en Planta de Inyección  
**Fuente:** Autores.

Puede producir, para cada estación:

- Un par de suelas monocolor o bicolor, en material termoplástico compacto o expandido.
- Un par de zapatillas monocolor o bicolor, en materiales termoplásticos compactos o expandidos.
- Otros elementos de calzado en monocolor o bicolor, en materiales termoplásticos compactos o expandidos.

Características físicas de la máquina:

- Una robusta estructura de acero metálico colocado en el suelo mediante hilanderías de hierro fundido.
- Una columna central con toques de roce.
- Un plato giratorio para soportar grupos de moldes.

- 12 grupos de porta moldes con placas intermedia, en movimiento automático de entrada y salida.
- Unidad de inyección con dos pistones de tornillo inyector adyacentes, con operación contemporánea.
- Grupo de prensa
- Armario eléctrico con panel de control anterior y teclado multifunción.
- Planta oleodinámica fijada a la parte posterior del grupo de inyección.

Características técnicas de la máquina se detallan a continuación:

- La máquina utiliza el sistema de inyector de pistón con motores hidráulicos y una velocidad de tornillo variable, de 0 a 160 rpm.
- Presión 8 bar  $\pm$ 1 bar para el cilindro anti- retráctil y el circuito de control anti- retráctil y 13 bar  $\pm$ 1 bar para el circuito de control de explosión de PVC pulido.
- Flujo 380  $Nl/min$

**Tabla 4-3.** Características técnicas de la máquina MG-Rotativa

CARÁCTERÍSTICA	MEDICIÓN
SERIE	S291 L/12
AÑO	1997
VOLTAJE	380/50
MASA TOTAL DE LA MÁQUINA	Máx. 29200 kg
ESTACIONES	12
FUERZA DE SUJECCIÓN	30 kN
DIMENSIONES ESTÁNDAR DEL MOLDE	400* 400
ALTURA DEL MOLDE	350 mm
CAPACIDAD PLASTIFICANTE	100 $kg/h$
VOLUMEN DE INYECCIÓN	1000 $cm^3$
PRESIÓN DE INYECCIÓN	500 bar
VELOCIDAD DE INYECCIÓN	200 $cm^3/s$
VOLTAJE	380 VCA +/-10%
FRECUENCIA	50 Hz
MÁXIMA POTENCIA INSTALADA	110 kW---4 inyectores 61 kW---2 inyectores
CÓDIGO DE EMPRESA	MAQ-INY-INYROT03

Fuente: (Group, 1997)

### 3.3.3 Máquina inyectora MG- Estacionaria BS-150

Máquina inyectora de materiales termoplásticos que puede realizar la producción en máximo dos variaciones de colores. La máquina cuenta con una amplia superficie para los moldes, su fácil mantenimiento permite una rápida intervención evitando los paros innecesarios, al tener altos estándares en la fabricación aporta alta fiabilidad en el trabajo, con un diseño compacto y simple. La Figura 5-3 es un claro ejemplo que presenta la empresa TEIMSA.



**Figura 5-3.** Máquina MG-Estacionaria BS-150 en Planta de Inyección  
**Fuente:** Autores.

**Tabla 5-3.** Características técnicas de la máquina MG- Estacionaria BS 150

CARÁCTERÍSTICA	MODELO
MODELO	BS/150-2
SERIE	10082262-6173
AÑO	2013
VOLTAJE	220 V
FRECUENCIA	60 Hz
NÚMERO DE ESTACIONES	2
PRESIÓN	160 bar
PESO	6500 kg
POTENCIA	57 kW
CÓDIGO EMPRESA	MAQ-INY- 001

**Fuente:** Autores

### 3.3.4 Máquina inyectora Wintech 1 y 2

Inyectoras rotativas capaz de trabajar con suelas monocolor y bicolor en materiales termoplásticos con las dos configuraciones de trabajo da flexibilidad a la producción la primera es con un intercambio debajo de la prensa la segunda configuración el ciclo en dos vueltas para un enfriamiento extra, con su diseño rotativo la producción es continua al no dejar el ciclo de trabajo con un tiempo muy elevado. La Figura 6-3 muestra las máquinas que maneja la empresa TEIMSA.



**Figura 6-3.** Máquinas inyectoras Wintech 1 y 2 en Planta de Inyección  
Fuente: Autores.

**Tabla 6-3.** Características técnicas de las máquinas WINTECH 1 y 2

CARACTERÍSTICA	MEDICIÓN
MODELO	WS 202 BORA 2-3 ST
MATRÍCULA	WSR 2020450
AÑO	2019
VOLTAJE	380 V
FRECUENCIA	60 Hz
NÚMERO DE ESTACIONES	2
PRESIÓN	8-10 bar
PESO	8585 kg
POTENCIA	61 KW
CÓDIGO EMPRESA	MAQ-INY-MOD-WS202

Fuente: Autores

### 3.3.5 Máquina inyectora SABA SM-200

La máquina inyectora SABA SM-200 consta de dos estaciones para la fabricación de calzado o sus derivados. El material empleado en la inyectora es termoplástico con derivaciones monocolor

y bicolor, además de brindar una excelente calidad debido a la automatización del sistema, considerando que la seguridad manejada en la máquina es de alta gama debido a su sistema de sensores. La Figura 7-3 es un claro ejemplo de la máquina en mención con la que cuenta la empresa TEIMSA.



**Figura 7-3.** Máquina SABA SM-200 en Planta de Inyección  
Fuente: Autores

**Tabla 7-3.** Características técnicas de la máquina SABA SM-200

CARÁCTERÍSTICA	MODELO
MODELO	SM 72 200 VP 2 ST
AÑO	2016
VOLTAJE	380 V
FRECUENCIA	50 Hz
NÚMERO DE ESTACIONES	2
PRESIÓN	8-10 bar
PESO	9000 kg
POTENCIA	50 KW
CÓDIGO EMPRESA	MAQ-INY-SBA- INYCT003

Fuente: Autores

### 3.4 Proceso de prensado de suelas en material EVA (Etileno y Acetato de vinilo)

La fabricación de suelas en material EVA es un proceso nuevo en el país, implementado en la actualidad únicamente por la empresa “TEIMSA”, razón por la cual el manejo de los parámetros técnicos en la maquinaria hasta el momento es experimental y empírico.

Las suelas para calzado deportivo en etileno y acetato de vinilo tienen un reducido peso específico ya que al trabajar con el compuesto en vulcanización comúnmente tiende a expandirse debido a características de flexibilidad.

Los moldes para EVA son de aluminio teflonado similar a los de termoplásticos; sin embargo, sus dimensiones deben ser más precisas ya que el producto final depende directamente de su diseño de acuerdo a la relación con la expansión.

El proceso inicia con la orden de producción que se requiere cumplir, consecutivamente se pesa el material EVA de acuerdo al requerimiento que se ha analizado empíricamente por los operarios en una balanza electrónica para evitar mayores errores, el compuesto se ubica en vasos plásticos y son transportados hacia la prensa modelo XFP 150-6. El material es colocado de forma manual en los moldes y la máquina se encarga del proceso de acuerdo a los parámetros de control como: temperatura, presión y tiempo de cohesión para la primera y segunda vulcanización.

Una vez finalizados los tiempos establecidos se realiza la apertura del molde, se extrae la suela para realizar el control de calidad de acuerdo a las tallas deseadas y análisis de los posibles defectos. Si las medidas no son las adecuadas y la pieza no presenta defectos se envía a un túnel estabilizador mismo que contiene compuertas a una determinada temperatura para encoger las suelas hasta el tamaño objetivo.

### **3.4.1 Máquina Prensa Modelo XFP 150-6**

La máquina Prensa Modelo XFP 150-6 para moldeo en material EVA (Etileno y Acetato de vinilo) es automática controlada a través de una pantalla táctil para monitorear los movimientos y producción de la máquina. Esta prensa puede fabricar calzado, zapatillas, suelas, plantillas, etc. La Figura 8-3 muestra un claro ejemplo de la prensa en mención misma que se encuentra en la empresa TEIMSA.

Según (Kingmin, 2018) las características técnicas de la prensa son:

- Sistema de control: Interfaz hombre-computadora de pantalla táctil, sistema modular PLC, marco funcional claro, monitoreo en línea de los movimientos y producción de la máquina, operación simple.
- Sistema hidráulico de aceite: Posee tres bombas de trabajo que reducen el ruido y aumentan la eficiencia cooperando con el sistema de control.
- Sistema de abertura y cierre: Se maneja por la aceleración instantánea de la abertura del molde.



**Figura 8-3.** Máquina Prensa XFP 150-6 en Planta de Inyección  
Fuente: Autores

**Tabla 8-3.** Características técnicas de la máquina Prensa XFP 150-6

CARACTERÍSTICA	MODELO
MODELO	XFP 150-6
NÚMERO DE ESTACIONES	6
PRESIÓN HIDRAÚLICA	150 T
DIÁMETRO DEL CILINDRO	300 mm
CAPACIDAD DE ACEITE	600 l
POTENCIA DEL MOTOR	48 Nm*2
POTENCIA TOTAL	66 KW
POTENCIA NORMAL DE TRABAJO	18 kW
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	172 pares/hora (4 pares/matriz)
TIEMPO DE CIERRE DE MOLDE	3 s
TIEMPO DE ABRIR EL MOLDE	1 s
MÁQUINA DIMENSIÓN	6000 * 1600 * 2200 mm
PESO DE MÁQUINA	16 Tm
CÓDIGO EMPRESA	MAQ-INY-PRNS-XFP 150-6

Fuente: Autores

### 3.4.2 Túnel Estabilizador de EVA

El Túnel se compone de diferentes estaciones que a través de un sistema de calefacción y transporte por banda permiten disminuir el tamaño del producto considerando que la velocidad de la máquina es regulable. Se debe tomar en cuenta que el artículo ingresado no va a mostrar cambios en su estructura química únicamente en las características físicas. La Figura 9-3 es un claro ejemplo de la máquina en mención y se encuentra en las instalaciones de la empresa TEIMSA.



**Figura 9-3.** Túnel Estabilizador de EVA en Planta de Inyección  
Fuente: Autores

### 3.5 Diagnóstico de la Situación Actual

#### 3.5.1 Aplicación de Ciclo PHVA

La aplicación del ciclo PHVA se inicializa por la planificación y el hacer manejados principalmente en el Capítulo III de la situación actual. El verificar y actuar lo encontramos en los resultados del Capítulo IV.

- *Planear:* La planificación del estudio tiene tres aspectos importantes: Estudio de métodos y tiempos, metodología Kaizen- herramienta 5's y control estadístico del proceso. La Tabla 9-3., muestra lo señalado.
- *Hacer:* esta fase conlleva todo el estudio de la situación actual de la planta con actividades como: segregación del producto estrella por máquina, estudio de tiempos y movimientos, cálculos de: tiempos estándar, capacidad de producción por máquina, productividad laboral y general, eficiencia productiva, defectos en máquina Prensa XFP 150-6, entre otros., no obstante, también engloba encuestas de Kaizen y 5's, detección de problemática en la planta respecto a orden y limpieza.
- *Verificar:* La base de esta etapa se evidencia con los cambios y aportes verificados por la implementación de las mejoras en la planta de acuerdo al estudio desarrollado en el hacer, cabe señalar que se divide el estudio en dos fases: control estadístico del proceso y metodología Kaizen.
- *Actuar:* La fase integra todos los registros, documentos, hojas de control, etc., que se manejarán ya en la planta como medio de mejora continua.

**Tabla 9-3. Planificación del estudio**

ACCIÓN	COMPONENTES	OBJETIVO	HERRAMIENTAS	MESES														
				Diciembre				Enero				Febrero						
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Estudio de Métodos y Tiempos	<b>Seleccionar</b>	Seleccionar el proceso con mayor incidencia de cada una de las máquinas, dentro de la planta de inyección	Diagrama de Pareto, Registro de ventas															
	<b>Registrar</b>	Llevar un registro de cómo se lleva a cabo el proceso en cada una de las máquinas dentro de la planta de inyección	Diagramas de recorrido, flujo, simogramas, layout															
	<b>Medir</b>	Medir la producción en función de las variables que se encuentran incluidas en el proceso productivo	Cronometro, videos, Hoja de observación															
	<b>Definir</b>	Definir el mejor método de trabajo para producción, eliminando demoras, operaciones innecesarias.	Deducción por experiencias anteriores, tiempos según estadísticas, usar eventos de datos ajustados															
Metodología Kaizen y herramienta 5 s	<b>Seiri (Eliminar)</b>	Clasificar artículos o elementos innecesarios o necesarios según corresponda y eliminar de ser el caso	Tarjetas rojas, fotografías															
	<b>Seiton (Ordenar)</b>	Designar un lugar específico para cada elemento que cuente con la rotulación correspondiente	Fotografías, layout															
	<b>Seiso (Limpiar)</b>	Establecer parámetros de limpieza en los puestos de trabajo	Artículos de limpieza															
	<b>Seiketsu (Estandarizar)</b>	Asegurar que las tres primeras 5's se cumplan y sigan siendo aplicadas por el personal involucrado	Capacitaciones, rótulos, señalética															
	<b>Shitsuke (Disciplina)</b>	Crear un ambiente de trabajo donde sea un hábito la aplicación de las 5S's	Charlas															
Diseño de Experimentos	<b>Planeación y realización</b>	Entender y delimitar el problema, elegir variables, determinar factores investigarse	Investigación de campo															
	<b>Análisis</b>	Aplicando métodos estadísticos observar los resultados obtenidos	Excel, Minitab															
	<b>Interpretación</b>	Verificar supuesto apoyados en el análisis hasta aprender del experimento	Cuadros comparativos															
	<b>Control y conclusiones finales</b>	Medidas para implementar y que se mantengan las mejoras en el proceso	Análisis de resultados															

Fuente: Autores

### 3.5.2 Selección de los productos en estudio

La selección de los productos en estudio se fundamentó en la participación que cada uno posee de acuerdo a la mayor demanda presentada en ventas, llevada a cabo a través de una entrevista al jefe de planta, siendo respaldada por el respectivo cálculo estadístico en un diagrama de Pareto mismo que señala que el 80% de las ventas en la Planta de Inyección proviene del 20% de un producto o clientes. El estudio se maneja por los datos de la Tabla 10-3.

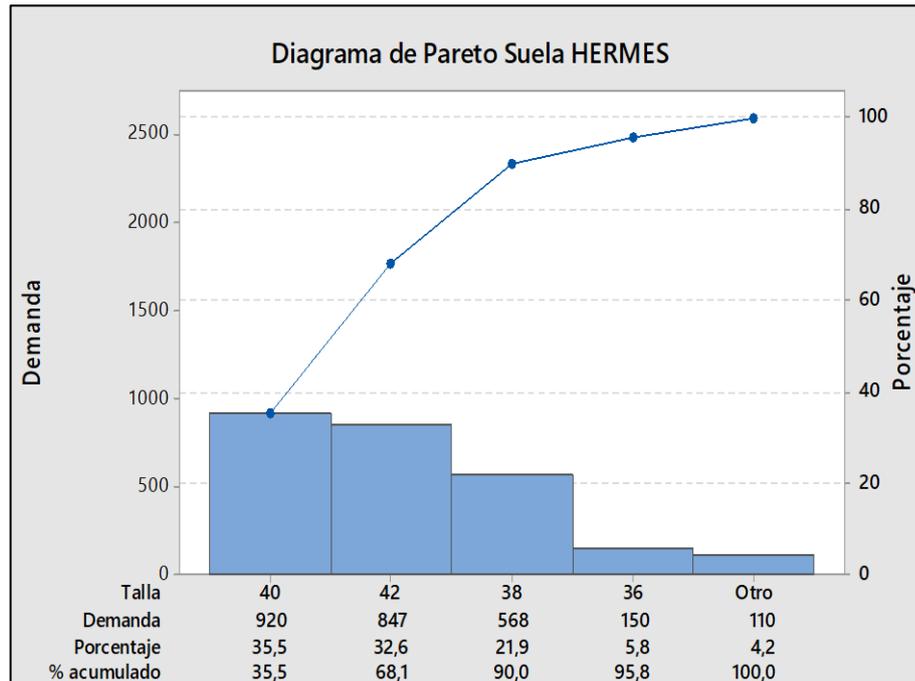
**Tabla 10-3.** Productos estrella por máquina de acuerdo a entrevista

<b>PRODUCTO ESTRELLA POR MÁQUINA</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>CÓDIGO_MÁ</b>	<b>MARCA</b>	<b>COLOR</b>
MG-ROTATIVA	MAQ-INY-INYROT03	<b>CIELO</b>	MONOCOLOR
MAIN GOUP BS-150	MAQ-INY- 001	<b>TOMMY</b>	BICOLOR
WINTECH_1	MAQ-INY-MOD-WS202	<b>CANAAN</b>	MONOCOLOR
SABA SM-200	MAQ-INY-SBA-INYCT003	<b>MOSCU</b>	BICOLOR
PRENSA	MAQ-INY-PRNS-XFP 150-6	<b>HERMES</b>	BICOLOR

Fuente: Autores.

Para el diagrama de Pareto se consideran los datos históricos receptados en los archivos de la Planta de Inyección además de las variables que se detallan a continuación:

- La suela CIELO monocolor presenta cinco derivaciones en las tallas: 34, 35, 36, 37, 38.
- La suela TOMMY bicolor experimenta doce derivaciones en las tallas: 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 38, 39, 40 y 41.
- La suela CANAAN monocolor se maneja por cuatro derivaciones en las tallas: 33, 34, 35 y 31.
- La suela MOSCU bicolor tiene diecisiete derivaciones con las tallas: 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 y 43.
- La suela HERMES bicolor tiene cinco derivaciones para las tallas: 34, 36, 38, 40 y 42. En el Gráfico 8-3 se muestra el diagrama de Pareto de acuerdo a los datos de la empresa.



**Gráfico 8-3.** Diagrama de Pareto de acuerdo a la demanda

Fuente: Autores

La información detallada se presenta en el ANEXO B. Los resultados obtenidos para las máquinas de acuerdo a los productos estrella se evidencian en la Tabla 11-3.

**Tabla 11-3.** Productos estrella por máquina de acuerdo a la Regla 80-20

MÁQUINA	MARCA	TALLA	PARTICIPACIÓN POR MÁQUINA
MG-ROTATIVA MAQ-INY-INYROT03	CIELO	36	25%
MAIN Goup BS-150 MAQ-INY- 001	TOMMY	39	17,7%
WINTeCH_1 MAQ-INY-MOD-WS202	CANAAN	35	42,4%
SABA SM-200 MAQ-INY-SBA- INYCT003	MOSCÚ	36	10%
PRENSA MAQ-INY-PRNS-XFP 150-6	HERMES	40	35,5%

Fuente: Autores

### 3.5.3 Descripción del producto estrella

#### 3.5.3.1 Suela CIELO

La suela CIELO fabricada en la máquina MG- Rotativa maneja cuatro colores distintos como: Crepe, blanco, goma y negro. En la talla 36 el peso que cumple con los estándares de calidad es 165g con una tolerancia de  $\pm 2\%$ , además que no puede presentar rechupes. El material de la suela en general es Policlorato de Vinilo comúnmente conocido como PVC. La Figura 10-3 indica la suela en mención fábrica por la empresa TEIMSA.



**Figura 10-3.** Suela CIELO

Fuente: Autores

Los parámetros manejados para la suela son:

Temperatura 1 (C°)	Temperatura 2 (C°)	Temperatura 3 (C°)	Presión (bar)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Contrapresión (bar)
145	150	155	75	176	1

### 3.5.3.2 Suela TOMMY

La Suela TOMMY fabricada en la máquina inyectora estacionaria MAIN GROUP BS-150 presenta diversas variaciones en colores debido a tener mayor demanda en suelas bicolor. En la talla 39 el peso aceptado es de 320,2g con una tolerancia de  $\pm 2$ . El producto final no debe presentar rechupes en sus acabados. El material empleado es TR (Thermoplastic Lacoflex) con una dureza de 60 (Kgf). La Figura 11-3 muestra claramente la suela en mención fabricada en TEIMSA.



**Figura 11-3.** Suela TOMMY

Fuente: Autores

Los parámetros manejados para la suela son:

Temperatura 1 (C°)	Temperatura 2 (C°)	Temperatura 3 (C°)	Presión	Volumen (cm <sup>3</sup> )
150	170	175	120	274

### 3.5.3.3 Suela CANAAN

La Suela CANAAN fabricada en la máquina Wintech\_1 únicamente se presenta en monocolor a detallarse: blanco, fucsia, maní y gris. El material empleado es Policlorato de Vinilo Super Expanso. La talla 35 maneja un peso variante únicamente en el color blanco; sin embargo, las demás variantes lo aceptan en 235g. El producto final debe estar sin rechupes en sus acabados. La Figura 12-3 es un claro ejemplo de suela fabrica por TEIMSA.



**Figura 12-3.** Suela CANAAN  
Fuente: Autores

Los parámetros manejados para la suela son:

Temperatura 1 (C°)	Temperatura 2 (C°)	Temperatura 3 (C°)	Temperatura 4 (C°)	Presión	Volumen (cm <sup>3</sup> )
140	170	173	145	75%	248

### 3.5.3.4 Suela MOSCU

La Suela MOSCU fabricada en la máquina SABA SM-200 tiene diversas variaciones de colores debido a su empleo en calzado deportivo. La talla 36 debe cumplir un peso de 210g con una tolerancia de  $\pm 3$ . El material empleado es Policlorato de Vinilo con durezas variantes dependiendo del color se encuentran entre el rango (80-90) (Kgf). La Figura 13-3 es un ejemplo de la suela en mención elaborada por TEIMSA.



**Figura 13-3.** Suela MOSCÚ  
Fuente: Autores

Los parámetros manejados para la suela son:

Temperatura 1 (C°)	Temperatura 2 (C°)	Temperatura 3 (C°)	Presión	Volumen (cm <sup>3</sup> )
160	175	180	115	245

#### 3.5.3.5 Suela HERMES

La Suela HERMES fabricada en la prensa XFP 150-6 tiene variaciones monocolor y bicolor. La talla 40 se fabrica con el material EVA 1.50 (Etileno-Vinil- Acetato). El producto final requiere mayor control de calidad debido a que los parámetros de la máquina no se controlan en su totalidad, por lo general se busca evitar contaminación del material, quemaduras, porosidad, pieza incompleta y burbujas de aire. La Figura 14-3 es un ejemplo de la suela en mención.



**Figura 14-3.** Suela HERMES  
Fuente: Autores

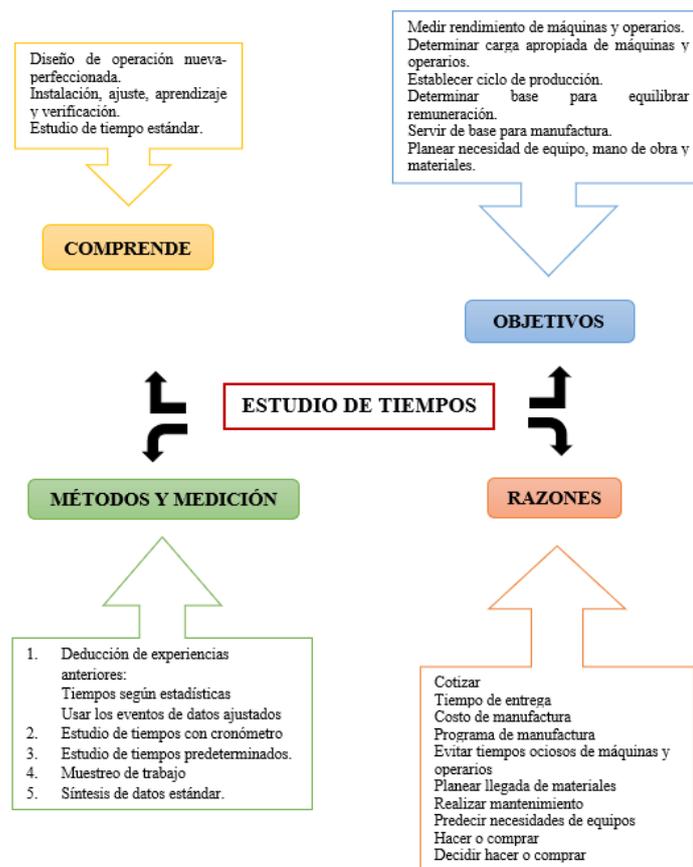
Los parámetros manejados para la suela son:

Temperatura 1 (C°)	Temperatura 2 (C°)	Peso (gramos)	Presión (bar)	Tiempo 1 (segundos)	Tiempo 2 (segundos)
177	187	59 y 55	110	10	425

### 3.5.4 Análisis del proceso

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso para la máquina Prensa XFP 150-6 detallando la secuencia de actividades que constituye la descripción del proceso productivo de la suela HERMES talla 40 como indica la Figura 15-3, tomada en cuenta debido al cálculo determinado en el diagrama de Pareto para los productos estrella. Cabe resaltar que posteriormente se presenta el diagrama de proceso con tiempos y distancias adjuntos de acuerdo a cálculos preestablecidos. Para las otras máquinas inyectoras se realizó el mismo proceso y los resultados se presentan en la Tabla 15-3 conjuntamente con todos los diagramas en el ANEXO D.

El estudio de tiempos implica un proceso integrador de distintas fases explicadas con mayor detalle en el Gráfico 9-3.



**Gráfico 9-3.** Resumen del estudio de tiempos

Fuente: (Palacios, 2009 pág. 87)

DIAGRAMA DEL DE PROCESO (PRENSA XFP 150-6)			
	<b>REALIZADO POR:</b> Karen Obando -- Edwin Acurio		
	<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> Material (Suela HERMES Talla 40)		
<b>CÓDIGO:</b> INY-DPX-007	El diagrama empieza desde bodega hasta empaquetado		
<b>MÉTODO ACTUAL</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>DEPARTAMENTO:</b> Inyección	<b>DIAGRAMA N°</b> 1	
<b>MÉTODO PROPUESTO</b> <input type="checkbox"/>	<b>FECHA:</b> 2019-09-18	<b>HOJA N°</b> 1 DE 3	



**Figura 15-3.** Flujo del proceso en suela HERMES

Fuente: Autores

## TIEMPO CÍCLICO

Los tiempos que implica el proceso productivo en la planta de inyección actualmente se calculan a través de muestreo bajo la fórmula (1) elaborando un diagrama del proceso para cada máquina con la finalidad de detectar actividades que no generan valor al producto y a su vez implican mayor tiempo en la producción.

El cálculo del tiempo se determina en cada operación empezando por la toma y registro de datos en una hoja de observación, considerando que mientras mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad, estadísticamente se trabaja con un nivel de confianza del 95%. Esto indica que el 95% de la muestra no está afectada de un error mayor a  $\pm 5\%$  del verdadero tiempo del elemento observado.

Los datos obtenidos en la toma de tiempo cíclico de la suela HERMES y los demás productos mencionados con anterioridad se detallan en el ANEXO C, presentando un cuadro resumen para todos los productos en la Tabla 13-3.

Al considerarse 3,16 segundos el tiempo más pequeño de todas las operaciones, se convierte en el referente para el análisis del tamaño de muestra en la suela HERMES y, por ende, se tiene:

**Tabla 12-3.** Datos de muestreo Suela HERMES Talla 40

N	$X_i$	$X_i^2$
1	3,22	10,37
2	3,19	10,18
3	3,23	10,43
4	4,14	17,14
5	3,24	10,50
6	2,82	7,95
7	2,92	8,53
8	2,80	7,84
9	3,11	9,67
10	3,11	9,67
11	3,20	10,24
12	2,90	8,41
13	2,95	8,70
14	3,21	10,30
15	3,32	11,02
<b>TOTAL</b>	<b>47,36</b>	<b>150,96</b>

Fuente: Autores

Sustituyendo la fórmula:

$$N' = \left( \frac{40\sqrt{15(150,96) - (47,36)^2}}{47,36} \right)^2$$

$$N' = 15,3 \sim 15 \text{ (Ciclos a cronometrar)}$$

La muestra tomada para el cálculo del tiempo en la situación actual es de 15 ciclos, acorde con la sustitución de datos a través de la Fórmula (1) constatando que el estudio realizado es correcto. El factor de valoración para el operario es del 100% debido a que su trabajo se lleva a cabo con ritmo normal, motivo por el cual se detalla el tiempo normal del ciclo actual.

**Tabla 13-3.** Tamaño de muestra en todos los productos

CUADRO RESUMEN TAMAÑO DE MUESTRA						
PRODUCTO		MÁQUINA INYECTORA	N	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	N'
SUELA	TALLA					
CIELO	36	MG-ROTATIVA	15	27,30	50,14	15
TOMMY	39	ESTACIONARIA BS-150	15	22,29	33,44	15
CANAAN	35	WINTECH	15	48,74	159,90	15
MOSCÚ	36	SABA SM-200	15	38,09	97,33	10

Fuente: Autores

Los requerimientos de la empresa a cubrir se basan en la producción que las máquinas alcanzan en las condiciones presentes de la planta. Para cumplir el objetivo se presenta un estudio de métodos y tiempos que integra suplementos por: fatiga, retrasos y necesidades personales. Según (Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo., 2012) en la Tabla 14-3., se detalla los porcentajes a usar en suplementos por descanso de acuerdo a la OIT “Organización Internacional del Trabajo”.

**Suplementos por Descanso**= Suplementos por fatiga + Necesidades personales

- *Suplementos por fatiga:* Mínimo básico 5% (pero en trabajos pesados se considera cantidad variable)
- *Cantidad Variable:* % que según la OIT toma en cuenta tres factores principales
- *Factores principales:* Tensión física provocada por naturaleza del trabajo, tensión mental, tensión física o mental por naturaleza del trabajo.

#### **A. Tensión física provocada por naturaleza del trabajo**

- A1. Fuerza ejercida en promedio
- A2. Postura
- A3. Vibraciones
- A4. Ciclo breve o repetitividad
- A5. Ropa molesta

#### **B. Tensión mental**

- B1. Concentración/ansiedad
- B2. Monotonía
- B3. Tensión visual
- B4. Ruido

**C. Tensión física o mental provocada por la naturaleza del trabajo**

- C1. Temperatura y humedad
- C2. Ventilación del aire
- C3. Emanaciones de gases
- C4. Polvo
- C5. Suciedad
- C6. Humedad

El análisis de la situación actual en las máquinas inyectoras para los suplementos por descanso responde a:

<b>Factor A2. Postura</b>	
Sentado cómodo	0
Sentado incómodo, o a veces sentado y a veces de pie	2
De pie o caminando libre	4
Subir o bajar escaleras sin cargas	5
De pie o andando con una carga	6
Subir o bajar escaleras de mano, debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantar pesos con dificultad, trasladar baldes a un contenedor	10
Inclinarse constantemente, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extraer carbón con zapa y pico acostado en una veta baja.	16

<b>Factor A5. Ropa Molesta</b>	
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	2
Botas de caucho	2
Gafas protectoras para afilar	3
Gafas protectoras contra impactos	3
Casco de protección	4
Protección auditiva	4
Careta de protección de soldadura	5
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Peto o manoplas de protección de soldadura	6
Máscara (para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incomoda y mascarilla de respiración	20

<b>Factor B1. Concentración / Ansiedad</b>	
Hacer un montaje corriente	0
Traslapar balastro	0
Hacer un embalaje corriente	1
Lavar vehículos	1
Rellenar de agua una batería	2
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Pintar paredes	3
Coser a máquina con guía automática	4
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Pasar con carrito a escoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	5
Pintar material labrado con pistola	6

<b>Factor B4. Ruido</b>		
Distribución	Decibeles	
1	72	1
2	74	1
3	76	2
4	78	3
5	80	3
6	82	4
7	84	5
8	86	5
9	88	6
10	90	7
11	92	7
12	94	8
13	96	9
14	98	9
15	100	10

<b>A. TENSION FISICA PROVOCADA POR NATURALEZA DEL TRABAJO</b>	
A2. Postura	4
A3. Vibraciones	
A4. Ciclo Breve o Repetitividad	
A5. Ropa Molesta	4
<b>B. TENSION MENTAL</b>	
B1. Concentración/ansiedad	5
B2. Monotonía	
B4. Ruido	9
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>

<b>TABLA DE CONVERSIÓN DE LOS PUNTOS</b>										
PUNTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

**Tabla 14-3.** Suplementos para máquinas inyectoras y prensa

<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	
<b>MÁQUINAS INYECTORAS</b>	
SUPLEMENTOS POR FATIGA	13%
NECESIDADES PERSONALES	5%
<b>TOTAL</b>	<b>18%</b>
<b>PRENSA XFP 150-6</b>	
SUPLEMENTOS POR FATIGA	15%
NECESIDADES PERSONALES	5%
<b>TOTAL</b>	<b>20%</b>

Fuente: Autores

- *Valoración del ritmo del trabajo:* Hace referencia al ritmo de trabajo efectuado por el operario que por lo general se establece de acuerdo al especialista que maneja la estandarización, debido a que no existe un método de calificación universalmente aceptado. Los factores a considerar son: habilidad (excelente, bueno, medio, regular, malo), esfuerzo (voluntad para trabajar), consistencia (variación en tiempos) y condiciones (afectan al operador y no a la operación).

Según (Palacios, 2009) traducido el tiempo estándar en lenguaje matemático se establece que el tiempo estándar es igual al tiempo normal más el porcentaje de suplementos cálculos por el tiempo normal de acuerdo a la Fórmula 6 y 7 respectivamente:

$$\mathbf{T\ normal = Tmedido \times F\ ritmo\ trabajo\ (6)}$$

$$\mathbf{T\ estandar = Tnormal + (\%S \times T\ normal)\ (7)}$$

Siendo:

**F**= Factor

**T**= Tiempo

**S**= Suplementos

La Tabla 15-3., presenta los resultados de la situación actual de acuerdo al empleo de fórmulas y datos mencionados con anterioridad, describiendo el tiempo estándar y tiempo normal de acuerdo al producto, talla y máquina inyectora en donde se realiza el producto.

**Tabla 15-3.** Tiempo estándar en el proceso cíclico

CUADRO RESUMEN DEL TIEMPO ESTÁNDAR EN LA SITUACIÓN ACTUAL							
PRODUCTO		CÁLCULO DEL TIEMPO ESTANDAR					MÁQUINA INYECTORA
SUELA	TALLA	TIEMPO TIPO (min)	RITMO DE TRABAJO	TIEMPO NORMAL (min)	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR (min)	
CIELO	36	2,84	100%	2,84	18%	3,35	MG-ROTATIVA
TOMMY	39	2,18	100%	2,18	18%	2,57	ESTACIONARIA BS-150
CANAAN	35	1,92	100%	1,92	18%	2,27	WINTECH
MOSCÚ	36	2,16	100%	2,16	18%	2,55	SABA SM-200
HERMES	40	12,54	100%	12,54	20%	15,05	PRENSA XFP 150-6

Fuente: Autores

La producción de la maquinaria que se encuentra en la Tabla 18-3 permite establecer los costos de manufactura a través de los tiempos estándar y las condiciones de trabajo de la Tabla 16-3 para un turno de 480 min. Cabe aclarar que la inyectora Saba SM-200 tiene un análisis especial debido a los constantes cambios de molde para la suela Moscú de acuerdo a los pedidos del cliente que se detallan en la Tabla 17-3., además es necesario mencionar que:

- Las máquinas que fabrican suela bicolor requieren mayor tiempo de inyección e inspección. En esta sección encontramos la suela Tommy y Moscú. Para la suela Hermes al ser bicolor conlleva al mismo resultado; sin embargo, se habla del tiempo de prensado.
- Las máquinas no trabajan los 480 min del turno.
- La máquina MG-Rotativa con la suela Cielo monocolor se encuentra trabajando en 5 estaciones con un porcentaje de utilización del 42%.
- La máquina Estacionara BS-150 con la suela Tommy bicolor tiene un porcentaje de utilización del 100% ya que emplea sus dos estaciones.
- La máquina Wintech con la suela Canaan monocolor tiene un tiempo de inyección y enfriamiento más rápido además de ser rotativa el análisis se lo realizó en tres estaciones de trabajo con un porcentaje de utilización del 100%.
- La máquina Saba SM-200 con la suela Moscú bicolor además de tener un lote de producción bajo debido a los pedidos del cliente, el tiempo de trabajo también es bajo debido a la frecuencia existente en el cambio del molde, por ende, su estudio se consideró con una utilización de 50%.
- La Prensa XFP 150-6 con la suela Hermes bicolor las operaciones que conlleva emplea un 50% de utilización.

**Tabla 16-3.** Consideraciones especiales

MÁQUINA	TURNO 8 horas a minutos	PAROS DE MÁQUINA Y OTROS (min)	PREPARACIÓN DE MÁQUINA (min)	LIMPIEZA PUESTO DE TRABAJO (min)	TIEMPO TRABAJO MÁQUINA (min)
MG-ROTATIVA	480	126	55	20	279
ESTACIONARIA BS-150	480	0	40	20	420
WINTECH	480	0	40	20	420
SABA SM-200	480	0	40	20	420
PRENSA XFP 150-6	480	0	45	20	415

Fuente: Autores

**Tabla 17-3.** Análisis máquina SABA SM-200

<b>MÁQUINA SABA SM-200 UNA ESTACIÓN</b>			
Tiempo de Trabajo (min)	420	Frecuencia Cambio de Molde en 420 pares (min)	5
Tiempo Estándar	2,55	Tiempo de cambio en molde 1 estación (min)	100
Pedidos en ventas	20	Tiempo sobrante de producción	269
Tiempo de Producción para un pedido 20 pares (min)	51	Producción de 269 min	105
Tiempo Total del ciclo en 20 pares con cambio molde	71	Producción real en una estación (pares)	<b>125</b>
<b>TIEMPO TRABAJO MÁQUINA REAL (min)</b>			<b>320</b>
<b>MÁQUINA SABA SM-200 DOS ESTACIONES</b>			
Tiempo de Trabajo (min)	420	Frecuencia Cambio de Molde en 420 pares (min)	10
Tiempo Estándar	2,55	Tiempo de cambio en molde 1 estación (min)	200
Pedidos en ventas	20	Tiempo sobrante de producción	169
Tiempo de Producción para un pedido 20 pares (min)	51		
Tiempo Total del ciclo en 20 pares con cambio molde	71	Producción real en una estación (pares)	<b>172</b>
<b>TIEMPO TRABAJO MÁQUINA REAL (min)</b>			<b>220</b>

Fuente: Autores

**Tabla 18-3.** Producción de las máquinas

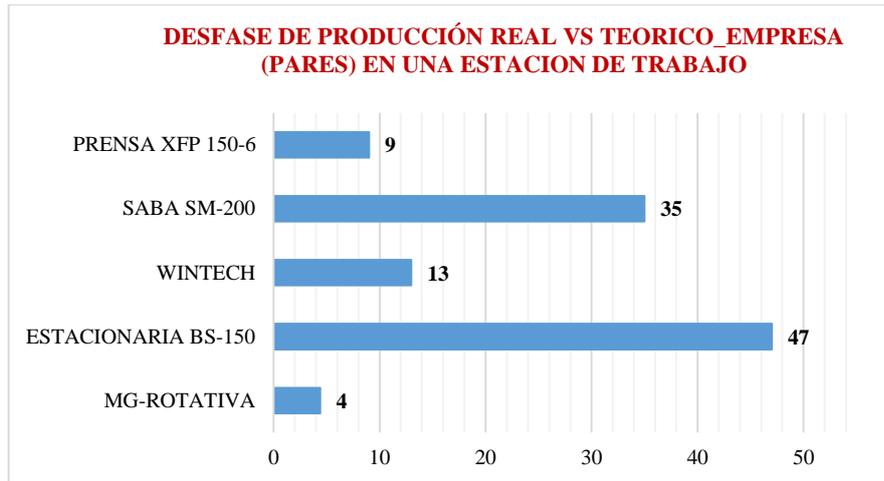
SITUACIÓN ACTUAL EN PRODUCCIÓN PARA UNA ESTACIÓN DE TRABAJO							
PRODUCTO		PRODUCCIÓN			CAPACIDAD MÁQUINA		MÁQUINA INYECTORA
		REAL	TEÓRICO INVESTIGACIÓN	TEÓRICO EMPRESA	Estaciones Usadas	Utilización máquina	
SUELA	TALLA	Por Tiempo Estándar (pares)	Por Tiempo normal (pares)	Históricos en 8h (pares)			
CIELO	36	83	98	87	1	8%	MG-ROTATIVA
TOMMY	39	163	193	210	1	50%	ESTACIONARIA BS-150
CANAAN	35	185	219	198	1	33%	WINTECH
MOSCÚ	36	125	148	160	1	50%	SABA SM-200
HERMES	40	54	64	65	1	17%	PRENSA XFP 150-6

SITUACIÓN ACTUAL PRODUCCIÓN PARA LAS ESTACIONES MÁS FRECUENTES EMPLEADAS							
PRODUCTO		PRODUCCIÓN			CAPACIDAD MÁQUINA		MÁQUINA INYECTORA
		REAL	TEÓRICO INVESTIGACIÓN	TEÓRICO EMPRESA	Estaciones Usadas	Utilidad	
SUELA	TALLA	Por Tiempo Estándar (pares)	Por Tiempo normal (pares)	Históricos en 8h (pares)			
CIELO	36	415	491	437	5	42%	MG-ROTATIVA
TOMMY	39	326	385	420	2	100%	ESTACIONARIA BS-150
CANAAN	35	555	656	595	3	100%	WINTECH
MOSCÚ	36	172	204	320	2	100%	SABA SM-200
HERMES	40	162	194	189	3	50%	PRENSA XFP 150-6

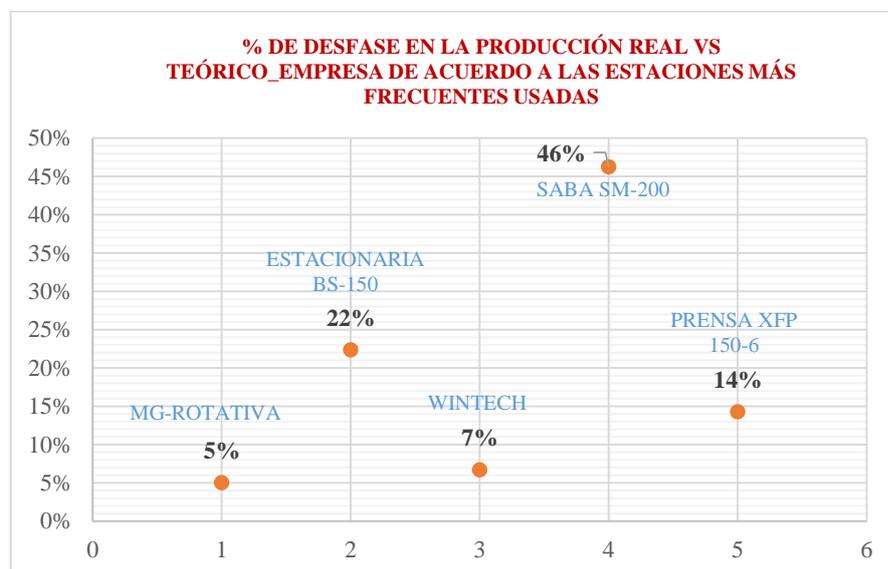
Fuente: Autores

El comportamiento de la producción en relación a las bases calculadas por el tiempo estándar y los datos de la empresa se muestran en el Gráfico 10-3., tomando en cuenta que mientras más estaciones se empleen para trabajar los datos fluctúan con incrementos elevados manejados a través de porcentajes como lo señala el Gráfico 11-3., los datos obtenidos permiten establecer el criterio de estudio alrededor de toda la investigación.

El cálculo de las distancias que toman los transportes del material para todas las suelas se lo realizó a través de las acotaciones de la planta como se indica en el ANEXO A. Cabe destacar que también se efectuó los diagramas de recorrido para evidenciar la trayectoria que sigue el material. En el ANEXO D se muestra lo señalado.



**Gráfico 10-3.** Desfase de producción en una estación de trabajo  
Fuente: Autores



**Gráfico 11-3.** Desfase de producción en las estaciones de trabajo más frecuentes  
Fuente: Autores

Los tiempos de producción total que se presentan en el diagrama de proceso de la suela HERMES responde a la Fórmula 8, al igual que el cuadro resumen de la Tabla 19-3 además de los diagramas de proceso en el ANEXO D.

$$\text{Tiempo de producción total} = \text{Tiempo de abastecimiento} + \text{Tiempo de ciclo del proceso} + \text{Tiempo de empaquetado} \quad (8)$$

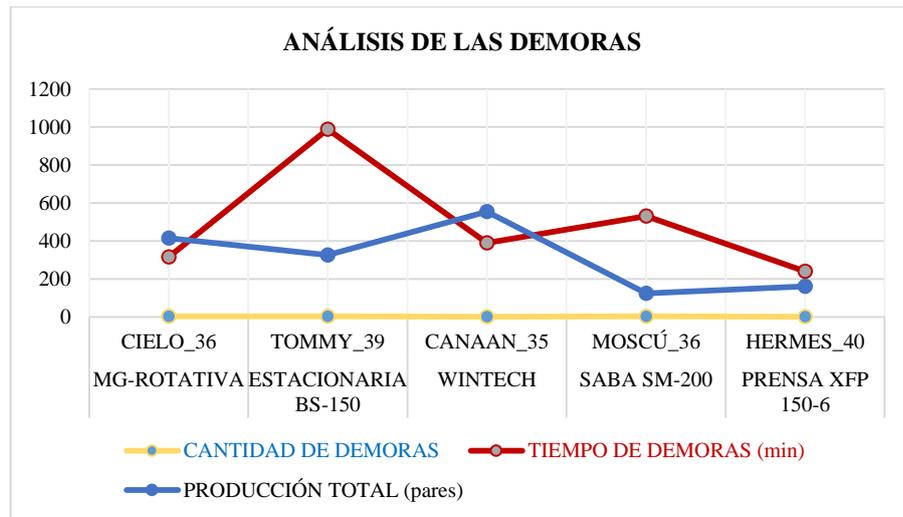
**Tabla 19-3.** Resumen de actividades desarrolladas por máquina y tiempos de producción

RESUMEN DE LA SITUACIÓN ACTUAL																		
PRODUCTO		ACTIVIDADES															MÁQUINA INYECTORA	
		OPERACIÓN		TRANSPORTE			DEMORA		INSPECCIÓN		ALMACENAJE		COMBINADA		TOTAL			
SUELA	TALLA	CANT	TIEMPO (min)	CANT	TIEMPO (min)	DISTA (m)	CANT	TIEMPO (min)	CANT	TIEMPO (min)	CANT	TIEMPO (min)	CANT	TIEMPO (min)	CANT	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	
CIELO	36	15	658,98	7	45,93	90,90	3	316,68	2	12,71	2	10,00	2	119,52	31	1.163,82	90,90	MG-ROTATIVA
TOMMY	39	15	682,61	7	65,59	76,28	3	989,014	2	36,07	2	10	2	93,89	31	1.877,18	76,28	ESTACIONARIA BS-150
CANAAN	35	16	919,60	7	105,46	73,92	2	390	1	2,00	2	10	2	196,47	30	1.623,53	73,92	WINTECH
MOSCÚ	36	15	404,92	7	26,20	72,93	3	532,175	2	34,30	2	10	2	36,00	31	1.043,59	72,93	SABA SM-200
HERMES	40	16	530,39	11	117,95	112,11	2	240	1	2,00	2	10	4	63,37	36	963,71	112,11	PRENSA XFP 150-6

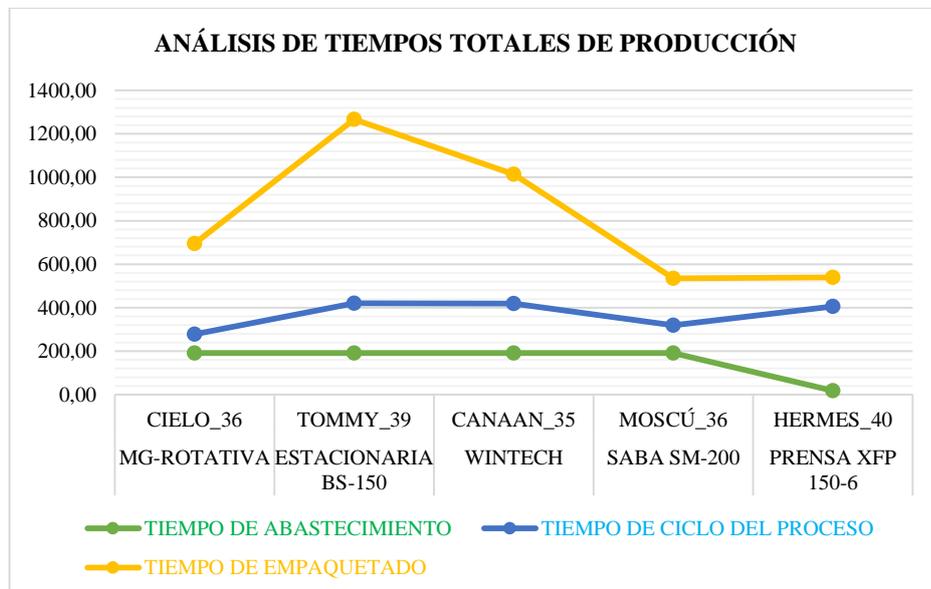
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN							
MÁQUINA	PRODUCTO		TIEMPO DE ABASTECIMIENTO	TIEMPO DE CICLO DEL PROCESO	TIEMPO DE EMPAQUETADO	TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN
	SUELA	TALLA					
MG-ROTATIVA	CIELO	36	190,67	278,52	694,63	1163,82	415
ESTACIONARIA BS-150	TOMMY	39	190,75	419,73	1266,70	1877,18	326
WINTECH	CANAAN	35	190,76	419,58	1013,20	1623,53	555
SABA SM-200	MOSCÚ	36	191,03	318,35	534,22	1043,59	125
PRENSA XFP 150-6	HERMES	40	18,32	406,35	539,04	963,71	162

Fuente: Autores

Las actividades desarrolladas en el diagrama de procesos se encuentran afectadas por las variables: cantidad, producción total y tiempos empleados. A continuación, se presentan los resultados en el Gráfico 12-3., que muestra la variación del tiempo de acuerdo a cada suela y la máquina que fabricó el producto, es necesario tomar en cuenta que la cantidad de actividades analizadas es común en la maquinaria, sin embargo, el tiempo empleado no. El mayor tiempo se evidencia en las demoras debido al cuello de botella que manifiesta el área de empaquetado señalado en el Gráfico 13-3.



**Gráfico 12-3.** Variación del tiempo, producción total y cantidad de acuerdo a las actividades  
Fuente: Autores



**Gráfico 13-3.** Tiempos de producción  
Fuente: Autores

La productividad de la planta se mide de acuerdo al uso de la información detalla en la Tabla 20-3., mientras que los resultados obtenidos se observan en la Tabla 22-3 de acuerdo a la Fórmula 3, 4 y 5.

**Tabla 20-3.** Datos de productividad laboral

PRODUCTIVIDAD	EN MÁQUINAS INYECTORAS	EN EMPAQUETADO	EN PRENSA DE EVA
HORAS HOMBRE DE TRABAJO AL DÍA	6,06	4,4	5,9
HORAS DE TRABAJO A LA SEMANA	30,3	22	29,5
NÚMERO DE TRABAJADORES POR MÁQUINA	1	1	1
HORAS MÁQUINA DE TRABAJO AL DÍA	MÁQUINA MG-ROTATIVA	4,64	5,9
	ESTACIONARIA BS-150	7	
	WINTECH	7	
	SABA SM-200	5,31	
PRODUCCIÓN (pares)	MÁQUINA MG-ROTATIVA	415	162
	ESTACIONARIA BS-150	326	
	WINTECH	551	
	SABA SM-200	125	
HORAS TOTALES DE PRODUCCIÓN	MÁQUINA MG-ROTATIVA	19,397	
	ESTACIONARIA BS-150	31,286	
	WINTECH	27,06	
	SABA SM-200	17,39	
	PRENSA XFP 150-6	16,06	

Fuente: Autores

El proceso de empaquetado presenta los siguientes datos y cálculos respecto a la productividad encontrada como lo detalla la Tabla 21-3.

**Tabla 21-3.** Productividad en el proceso de empaquetado

PRODUCTIVIDAD PROCESO EMPAQUETADO			
MÁQUINA	HORAS TOTAL	PRODUCTIVIDAD	
MG-ROTATIVA	9,08	46	pares suela/hora
ESTACIONARIA BS-150	7,61	43	pares suela/hora
WINTECH	12,89	43	pares suela/hora
SABA SM-200	2,90	43	pares suela/hora
PRENSA XFP 150-6	4,98	33	pares suela/hora

Fuente: Autores

**Tabla 22-3.** Cálculos de productividad por máquina

MÁQUINA	PRODUCTIVIDAD LABORAL		PRODUCTIVIDAD POR MÁQUINA		PRODUCTIVIDAD/CAPACIDAD INSTALADA	
MG-ROTATIVA	68	pares suela/(hora/trabajador)	89	pares suela/hora	21	pares suela/hora
ESTACIONARIA BS-150	54	pares suela/(hora/trabajador)	47	pares suela/hora	10	pares suela/hora
WINTECH	92	pares suela/(hora/trabajador)	79	pares suela/hora	21	pares suela/hora
SABA SM-200	21	pares suela/(hora/trabajador)	24	pares suela/hora	7	pares suela/hora
PRENSA XFP 150-6	27	pares suela/(hora/trabajador)	27	pares suela/hora	10	pares suela/hora

Fuente: Autores

La eficiencia productiva en el proceso responde a la Fórmula 6 y sus datos referentes a cálculos de detallan en la Tabla 23-3.

**Tabla 23-3.** Eficiencia productiva y datos de cálculos

MÁQUINA	TURNO 8 horas a minutos	UNIDADES PLANIFICADAS
MG-ROTATIVA	480	715
ESTACIONARIA BS-150	480	372
WINTECH	480	633
SABA SM-200	480	376
PRENSA XFP 150-6	480	186

MÁQUINA	EFICIENCIA PRODUCTIVA LABORAL	EFICIENCIA PRODUCTIVA POR MÁQUINA	EFICIENCIA PRODUCTIVA PROCESO EMPAQUETADO	EFICIENCIA PRODUCTIVA GENERAL
MG-ROTATIVA	18%	14%	21%	<b>10%</b>
ESTACIONARIA BS-150	66%	77%	83%	<b>22%</b>
WINTECH	66%	77%	54%	<b>26%</b>
SABA SM-200	25%	22%	12%	<b>15%</b>
PRENSA XFP 150-6	32%	37%	43%	<b>22%</b>

Fuente: Autores

En general se puede afirmar que para los productos en estudio respecto a las máquinas inyectoras, Prensa XFP 150-6, abastecimiento de materia prima y proceso de empaquetado, la planta de inyección en la situación actual maneja una eficiencia productiva del 19%.

### 3.6 Análisis de la problemática

El análisis del proceso productivo y la observación directa permitió encontrar los factores determinantes que generan las falencias al proceso en las suelas para calzado, dividiéndolo en dos

fases. La primera fase se maneja de acuerdo al puesto conflictivo en la Prensa XFP 150-6. La segunda fase se evidencia en las máquinas inyectoras en la relación múltiple causa-efecto.

### PRIMERA FASE

Los históricos de producción, el levantamiento de información, el cálculo estadístico y el análisis del flujo del proceso para la suela HERMES talla 40 señalan que los defectos se estiman en el 24% del total de la producción, además de encontrar desperdicios por la rebaba. En la Tabla 24-3 se muestra la participación de los defectos más influyentes y el desperdicio generado por el producto en mención.

**Tabla 24-3.** Defectos influyentes y desperdicios de la suela HERMES

DEFECTOS Y DESPERDICIOS SUELAS HERMES TALLA_40			
DEFECTO INFLUYENTE	% DE INFLUENCIA DE ACUERDO AL 24%	PESO DEFECTOS (kg)	PESO DESPERDICIO Rebaba (kg)
Contaminación del material	11,22%	2,32	0,83
Burbuja	6,46%		
Quemado	5,07%		
Otros	1,24%		

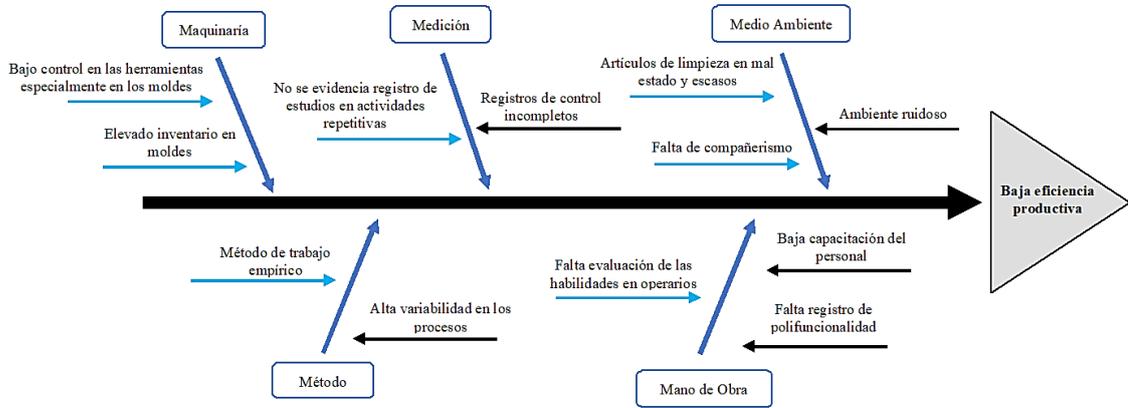
Fuente: Autores

### SEGUNDA FASE

La segunda fase inicia su análisis de problemas de acuerdo al diagrama causa-efecto, mismo que empieza su estudio con el empleo de la técnica 5w + 2h debido a que facilita la focalización sobre las causas, por consiguiente, se clasifica las causas por categorías de acuerdo a las 6M maquinaria, mano de obra, método, medición, materia prima y medio ambiente.

- *Mano de obra:* se considera los aspectos que asocian al personal, a la gente, su capacitación, la motivación, sus capacidades, habilidades.
- *Maquinaria:* engloba la infraestructura, herramientas, software, hardware, montacargas, todo lo que interviene para dar como resultado el producto final.
- *Métodos:* se evalúa la forma en la que se está realizando las actividades, independiente de la ubicación y de los trabajadores implicados.
- *Medición:* se trata de las medidas que se toma a la hora de llevar a cabo el trabajo, inspecciones, registros, tamaño de muestra entre otros.
- *Materia prima:* se evalúa todo lo que tiene que ver con los materiales que intervienen en el producto final desde la materia prima hasta los artículos de limpieza todo esto se asocia con la cadena de valor.
- *Medio Ambiente:* son las condiciones donde se trabaja, luz, calefacción, ruido, cultura organizacional, son algunos aspectos que intervienen.

Una vez identificados los aspectos específicos influyentes en las categorías se colocan en las espinas conllevando al problema común entre ellas. La Figura 16-3 muestra con detalle el estudio en mención.



**Figura 16-3.** Diagrama causa y efecto  
Fuente: Autores

La continuidad de la investigación se lleva a cabo de acuerdo a la aplicación de encuestas referentes a la metodología Kaizen y 5's, como lo indica el ANEXO E. Los resultados para la situación actual se describen respectivamente en el Capítulo IV., sin embargo, cabe aclarar que se evidencia problemas en el orden general de los moldes y los accesorios de limpieza.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Estudio de métodos y tiempos

La propuesta manejada inicia de acuerdo al estudio de métodos y tiempos formulados en la situación actual. La investigación implica el flujo del proceso mejorado, tomando en cuenta la disminución del tiempo cíclico de acuerdo al uso en hojas de observación realizadas previamente por la ayuda de simogramas, como lo indica el Gráfico 1-4., y el ANEXO F.

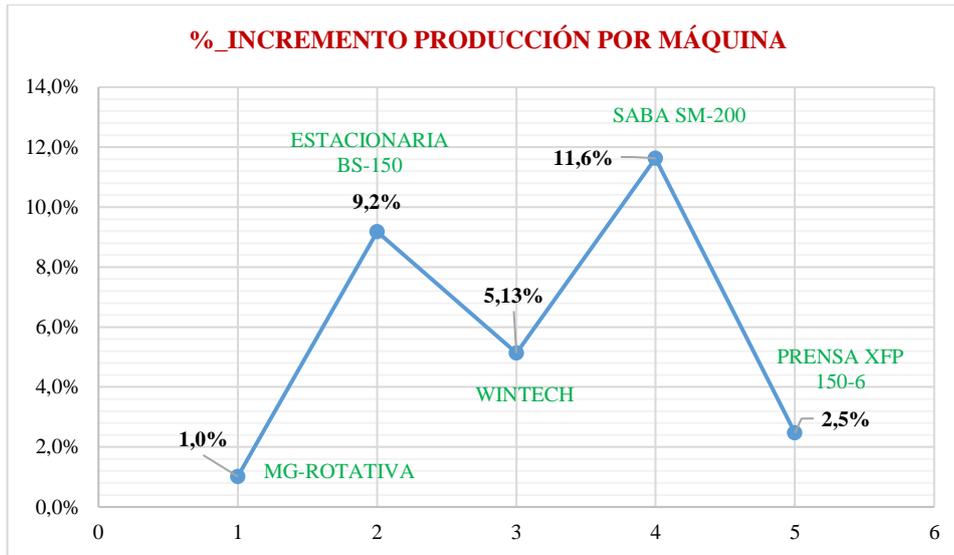


**Gráfico 1-4.** Porcentaje de disminución en el tiempo de ciclo

Fuente: Autores

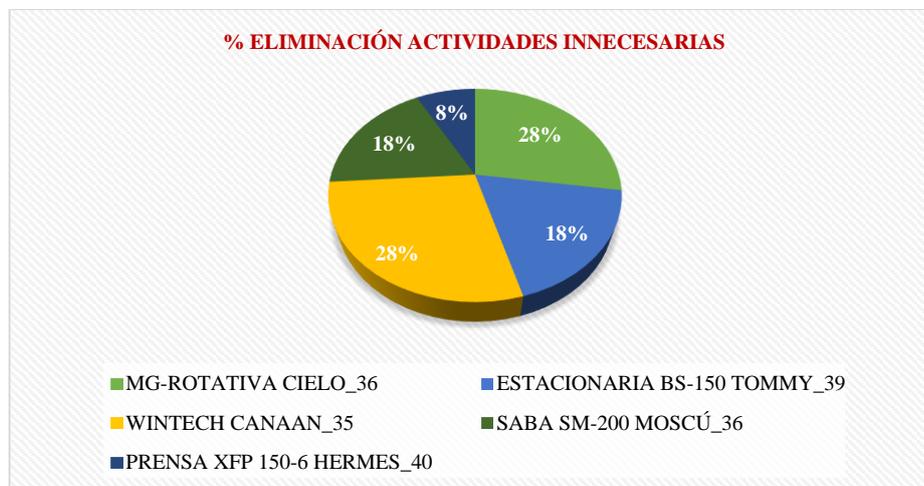
El Gráfico 2-4., representa el incremento de la producción en porcentaje y pares de suelas respectivamente en un turno de ocho horas con las siguientes especificaciones:

- La máquina inyectora MG- Rotativa emplea 5 estaciones de trabajo.
- La máquina inyectora Estacionaria BS-150 tiene una utilidad del 100%.
- La máquina inyectora Wintech utiliza las 3 estaciones.
- La máquina SABA SM-200 trabaja al 50% de su capacidad total.
- La máquina Prensa XFP 150-6 se encuentra trabajando en 3 estaciones de trabajo.



**Gráfico 2-4.** Porcentaje de incremento en producción por máquina  
**Fuente:** Autores

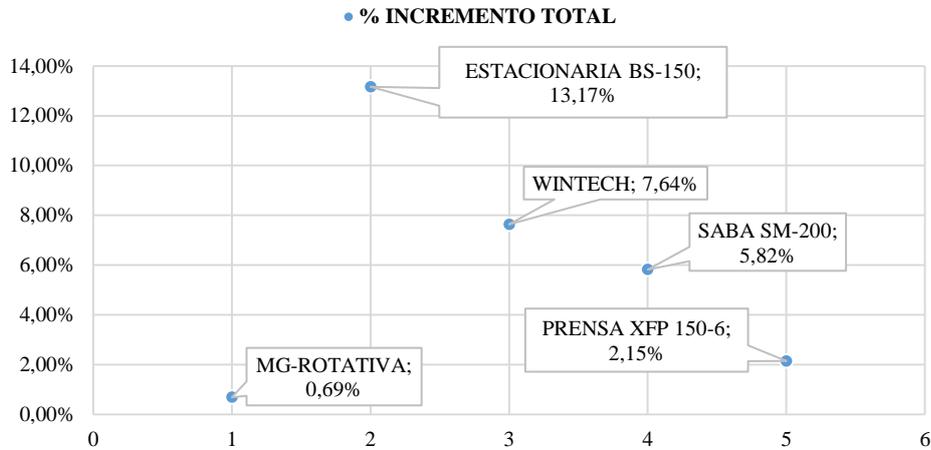
Una de las finalidades del estudio de métodos y tiempos es reducir tiempos y estandarizar el proceso, de acuerdo a este fin el Gráfico 3-4., muestra los porcentajes de actividades que se eliminaron respecto al mejor método escogido por máquina y producto, integrando: operaciones, inspecciones, demoras y actividades combinadas.



**Gráfico 4-4.** Porcentaje de eliminación de actividades  
**Fuente:** Autores

La productividad y la eficiencia productiva son indicadores que revelan la capacidad de producción de la planta, integrando todos los procesos productivos que tiene la materia prima desde su abastecimiento hasta convertirse en un producto terminado. Las mejoras se enfocaron en la maquinaria considerando que es directamente proporcional a la actividad laboral, los datos alcanzados se muestran en el Gráfico 4-4 y la Tabla 1-4.

**INCREMENTO DE EFICIENCIA PRODUCTIVA EN EL PUESTO DE TRABAJO**



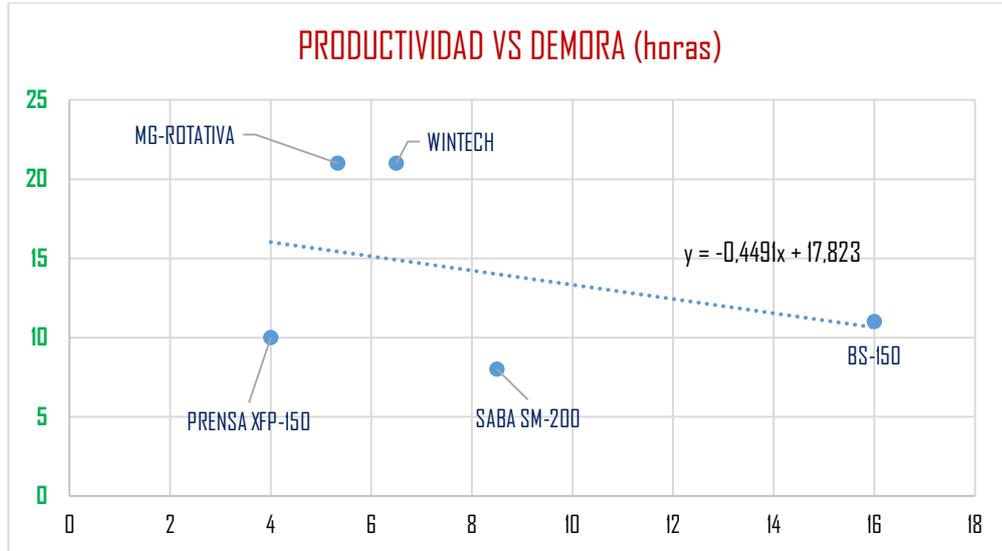
**Gráfico 3-4.** Porcentaje de Incremento en la eficiencia productiva por puesto de trabajo  
Fuente: Autores

**Tabla 1-4.** Productividad mejorada

PRODUCTIVIDAD SITUACIÓN PROPUESTA				
PUESTO DE TRABAJO	LABORAL	POR MÁQUINA	PRODUCTO	
	pares suela/(hora/trabajador)	pares suela/hora	SUELA	TALLA
MG-ROTATIVA	69	90	CIELO	36
ESTACIONARIA BS-150	59	51	TOMMY	39
WINTECH	96	83	CANAAN	35
SABA SM-200	23	26	MOSCÚ	36
PRENSA XFP 150-6	28	28	HERMES	40

Fuente: Autores

Debido a que se han identificado tiempos elevados en las demoras se analizó la relación que esta maneja de acuerdo a la productividad. El Gráfico 5-4., muestra que la productividad es inversamente proporcional a la demora. La ecuación  $y = -0,0076x + 17,964$  indica que a mayor tiempo en demoras menor productividad y por ende menor eficiencia productiva.



**Gráfico 4-4.** Relación de la productividad con respecto al tiempo de demora  
Fuente: Autores

#### 4.2 Análisis Prensa XFP 150-6

El análisis de la problemática para el puesto conflictivo se basó en aplicar un control estadístico del proceso a través de un diseño experimental, mismo que manejó el siguiente procedimiento:

- *Planteamiento:* La suela Hermes talla 40 fabricada por la máquina Prensa XFP 150-6 perteneciente a la planta de inyección presenta problemas con la calidad en defectos como: porosidad (burbujas de aire dentro de la suela), contaminación del material y quemado. Para resolver la problemática se decide realizar cambios en las variables del proceso de acuerdo al control estadístico del proceso, se establece un diseño de experimentos  $2^3$ . La experiencia de los operarios y previo a experimentos empíricos ejecutados, determinaron que el color con mayor defecto es el negro en la base del molde influenciado por factores y niveles como:

**Tabla 2-4.** Factores y niveles de estudio

REPRESENTACIÓN	FACTOR	NIVELES (s, °C, g)		CODIFICACIÓN MATEMÁTICA
		Bajo (-1)	Alto (1)	
<b>A</b>	Tiempo Prensado	10	20	$\alpha$
<b>B</b>	Temperatura Prensado	165	185	$\beta$
<b>C</b>	Peso Dosificado	52	60	$\delta$

Fuente: Autores

La variable de respuesta elegida es: Porcentaje de defectos en cada corrida (un lote de producción).

- *Planteamiento de Hipótesis:* La resolución del ejercicio inicia con las hipótesis del problema, que se detallan a continuación:

**Factores que intervienen en el proceso**

**A**

$$H_0: \alpha_i = 0$$

“El Tiempo de prensado en la suela no depende del método de estudio, son iguales entre sí”

$$H_1: \alpha_i \neq 0$$

“El Tiempo de prensado en la suela si depende del método de estudio, son diferentes entre sí”

**B**

$$H_0: \beta_j = 0$$

“La temperatura del molde no influye en la variable respuesta y estos son iguales entre sí”

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

“La temperatura del molde si influye en la variable respuesta y estos difieren entre sí”

**C**

$$H_0: \delta_k = 0$$

“El peso de dosificado no influye en la variación de la variable respuesta y son iguales”

$$H_1: \delta_k \neq 0$$

“El peso de dosificado si influye en la variación de la variable respuesta y por lo menos una difiere entre todas”

**AB**

$$H_0: (\alpha \beta)_{ij} = 0$$

“La interacción del tiempo de prensado y la temperatura del molde no influyen en la variación de la variable respuesta”

$$H_1: (\alpha \beta)_{ij} \neq 0$$

“La interacción del tiempo de prensado y la temperatura del molde si influyen en la variación de la variable respuesta”

**AC**

$$H_0: (\alpha \delta)_{ik} = 0$$

“La interacción del tiempo de prensado y el peso de dosificado no influye en la variación de porcentaje de defectos”

$$H_1: (\alpha \delta)_{ik} \neq 0$$

“La interacción del tiempo del prensado y el peso de dosificado si influye en la variación de porcentaje de defectos”

$$H_0: (\beta \delta)_{jk} = 0$$

“La interacción de la temperatura y el peso de dosificado no influye en la variación de la variable respuesta”

$$H_1: (\beta \delta)_{jk} \neq 0$$

“La interacción de temperatura y el peso de dosificado si influye en la variación de la variable respuesta”

**ABC**

$$H_0: (\alpha \beta \delta)_{ijk} = 0$$

“La interacción del tiempo de prensado, la temperatura y el peso de dosificado no influye en la variación del porcentaje de defectos”

$$H_1: (\alpha \beta \delta)_{ijk} \neq 0$$

“La interacción del tiempo de prensado, la temperatura y el peso de dosificado si influye en la variación del porcentaje de defectos y por ende son agentes de estudio”

- *Nivel de confianza:* El nivel de confianza a trabajar, se estableció en 95%.

$$\alpha = 0,05$$

- *Datos de Análisis:* Se ubican de forma aleatoria las corridas mediante el empleo del software Minitab y los datos se toman en función a la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4.** Tabla de aleatorización de datos

ORDEN EST.	ORDEN CORR.	TIEMPO	TEMPERATURA	PESO
9	1	10	185	52
13	2	20	165	60
10	3	10	165	52
11	4	20	185	60
12	5	10	165	60
6	6	20	185	52
1	7	10	185	60
15	8	20	165	52
5	9	20	165	60
4	10	10	185	52
8	11	20	165	52
14	12	10	185	60
16	13	10	165	60
3	14	20	185	52
2	15	10	165	52
7	16	20	185	60

Fuente: Autores

- *Datos de las corridas experimentales:* La Tabla 4-4 presenta la información de la toma de datos:

**Tabla 4-4.** Tabla de toma de datos

TIEMPO	TEMPERATURA	PESO	% DE DEFECTOS
10	185	52	0,30
20	165	60	0,23
10	165	52	0,37
20	185	60	0,15
10	165	60	0,36
20	185	52	0,29
10	185	60	0,19
20	165	52	0,15
20	165	60	0,39
10	185	52	0,23
20	165	52	0,12
10	185	60	0,23
10	165	60	0,16
20	185	52	0,26
10	165	52	0,39
20	185	60	0,09

Fuente: Autores

- *Cálculo del ANOVA:* Según (Gutiérrez, y otros, 2008 pág. 224) el cálculo de la tabla ANOVA para un diseño factorial dos al cubo, se debe manejar los parámetros señalados en la Fórmula 9 y la Tabla 5-4., para tener posteriormente los criterios de decisión basados en el valor observado y el crítico.

Cálculo de SCE (Sumatoria de los Cuadrados Error)

$$SCE = SCT - SCA - SCB - SCC - SCAB - SCAC - SCBC - SCABC \quad (9)$$

**Tabla 5-4.** ANOVA realizado en Minitab

FUENTES VARIABILIDAD	SUMATORIA CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR OBSERVADO	VALOR CRITICO
FV	SC	GT	CM	Fo	F
A	SCA	1	SCA	CMA/CME	$F(\alpha, 1, (2^3 - 1))$
B	SCB	1	SCB	CMB/CME	
C	SCC	1	SCC	CMC/CME	
AB	SCAB	1	SCAB	CMAB/CME	
AC	SCAC	1	SCAC	CMAC/CME	
BC	SCBC	1	SCBC	CMBC/CME	
ABC	SCABC	1	SCABC	CMABC/CME	
Error	SCE	$2^3(n - 1)$	$SCE/2^3(n - 1)$		
Total	SCT	N-1			

Fuente: (Gutiérrez, y otros, 2008)

El software Minitab permitió analizar las corridas en relación al ANOVA con los resultados de la Tabla 6-4.

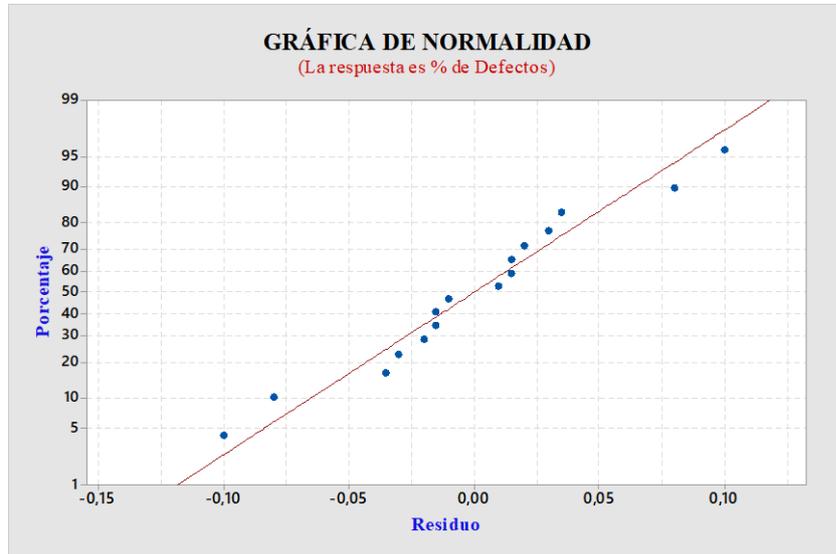
**Tabla 6-4.** Tabla ANOVA Minitab

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.	Valor F	Valor p
Modelo	7	0,105844	0,015121	3,11	0,067
Lineal	3	0,036469	0,012156	2,50	0,134
Tiempo	1	0,018906	0,018906	3,88	0,084
Temperatura	1	0,011556	0,011556	2,37	0,162
Peso	1	0,006006	0,006006	1,23	0,299
Interacciones de 2 términos	3	0,030369	0,010123	2,08	0,181
Tiempo*temperatura	1	0,003306	0,003306	0,68	0,434
Tiempo*Peso	1	0,009506	0,009506	1,95	0,200
Temperatura*Peso	1	0,017556	0,017556	3,61	0,094
Interacciones de 3 términos	1	0,039006	0,039006	8,01	0,022
Tiempo*temperatura*Peso	1	0,039006	0,039006	8,01	0,022
Error	8	0,038950	0,004869		
Total	15	0,144794			

Fuente: Autores

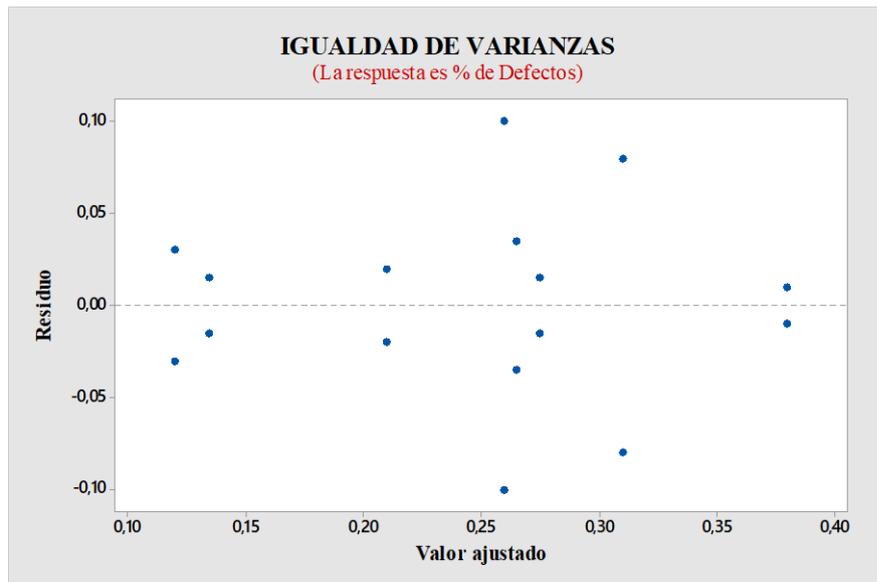
- *Comprobación de Supuestos:* Para que los datos de la muestra sean aceptados debieron cumplir los siguientes supuestos:

Supuesto de Normalidad: En el Gráfico 6-4 se muestra la gráfica de probabilidad normal, donde los residuos sobre el porcentaje de defectos siguen una línea recta demostrando que existe evidencia de normalidad y asimetría.



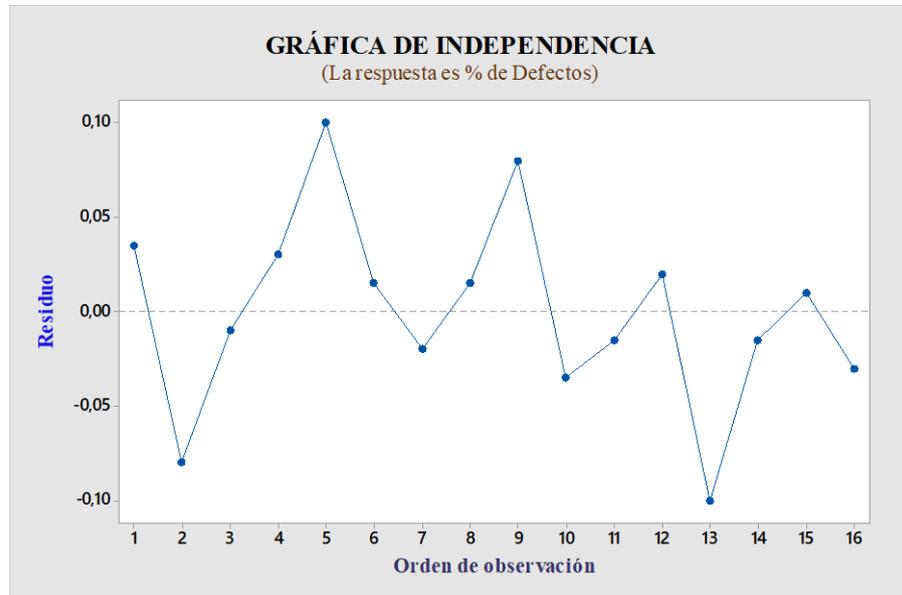
**Gráfico 5-4.** Supuesto de normalidad.  
Fuente: Autores

Supuesto de Homogeneidad: El Gráfico 7-4., indica los residuos versus ajustes, afirmando que los residuos están dispersos aleatoriamente alrededor de cero, cumplen con la igualdad de varianzas.



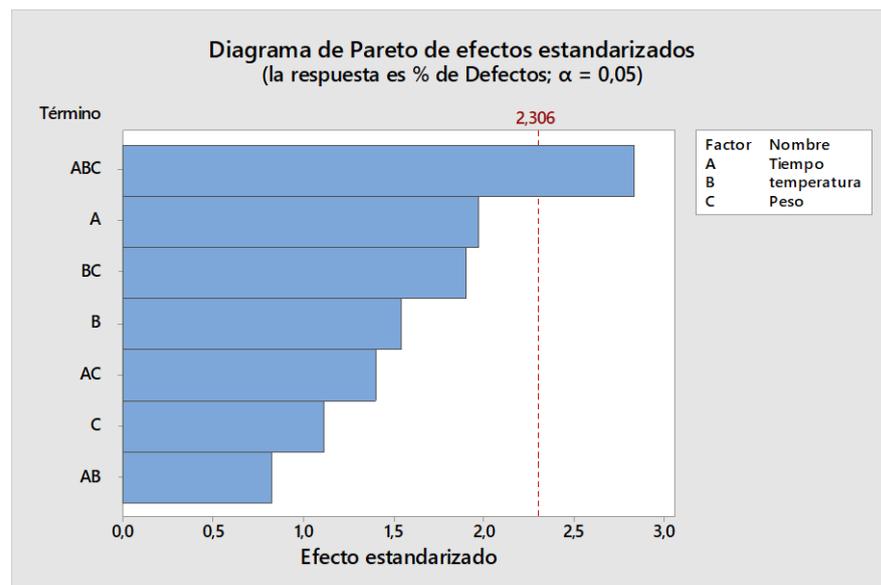
**Gráfico 6-4.** Supuesto de homogeneidad  
Fuente: Autores

Supuesto Independencia: En el Gráfico 8-4., se muestra los residuos versus orden para los datos sobre el porcentaje de defectos, el supuesto de independencia se cumple ya que los datos no siguen un patrón establecido.

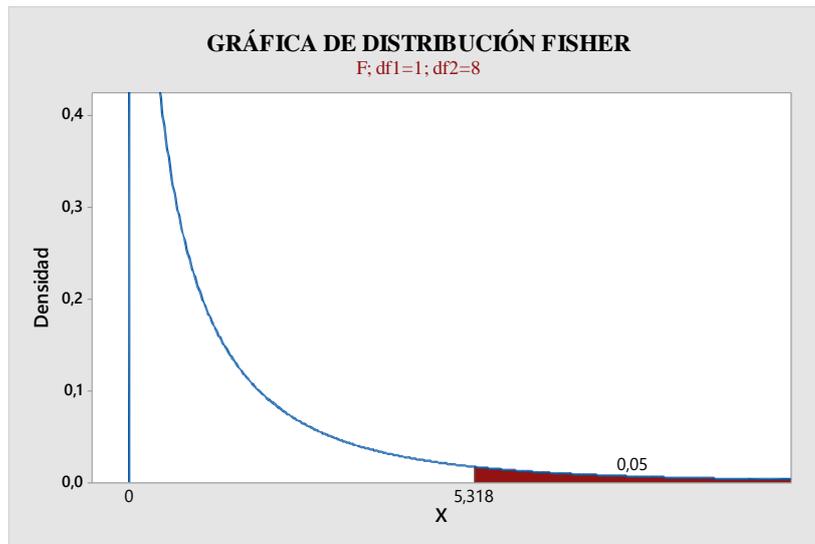


**Gráfico 7-4.** Supuesto de independencia  
Fuente: Autores

- *Criterio de Decisión:* Ya sea en las tablas de distribución de Fisher o por el Gráfico 10-4., obtenida por medio de Minitab se calcula, el valor crítico para compararlo con el estadístico de prueba y realizar el criterio de decisión. Cabe señalar que los resultados se pueden corroborar con el diagrama de Pareto como lo indica el Gráfico 9-4.



**Gráfico 8-4.** Diagrama de Pareto en interacción de factores  
Fuente: Autores



**Gráfico 9-4.** Valores Críticos de la Distribución F  
Fuente: Autores

- *Criterio de Decisión:*

Tiempo:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$3,88 < 5,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico por ende se afirma que el tiempo no influye en el diseño y no es necesario considerarlo para análisis futuros. Se acepta la H0 (hipótesis nula) y se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa).

Temperatura:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$2,37 < 5,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico por ende se afirma que la temperatura no influye en el porcentaje de defecto. Se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa) y se acepta la H0 (hipótesis nula).

Peso:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$1,23 < 5,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico, se afirma que el tiempo no influye en el porcentaje de defectos. Se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa) y se acepta la H0 (hipótesis nula).

Tiempo y temperatura:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$0,68 < 5,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico, se afirma que la interacción entre el tiempo y la temperatura no influyen en el diseño, además no es necesario considerarle para análisis futuros. Se acepta la H0 (hipótesis nula) y se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa).

Tiempo y Peso:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$1,95 < ,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico, la interacción entre el tiempo y peso no influye en el porcentaje de defectos. Se acepta la H0 (hipótesis nula), y se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa).

Temperatura y Peso:

$$f_0 < fF(\alpha, 1, 8)$$

$$3,61 < 5,318 \text{ (NS)}$$

El estadístico de prueba es menor que el valor crítico, se afirma que la interacción entre temperatura y peso no influye en el porcentaje defectos, Se acepta la H0 (hipótesis nula), y se rechaza la H1 (hipótesis afirmativa).

Tiempo, Temperatura y Peso

$$f_0 > fF(\alpha, (b - 1), (k - 1)(b - 1))$$

$$8,01 > 5,318 \text{ (S)}$$

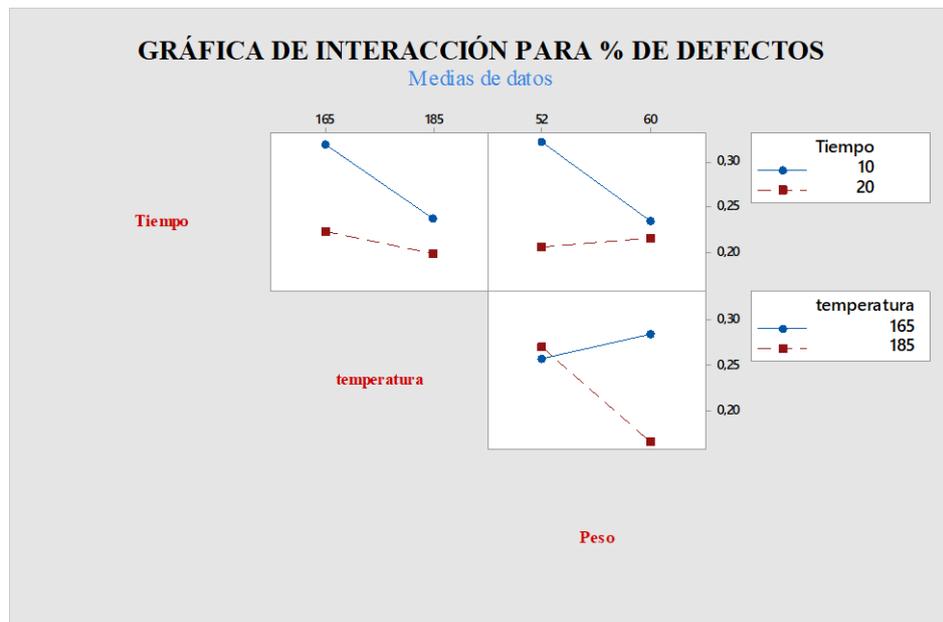
El estadístico de prueba es mayor que el valor crítico, se afirma que la interacción entre Tiempo, Temperatura y Peso si influye en el porcentaje de defectos, por lo cual su análisis está bien aplicado. Se acepta la H1 (hipótesis afirmativa) y se rechaza la H0 (hipótesis nula).

- *Resultados sobre los factores:* Además de encontrar los factores influyentes en el proceso, el diseño experimental permite analizar los parámetros más adecuados aplicables para la reducción de defectos, este es el caso del Gráfico 11-4., que indica las interacciones de los efectos secundarios, afirmando que el menor porcentaje de defectos se obtiene con:

Temperatura de 185 °C

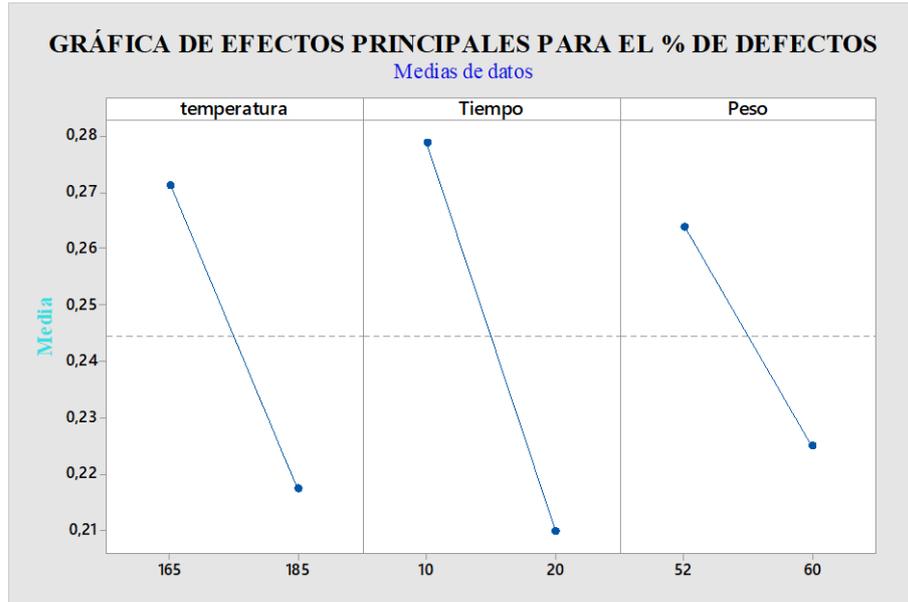
Tiempo de 20 segundos

Peso de 60 gramos.



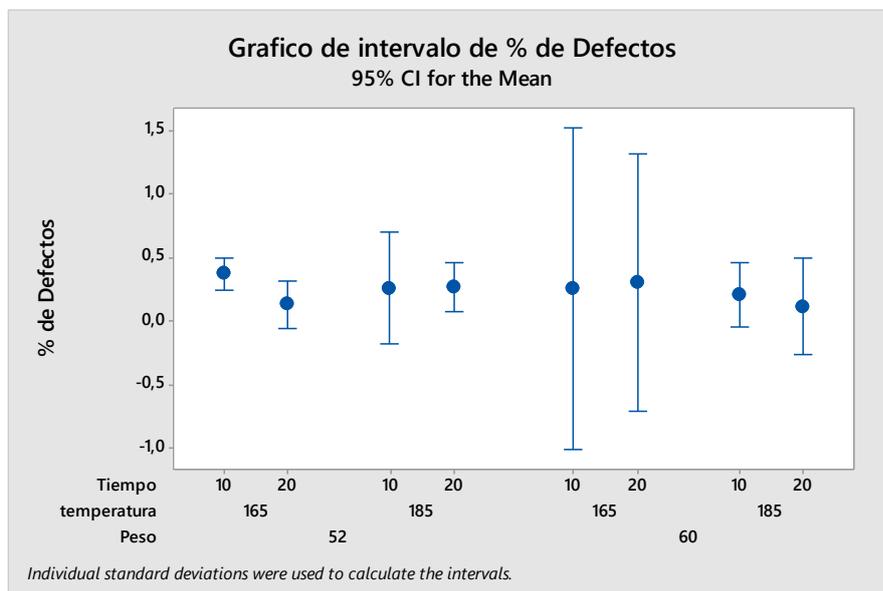
**Gráfico 10-4.** Interacción de los efectos secundarios para el % de defectos  
Fuente: Autores

El Gráfico 12-4., muestra los efectos de los factores principales sobre la variable respuesta (porcentaje de defectos) cerciorando que los parámetros antes mencionados son los correctos (185 grados Celsius, tiempo de 20 segundos y peso de 60 gramos) en la disminución de la variable respuesta.



**Gráfico 11-4.** Gráfica de efectos principales  
Fuente: Autores

El Gráfico 13-4 muestra los límites superiores e inferiores que tienen los factores analizados en el diseño respecto a la desviación estándar, observando que el rango en el porcentaje de defectos aumenta dependiendo de los parámetros que se empleen, además de corroborar los datos encontrados anteriormente.



**Gráfico 12-4.** Gráfica de intervalos en peso, tiempo y temperatura.  
Fuente: Autores

- *Coefficiente de Determinación:* El coeficiente de determinación nos indica el porcentaje de participación que tienen los factores estudiados en la variable respuesta y el proceso, cuya confiabilidad es aceptable a partir del 70%, caso contrario el diseño experimental

no es aceptado como confiable. La Fórmula 10 permite realizar el cálculo. (Gutiérrez, y otros, 2008)

$$R^2 = \frac{SC_{total} - SC_{error}}{CTSC_{total}} * 100\% \quad (10)$$

$$Rg^2 = \frac{0,144794 - 0,38950}{0,144794} * 100\%$$

$$Rg^2 = 73,10\%$$

El coeficiente de determinación para el diseño experimental planteado es del 73,10% de influencia en la variable respuesta; sin embargo, es necesario aclarar que el 26,9% restante se debe a otros factores que también requieren ser examinados a partir de otros diseños experimentales.

La ecuación de regresión lineal que para el diseño es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_1x_2 + \beta_5x_1x_3 + \beta_6x_2x_3 + \beta_7x_1x_2x_3$$

$\beta_1x_1; \beta_2x_2; \beta_3x_3; \beta_4x_1x_2; \beta_5x_1x_3; \beta_6x_2x_3 = 0$  (Debido a que no influyen en el proceso)

$$Y = \beta_0 + \beta_7x_1x_2x_3$$

$$x_1 = A, \quad x_2 = B, \quad x_3 = C$$

	Bajo	Alto
$x_1$	-1	1
$x_2$	-1	1
$x_3$	-1	1

$$Y = u + \frac{\text{Efecto ABC}}{2}$$

Donde:

$Y$ = Variable respuesta

$u$ = Error

### 4.3 Metodología Kaizen (Herramientas de Gestión 5'S)

#### 4.3.1 Kaizen

La metodología Kaizen bajo el fundamento “la suma de pequeños aportes constituye una gran mejora” permitió realizar el estudio de la eficiencia productiva en la planta de inyección, manejando enfoques en:

- *Calidad:* Específicamente en la prensa XFP 150-6 considerada el puesto conflictivo debido al porcentaje de defectos, y el no reproceso de la materia prima.
- *Costos de manufactura:* Debido a la relación directa que presenta la empresa para conocer el cálculo de la producción real en la maquinaria y la capacidad de producción de la planta para verificar si los datos que tienen en costos son los correctos.
- *Orden y limpieza:* La planta no cuenta con suficientes artículos de limpieza.
- *Eficiencia:* Se enfocó en el estudio de métodos y tiempos, con la estandarización del método de trabajo.

El diagnóstico de la filosofía Kaizen se realiza a través de una encuesta de la situación actual y la propuesta.

La encuesta de la situación actual de Kaizen permitió identificar los puntos débiles de acuerdo a los diferentes niveles establecidos por recomendaciones en la metodología y adecuándolo a las necesidades en la planta de inyección los resultados fueron:

- Conocimientos básicos de metodología Kaizen (64%)
- Proceso (64%)
- Mejora continua (64%)

Los resultados alcanzados a través del estudio de la metodología Kaizen se detalla en la Tabla 7-4., mismos que se evidencian de acuerdo al planteamiento nuevamente de la encuesta al final de la implementación, siendo oportuno aclarar que se empleó a las mismas personas de la situación actual.

**Tabla 7-4.** Comparación metodología Kaizen

		Situación Actual	Situación Propuesta
<b>METODOLOGÍA KAIZEN</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ELEMENTOS BÁSICOS</li> <li>■ PROCESO</li> <li>■ PERSONAS</li> <li>■ MEJORA CONTINUA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ELEMENTOS BÁSICOS</li> <li>■ PROCESO</li> <li>■ PERSONAS</li> <li>■ MEJORA CONTINUA</li> </ul>
		<p>La comparación de la situación inicial con respecto a la situación propuesta se realiza a través de la misma encuesta al personal laboral y administrativo, obteniendo los siguientes resultados en el aumento porcentual de los parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos básicos            18%</li> <li>- Proceso                            7%</li> <li>- Personas                            5%</li> <li>- Mejora continua                9%</li> </ul>	

Fuente: Autores

El complemento del estudio en el factor orden y limpieza se concluyó con la implementación de la herramienta 5´s.

#### 4.3.2 Implementación y desarrollo de las 5´s.

Los puntos débiles en las 5´s se alcanzaron a partir de una encuesta de preguntas cerradas, evaluando los conocimientos de los operarios y el personal administrativo en cada una de las etapas de la herramienta, los resultados más bajos se encontraron en:

- Seiri-Eliminar                    65%
- Seiton-Ordenar                64%
- Seiso-Limpiar                    68%

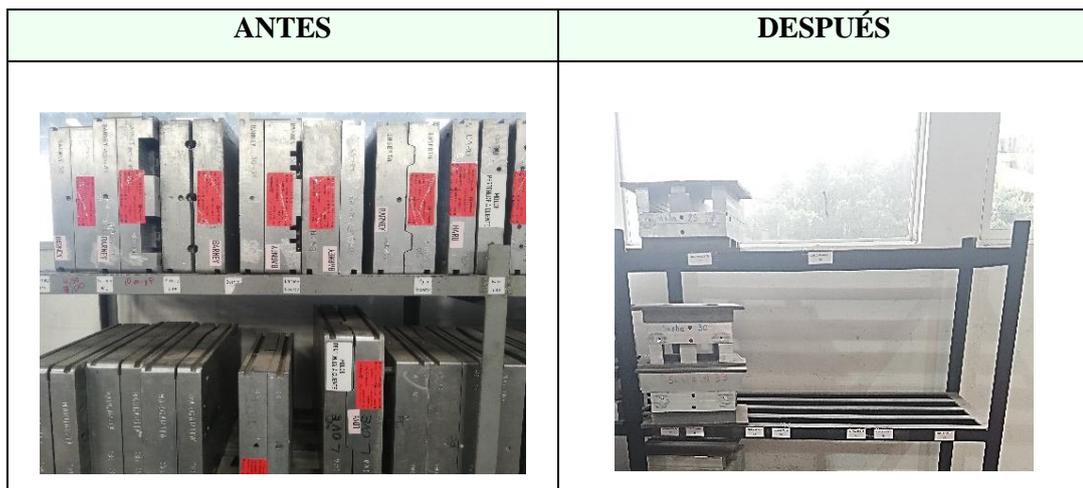
La implementación de las 5´s en la planta de inyección se desarrolló a partir de las siguientes actividades:

*Seiri-Eliminar:* Se encarga de eliminar lo innecesario ya sea herramientas, maquinaria, entre otros, para la planta de inyección se empleó el uso de tarjetas rojas, el modelo se muestra en la Figura 1-4.

<b>TEIMSA</b>		Nro. _____
<b>TARJETA ROJA (5' s)</b>		
Área: Inyección	Código: _____	
Fecha: _____		
Responsable: _____		
<b>CATEGORIA</b>		
<input type="checkbox"/> Maquinaria y Equipo	Instrumento	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Materia Prima	Material Gastable	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Producto Terminado	Partes Mecánicas	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Accesorios /Herramientas	Otros	<input type="checkbox"/>
Nombre del artículo: _____		
Cantidad: _____		
<b>DESCRIPCION DEL OBJETO</b>		
<input type="checkbox"/> Excedente	Obsoleto	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Defectuoso	Contaminante	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> No se usa	Otros	<input type="checkbox"/>
<b>DISPOSICION</b>		
<input type="checkbox"/> Trasferir	Inspeccionar	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Eliminar	Vender	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Mover a áreas externas	Otros	<input type="checkbox"/>
Observaciones _____		
Firma _____		

**Figura 1-4.** Tarjeta roja  
Fuente: Autores

La tarjeta roja se ubicó en cada uno de los elementos que no se utilizan en la planta de inyección, como es el caso de los moldes, además se añade una etiqueta exclusiva para identificar los moldes pertenecientes a clientes debido a que se trasladan a una bodega exclusiva. La Figura 2-4., muestra el antes y después de la implementación.



**Figura 2-4.** Moldes al aplicar la tarjeta roja  
Fuente: Autores

*Seiton- Ordenar:* En esta etapa se designó los lugares apropiados de los moldes que se usan en el área de inyección, de tal manera que su ubicación sea ordenada. La actividad se realizó a través

de un inventario en existencia como lo indica el ANEXO G. Además, se integró un plano que muestra la distribución de los stands.

*Seiso-Limpiar:* Consiste en mantener limpio el lugar de trabajo, máquinas, herramientas, etc. En la planta de inyección con un área de 882, 24 m<sup>2</sup> aproximadamente, se comprobó que los artículos de limpieza son escasos y están deteriorados, por ende, se efectuó un pedido a la bodega de artículos. La Figura 3-4., muestra lo mencionado.



**Figura 3-4.** Artículos de limpieza escasos y en mal estado  
Fuente: Autores

*Seiketsu-Estandarización:* La estandarización permite que la eliminación, orden y limpieza se mantenga a lo largo de la jornada y siga su curso con la mejora continua, es por eso que anticipado a la implementación de la metodología Kaizen conjuntamente con las 5's se llevó a cabo la elaboración de pancartas con información de las herramientas. La Figura 4-4., indica el material de apoyo empleado en la capacitación del personal.



**Figura 4-4.** Pancartas de información  
Fuente: Autores

*Shitsuke-Disciplina:* Este paso se trata de establecer el hábito sobre eliminar, ordenar, limpiar y estandarizar con autodisciplina por parte de todos los involucrados, cumpliendo con lo establecido, en la planta de inyección. Al final de la implementación se realiza la comparación de la situación inicial y la propuesta obteniendo los resultados que se presentan en el ANEXO H.

## CONCLUSIONES

- La producción real de las máquinas a través de los estudios realizados de acuerdo a las condiciones en el proceso de la planta de inyección en TEIMSA es más baja de lo establecido por la empresa, lo cual genera que el costo de manufactura se eleve, es necesario aclarar además que no se están empleando todas las estaciones de servicio en las máquinas como: Mg-Rotativa, SABA SM-200 y Prensa XFP 150-6.
- Los tiempos de producción en relación a los criterios cíclicos de las máquinas dependen del tamaño, material y color de la suela., no obstante para determinar la eficiencia productiva de la planta se analizó todo el proceso desde el abastecimiento de materia prima hasta el almacenaje del producto terminado, detectando en el empaquetado un cuello de botella debido a la inspección del 100% manejada en donde el proceso no abastece la producción de las máquinas, por ende, las demoras incrementan y la eficiencia productiva disminuye, estableciéndose en un 19%.
- Los operarios son suplantados en su puesto de trabajo (máquinas inyectoras y prensa) al momento de la alimentación, por lo cual ese tiempo no se ve incluido en las consideraciones especiales al momento de calcular producción real en las inyectoras y Prensa XFP 150-6.
- Los constantes cambios de moldes en la máquina SABA SM-200 debido a pedidos o lotes de producción pequeños para la suela Moscú, genera que la eficiencia productiva en el puesto de trabajo sea relativamente baja, aproximadamente de un 12%, ocasionando un elevado costo de fabricación, además de que la máquina solo se utiliza al 50% de su capacidad, debido que al 100% el tiempo de operación disminuye aún más.
- Los procesos son perceptibles a diferentes técnicas de estudio, es por eso que el diseño experimental realizado en la Prensa XFP 150-6 tuvo un coeficiente de determinación del 73,10%, lo que significa que los factores (temperatura, tiempo de prensado y peso de dosificado) tienen una participación significativa en el proceso; sin embargo, el 26,9% restante depende de variables que no se han considerado en el estudio, pero cabe aclarar que se evidenció influencia en: desgaste del teflonado de los moldes, habilidad del operario, método de trabajo y limpieza del molde, entre otros.
- La eficiencia productiva a través del método mejorado manifestó el mayor incremento en la maquinaria y el personal; sin embargo, en la planta de inyección para el proceso en general

se estableció en 20%, cabe aclarar que el incremento no incluye las mejoras obtenidas por el estudio del control estadístico de procesos y la implementación de la herramienta 5´s.

- La implementación de la metodología Kaizen inició desde el estudio de métodos y tiempos debido a su enfoque con las mudas del proceso además que en combinación con las 5´s presenta un incremento porcentual general en 10% y 6% respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Las máquinas de la planta de inyección con más de una estación de trabajo, para evitar demoras innecesarias del producto deben establecer un desfase de tiempos de estación a estación acorde de la información entregada en las hojas de observación.
- Los registros que se proporcionan a los operarios, deben ser evaluados y controlados con mayor frecuencia, además de verificar que la información entregada sea real acorde del proceso manejado.
- El tiempo de cambio de molde y preparación de la maquinaria deben ser estudiados a profundidad a través de métodos de mejora continua ya que pueden disminuir con relación a ajustes en tiempos internos y externos.
- El proceso de mejora continua debe ser constante y disciplinado en la planta de inyección para evidenciar cambios, además de que la maquinaria es presta para la aplicación del control estadístico del proceso específicamente en diseños experimentales.
- Los costos del producto deben ser calculados nuevamente tomando en cuenta el proceso desde la llegada de la materia prima a bodega hasta el almacenaje del producto terminado ya que estos tienen una participación significativa en la capacidad productiva de la planta.
- El proceso de empaquetado debe tener una nueva investigación de acuerdo a la factibilidad en relación de la productividad e incrementar personal en el área según las habilidades a fines y rotación del mismo, o a su vez realizar las inspecciones únicamente por muestreo en producciones altas debido a la confiabilidad del proceso y si es el caso automatizarlo.
- Los operarios deben ser capacitados en el conocimiento general técnico de operación de la maquinaria para determinar con mayor facilidad: fallas, factores, tiempos, o parámetros influyentes en el proceso productivo.
- La codificación de los moldes debe realizarse de acuerdo a los stands de ubicación para evitar exceso de inventario por moldes fuera de producción, mismos que por su tamaño obstruyen la circulación normal del personal.

## GLOSARIO

**Mejora Continua:** Es un término empleado para referirse al constante monitoreo de los procesos de acuerdo a mediciones en las operaciones para cumplir el objetivo de optimización del proceso a través de la integración de distintas metodologías.

**Defectos de Fabricación:** Son las fallas o errores que se manifiestan en un determinado producto y no cumplen las expectativas del diseño inicial debido a diversas causas que implica la fase de elaboración, por lo general se evidencian en el control de calidad.

**Rebabas:** Es el material sobrante de los bordes de un determinado producto que resulta después de haber sido sometido a cierto proceso de fabricación.

**Conocimiento Empírico:** Es la ausencia del conocimiento científico, todo aquello que se sabe generalmente se basa en la experiencia y las vivencias obtenidas con el pasar de los años.

**MUDA:** En producción es una palabra de origen japonés que hace referencia a los desperdicios que se generan en un proceso debido a distintas causas, principalmente se agrupan en siete y son aquellas actividades que no agregan valor al producto además de provocar pérdidas para la empresa.

**Tiempo Suplemento:** Es el complemento o extra que se agrega en el estudio de la estandarización del proceso debido a diversas situaciones que atraviesa el trabajador en su jornada laboral.

**Tiempo normal:** Es el tiempo que el operario se demora realizando sus actividades de acuerdo a un ritmo de trabajo normal sin considerar suplementos de ninguna índole.

**Demora:** En producción son todos los retrasos que dejan el producto estando en cierta fase antes de ser entregado al cliente, impidiendo su flujo correcto ocasionan cuellos de botella en el proceso.

**Cuello de botella:** En producción es un término empleado en aquellos procesos que no son efectivos, esto quiere decir que reducen la capacidad de trabajo viéndose afectada debido a que promueven en la línea de producción retrasos o comúnmente dicho tiempos de parada.

**Efecto burbuja:** En inyección se refiere al efecto encontrado en las piezas inyectadas debido a distintas causas entre ellas el enfriamiento desigual principalmente en el centro de las partes del producto haciendo que el material se contraiga en ciertos lugares.

**Efecto quemado:** Se refiere al efecto encontrado en las piezas debido a exceso de temperatura o a su vez por elevados tiempos de prensado o inyección.

**Inyección:** Es un proceso que resulta de someter un polímero a cierta temperatura para ser degradado convirtiéndose en un fluido de densidad viscosa que al ingresar en un molde adopta su forma bajo un enfriamiento rápido.

**Capacidad de Producción:** Es nivel máximo de actividad que posee una planta de producción de acuerdo a las condiciones que presenta el proceso, tiene relación directa con los recursos que intervienen.

**Reproceso:** Es el proceso que implica los productos no conformes que surgen en el proceso productivo debido a distintas causas, mismos que son sometidos a una nueva acción para que cumplan los requisitos establecidos.

**Optimización:** Es el término empleado en acciones resueltas de manera eficaz y eficiente, tomando en cuenta el uso mínimo de recursos o a su vez trabajar con los disponibles.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Análisis de la producción científica hispana en mejora continua: 1990-2011.* **Sánchez, Lidia y Blanco, Beatriz. 2016.** 1, España : Revista Española de Documentación Científica, 2016, Vol. 39. I0210-0614.

**Anónimo. 2015.** Ecured. *Ecured.* [En línea] 2015. [Citado el: 15 de Septiembre de 2019.] [https://www.ecured.cu/Mejora\\_continua](https://www.ecured.cu/Mejora_continua).

**Asme. 2019.** Asme. *Asme.* [En línea] American Society of Mechanical Engineers, 12 de Octubre de 2019. <https://www.asme.org>.

**Beltrán, Maribel y Marcilla, Antonio. 2012.** *Tecnología de polímeros.* España : Universidad de Alicante, 2012. 978-84-9717-232-5.

**Carera, Rafael. 2014.** *Lean Six Sigma. TOC. Simplificado.* 2014.

*Diseño de una suela para calzado femenino casual bajo parametros de liviandad.* **Vélez, Juliana, y otros. 2017.** Colombia : s.n., 2017. ISSN.

**Easy. 2018.** Central. *Copyright © 2019 Ingeniería Industrial Easy.* [En línea] 11 de 01 de 2018. [Citado el: 12 de Octubre de 2019.] <http://ingenieriaindustrialeasy.blogspot.com/2018/01/el-diagrama-de-pareto.html>.

*El Comercio Exterior de Calzado y el Producto Interno Bruto en el Ecuador, Año 2015.* **Ortiz, Jessica, Álvaro, Vayas y Sánchez, Rubén. 2018.** 51, s.l. : Dialnet, 2018. 1989-6794.

**Empresarial, Programa De Desarrollo. 2017.** [En línea] 21 de Enero de 2017. [http://www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/objetivo/7.1.1/indices.htm#pasos\\_ind](http://www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/objetivo/7.1.1/indices.htm#pasos_ind).

*Evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado .* **Reyes, Paúl, y otros. 2016.** 1, La Habana : SciELO, 2016, Vol. 37. ISSN 1815-5936.

*Evaluación inicial de un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción.* **Oliveros, Arriola, Granja, Denis y Rodríguez, S. 2018.** 2018, SCIELO.

**Fidel, Geovanny y Luje, Calispa. 2013.** *Proyecto de Factibilidad para la Creación de una Empresa de Producción de Lamina de Caucho para la Fabricación de Suelas de Calzado en la Ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua.* Riobamba : s.n., 2013.

**Gerson. 2012.** Estandarización Industrial. *Estandarización Industrial.* [En línea] 4 de Mayo de 2012. [Citado el: 23 de Septiembre de 2019.] <http://inreto.blogspot.com/>.

**Gómez, Ruben. 2019.** *Estudio para el Desarrollo de Láminas Poliméricas, Basadas en Poliuretano Termoplástico (TPU) o en Derivados del Poliestireno (PS), para su Incorporación en Productos de Calzado.* Valéncia : s.n., 2019.

**Group, Main. 1997.** *Machine rotative á injection pour la production de chaussures et d'éléments de chaussure.* Padova : s.n., 1997.

**Gutiérrez, Pulido y De La Vara, Román. 2008.** *Análisis y Diseño de Experimentos Segunda Edición.* México : Interamericana Editores, S.A, 2008.

**Herrera, Laura y Jairy, Pineda. 2018.** *Evaluación de la Mezcla de Etileno Vinil Acetato (EVA) con Caucho Natural o Sintético, para la Incorporación en la Formulación de Suelas y sintas de Calzado de la Compañía Croydon Colombia S.A.* Bogotá : s.n., 2018.

**Imocom. 2019.** Tecnología Del Plástico. [En línea] 13 de Octubre de 2019. [Citado el: 13 de Septiembre de 2019.] <http://www.plastico.com/producto-descripcion/maquinas-para-calzado-y-procesamiento-de-caucho+Showroom126160125752>.

**Inteligente, Manufactura. 2019.** MI. *MI.* [En línea] 28 de Febrero de 2019. [Citado el: 9 de Septiembre de 2019.] <http://www.manufacturainteligente.com/kaizen/>.

**Jiménez, Jeannethe, Castro, Adrián y Brenes, Cristian. 2009.** *Productividad.* Argentina : s.n., 2009.

*Kaizen Un Caso De Estudio.* **Atehortua, Yeison y Restrepo, Jorge. 2010.** Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2010, Vol. XVI. 0122-1701.

**Kingmin, Fujian. 2018.** Kingmin Machinery. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de Agosto de 2019.] <http://evamold-videos.com/automatic-eva-foam-injection-molding-machine>.

**Lean, Progressa. 2014.** Progressa Lean. [En línea] 14 de Octubre de 2014. <https://www.progressalean.com/5w2h-tecnica-de-analisis-de-problemas/>.

**López, Jorge. 2012.** *Productividad*. Ciudad de México : Copyright, 2012.

**López, Julián, Alarcón, Enrique y Rocha, Mario. 2014.** *Estudio del Trabajo*. México : s.n., 2014.

**López, María. 2015.** *Estandarización del Proceso de Inyección de Suela de Poliuretano para Calzado de Seguridad. Fabrica de Calzado 70 S.A.* Antioquia : s.n., 2015.

**López, Paloma. 2016.** *Herramientas Para La Mejora De La Calidad, Métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. Madrid : FUNDACIÓN CONFEMETAL, 2016. 978-84-16671-09-0.

*Manual de Implementación Programa 5 S.* **Vargas, Héctor. 2006.** S : Corporación Autónoma de Santander, 2006, Corporación Autónoma de Santander , pág. 10.

**Maps, Google. 2019.** Google. *Google*. [En línea] 24 de Septiembre de 2019. <https://www.google.com/maps/place/TEIMSA/@-1.2744264,-78.6536438,19z/data=!4m5!3m4!1s0x91d3820892ca0d33:0x702d97698a11a30!8m2!3d-1.2745256!4d-78.6532576>.

**Mariano. 2011.** Tecnología de los Plásticos. [En línea] 13 de Junio de 2011. [Citado el: 18 de Octubre de 2019.] <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>.

**Martínez, José. 2016.** alborum. *alborum*. [En línea] 4 de Agosto de 2016. [Citado el: 6 de Diciembre de 2019.] <https://www.alborum.com/la-estandarizacion-los-procesos-garantia-exito-industrial/>.

**Medina, Roxana. 2017.** *Estandarización de los Procesos de Producción Basado en la Metodología Lean Manufacturing para la Fabricación de Cisternas, en la Empresa Remolques Tramontana S.A.C.* Huancayo : s.n., 2017.

**Morelos, José. 2016.** *Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina.* Colombia : s.n., 2016.

**Palacios, Jhonatan. 2019.** *Diseño de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Producidos por el Proceso de Inyectado de Suelas Para Calzado en la Empresa Ingeniería Diseño de Suelas.* Ambato : s.n., 2019.

**Palacios, Luis. 2009.** *Ingeniería De Metodos, Movimientos y Tiempos.* Bogotá : Ecoe Ediciones, 2009. 978-958-648-624-8.

**Para Conesa, Juan. 2007.** *Kaizen: cuando la mejora se hace realidad.* Cartagena : Fundación técnica industrial, 2007.

**Proaño, Jennifer. 2018.** *El desperdicio en el proceso de producción de suelas de PVC en la Empresa Material.* Ambato : s.n., 2018.

**Rey, Francisco. 2005.** *Las 5'S Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo.* España : FUNDACIÓN CONFEMETAL, 2005.

**Salazar, Bryan. 2016.** *Ingenieria Industrial.*online.com. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Septiembre de 2019.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>.

**Serra, Gonzalo. 2018.** *Gestión del talento Rendimiento con bienestar.* [En línea] 2018. [Citado el: 9 de Octubre de 2019.] <http://institutoaltorendimiento.com/gestiondeltalento/inicio/optimizacion-de-recursos/>.

**Significados. 2019.** *Significados.com.* *Significados.com.* [En línea] 7 de Enero de 2019. [Citado el: 9 de Diciembre de 2019.] <https://www.significados.com/productividad/>.

**Teimsa. 2018.** *Teimsa.com.* *Teimsa.com.* [En línea] 2018. [Citado el: 5 de Octubre de 2019.] <http://teimsa.com.ec/web1/historia/>.

**Tejada, Noris, Soler, Victor y Pérez, Ana. 2017.** *Metodología de Estudio de Metodo y Tiempo; Introducción al GSD.* España : s.n., 2017. ISSN.

*Tungurahua Abarca el 44% de Producción en Calzado Ecuatoriano.* **Sandro. 2016.** Tungurahua : s.n., 2016.

*Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo.* **Estellés, Sofía, y otros. 2012.** 2012, Revista dyo, págs. 65-71.

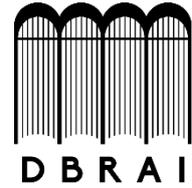
**Vera, Mateo, Valecia, Fabricio y Torres, Pablo. 2015.** Prezi. *Prezi.* [En línea] 11 de Diciembre de 2015. [Citado el: 26 de Noviembre de 2019.] <https://prezi.com/dwvjeylouthg/trabajo-estandarizado/>.



0183-DBRAI-UPT-2020



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

**Fecha de entrega:** 2020-08-04

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Karen Mishell Obando Trejos Edwin Arturo Acurio Villacres
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Industrial
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Industrial
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. CPA. Rafael Inty Salto Hidalgo MBA   2020-08-04 0183-DBRAI-UPT-2020