

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Reducción de tiempo de limpieza durante cambio de producto en una planta de alimentos

INGE-2473

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieras Industriales**

**Presentado por:**

Adriana Isabel Huerta Pacheco

Franciné Nathaly Sarmiento Matamoros

**Guayaquil - Ecuador**

**Año: 2024**

## Dedicatoria

---

Este proyecto está dedicado a mi madre Yadira, que me han dado el mejor ejemplo de sacrificio y amor incondicional. A mi padre Francisco que me ha apoyado en estos años lejos de la familia y a mi hermano Jahir por ser la alegría de mis días grises. Este logro es tanto suyo como mío. A mis abuelos, Daissy, Jorge, Cecilia y Ramiro que, con su sabiduría, cariño y enseñanzas, me han guiado y alentado en cada paso de este camino. A mis amigos que han compartido conmigo risas, consejos y momentos de descanso que me permitieron seguir adelante. Mi increíble compañera Adriana Huerta que sin su ayuda este proceso sería el doble de complicado.

Franciné Nathaly Sarmiento Matamoros.

## Dedicatoria

---

Este proyecto está dedicado a mis padres, Sharon y Adrián, quienes con su amor, enseñanzas y apoyo incondicional, han forjado a la persona que soy hoy. A mi hermana pequeña, María Clara, quien siempre buscó la forma de ayudarme en mis tareas. A mi abuela Myrna, que sé que desde el cielo me apoya, igual que lo hizo mientras estuvo conmigo. A mis compañeras de vida, que estuvieron durante las largas noches de estudio. Gracias a mis amigos, en especial a mi compañera de tesis, Franciné.

Adriana Isabel Huerta Pacheco

## Agradecimientos

---

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos profundamente a nuestra tutora, MSc. María Fernanda López Sarzosa, por su invaluable guía, paciencia y apoyo. Su conocimiento y dedicación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

También extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas de la compañía estudiada por su asesoramiento y aportes, los cuales enriquecieron significativamente nuestra investigación.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y amigos, quienes nos brindaron su apoyo incondicional y aliento a lo largo de este proceso.

## Declaración Expresa

---

Nosotras Franciné Nathaly Sarmiento Matamoros y Adriana Isabel Huerta Pacheco acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mi/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique las autoras que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de mayo del 2024.



Franciné Nathaly  
Sarmiento Matamoros



Adriana Isabel Huerta  
Pacheco

Evaluadores

---

---

**M.Sc. Sofia Anabel López**

**Iglesias**

Profesor de Materia

---

**M.Sc. María Fernanda**

**López Sarzosa**

Tutor de proyecto

## Resumen

Desde octubre de 2023 a mayo de 2024, el área de salsas frías de una planta de alimentos sufrió un aumento considerable en sus tiempos de limpieza durante el cambio de producto, los cuales presentan una media de 5.03 horas, dos horas por encima del estándar de la empresa y mayor variabilidad en los datos. Con la aplicación de la metodología DMAIC, se estudió la limpieza CIP y limpieza COP del proceso de cambio de producto; en la limpieza CIP se encontró que dos de sus ciclos de limpieza presentan inconvenientes por fallas y alarmas que detenían el proceso y no contaban con protocolos de acción correctiva inmediata; además, para la limpieza COP se halló no estaba estandarizado el proceso de limpieza de dosificadores y contaban con altos tiempos de espera por solicitud de repuestos a bodega cada vez que se realizaba la limpieza. Con las mejoras implementadas, se logró reducir 0.5 horas el tiempo promedio de respuesta en conjunto con una menor variabilidad en sus datos.

**Palabras Clave:** Limpieza CIP, Limpieza COP, DMAIC, Salsas Frías

### ***ABSTRACT***

From October 2023 to May 2024, the cold sauces area of a food plant suffered a considerable increase in its cleaning times during product changeover, which present an average of 5.03 hours, two hours above the company's standard and high variability in its data. With the application of the DMAIC methodology, the CIP cleaning and COP cleaning of the product change process were studied; in the CIP cleaning, it was found that two of its cleaning cycles present inconveniences due to failures and alarms that stopped the process and did not have immediate corrective action protocols; in addition, for COP cleaning, it was found that the dosing cleaning process was not standardized and they had high waiting times for requesting spare parts from the warehouse each time the cleaning was carried out. With the improvements implemented, it was possible to reduce the average response time by 0.5 hours together with less variability in its data.

**Keywords:** CIP cleaning, COP cleaning, DMAIC, cold sauce



## Tabla de contenido

<i>Resumen</i> .....	<i>I</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>II</i>
<i>Abreviaturas</i> .....	<i>VII</i>
<i>Simbología</i> .....	<i>IX</i>
<i>Índice de figuras</i> .....	<i>X</i>
<i>Índice de tablas</i> .....	<i>XV</i>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. Descripción del problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Justificación del problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4. Alcance del proyecto</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5. Objetivos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.1. Objetivo general</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.6. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6.1. Metodología DMAIC</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6.2. Clasificación ABC</b> .....	<b>9</b>
<b>1.6.3. Desperdicios</b> .....	<b>9</b>
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Metodología</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1. Definición</b> .....	<b>12</b>

2.1.1.	<i>Voz del cliente</i> .....	12
2.1.2.	<i>Críticos para la calidad</i> .....	13
2.2.3.	<i>Variable de respuesta</i> .....	14
2.2.4.	<i>Declaración del problema</i> .....	15
<b>2.2.</b>	<b>Medición.</b> .....	<b>16</b>
2.2.1.	<i>Diagrama del proceso – OTIDA</i> .....	16
2.2.2.	<i>Plan de recolección de datos</i> .....	18
2.2.3.	<i>Prueba de distribución</i> .....	19
2.2.3.1.	<b>Variable Y: Tiempo de limpieza durante el cambio de producto.</b> .....	20
2.2.3.2.	<b>Temperatura del agua enjuague inicial ciclo CC04.</b> .....	21
2.2.3.3.	<b>Temperatura del químico inyección de soda ciclo CC04.</b> .....	22
2.2.3.4.	<b>Temperatura del agua enjuague final ciclo CC04.</b> .....	23
2.2.3.5.	<b>Temperatura del agua enjuague inicial ciclo CC05.</b> .....	24
2.2.3.6.	<b>Temperatura del químico inyección de soda ciclo CC05.</b> .....	25
2.2.3.7.	<b>Temperatura del agua enjuague final ciclo CC05.</b> .....	26
2.2.3.8.	<b>Turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC04.</b> .....	27
2.2.3.9.	<b>Turbulencia del químico inyección soda ciclo CC04.</b> .....	28
2.2.3.10.	<b>Turbulencia del agua enjuague final ciclo CC04.</b> .....	29
2.2.3.11.	<b>Turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC05.</b> .....	30
2.2.3.12.	<b>Turbulencia del químico inyección soda ciclo CC05.</b> .....	31
2.2.3.13.	<b>Turbulencia del agua enjuague final ciclo CC05.</b> .....	32
2.2.3.14.	<b>Conductividad del químico inyección de soda ciclo CC04.</b> .....	33
2.2.3.15.	<b>Conductividad del químico inyección de soda ciclo CC05.</b> .....	35
2.2.4.	<i>Gráfica de control</i> .....	37
2.2.5.	<i>Prueba de capacidad</i> .....	38
2.2.6.	<i>Estratificación</i> .....	39
2.2.6.1.	<b>Problema enfocado.</b> .....	40
<b>2.3.</b>	<b>Análisis</b> .....	<b>40</b>

2.3.1.	<i>Ishikawa</i> .....	41
2.3.2.	<i>Causas Potenciales</i> .....	41
2.3.3.	<i>Matriz causa efecto</i> .....	42
2.3.4.	<i>Plan de verificación de causas</i> .....	44
2.3.5.	<i>Verificación de causas</i> .....	45
2.3.5.1.	Personas sin suficiente entrenamiento en el proceso.....	45
2.3.5.2.	No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA. ....	48
2.3.5.3.	Fallas en el sensor de la tolva.....	50
2.3.5.4.	La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada. ....	51
2.3.6.	<i>Análisis de los 5 porqués</i> .....	52
<b>2.4.</b>	<b>Mejora</b> .....	<b>54</b>
2.4.1.	<i>Soluciones propuestas</i> .....	54
2.4.2.	<i>Diagrama de GANTT</i> .....	55
<b>2.5.</b>	<b>Implementación</b> .....	<b>55</b>
2.5.1.	<i>Plan de formación del GTA-GTM a nivel de criterios operativos</i> .....	56
2.5.2.	<i>Establecer acciones que solucionen alarmas recurrentes en las limpiezas CIP</i> .....	60
2.5.3.	<i>Estandarización del Procedimiento de Limpieza de dosificadores</i> .....	64
2.5.4.	<i>Establecer un inventario mínimo de materiales necesarios para la limpieza en el GEMBA</i> ....	68
2.5.4.1.	Clasificación ABC. ....	68
2.5.4.2.	Política de inventario (s,S,R) Productos tipo A. ....	69
2.5.4.3.	Política de inventario (s,R,Q) Productos tipo B.....	73
2.6.	Costos .....	74
<b>Capítulo 3</b> .....		<b>76</b>
<b>3.1.</b>	<b>Resultado de las soluciones</b> .....	<b>77</b>
3.1.1.	<i>Mejoras del proceso: Serie de tiempo</i> .....	77
3.1.2.	<i>Prueba de normalidad</i> .....	78

3.1.3. <i>Análisis de capacidad</i> .....	79
<b>3.2. Triple impacto</b> .....	<b>80</b>
3.2.1. <i>Ambiental</i> .....	80
3.2.2. <i>Económico</i> .....	81
3.2.3. <i>Social</i> .....	81
<b>3.3. Plan de control</b> .....	<b>82</b>
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>84</b>
4.1. <b>Conclusiones</b> .....	<b>85</b>
4.2. <b>Recomendaciones</b> .....	<b>85</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>87</b>
<b>Apéndices</b> .....	<b>89</b>

## Abreviaturas

AD Prueba de Anderson-Darling.

CC04 Ciclo de limpieza de tanque pulmón

CC05 Ciclo de limpieza de maquina

CIP Clean in place

Cnp Capacidad nominal del proceso

Cnpl Capacidad nominal del proceso - límite inferior

Cnpu Capacidad nominal del proceso - límite superior

COP Clean out of place

Cp Índice de capacidad del proceso

Cpk Índice de capacidad del proceso ajustado

CTQ Critical to Quality

DMAIC Define, Measure, Analyze, Improve, Control

EPPs Equipo de protección personal

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

GTA Group Team Assistant

GTM Group Team Manager

OPERIN Diagrama de operaciones del proceso

OTIDA Diagrama Operación, Transporte, Inspección, Demora y Almacenamiento

Valor p valor de probabilidad

Pp Índice de capacidad del proceso

Ppk Índice de Capacidad del Proceso Ajustado

SIPOC Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers

SKU Stock Keeping Unit

TBL triple bottom line

VOC Voice of customers

**Simbología**

$m^3$  metros cúbicos

$mm$  milímetros

$s$  segundos

$^{\circ}C$  grados Celsius

$pH$  potencial de hidrogeno

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Diagrama SIPOC del proceso de limpieza para realizar la limpieza del cambio de producto.....	3
<b>Figura 2</b> Línea de tiempo de limpieza durante el cambio de producto .....	4
<b>Figura 3</b> Diagrama de afinidad .....	13
<b>Figura 4</b> Árbol de características críticas de la calidad .....	14
<b>Figura 5</b> Descripción de la variable de respuesta .....	15
<b>Figura 6</b> Diagrama OTIDA del proceso de limpieza durante el cambio de producto .....	16
<b>Figura 7</b> Diagrama OTIDA del proceso de limpieza CIP .....	17
<b>Figura 8</b> Diagrama OTIDA del proceso de limpieza COP .....	18
<b>Figura 9</b> Grafica de distribución de la variable de respuesta tiempo de limpieza durante el cambio de producto .....	20
<b>Figura 10</b> Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC04.....	21
<b>Figura 11</b> Gráfica de probabilidad de temperatura de agua de enjuague inicial ciclo CC04	21
<b>Figura 12</b> Prueba de bondad de ajuste de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04 .....	22
<b>Figura 13</b> Grafica de probabilidad de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04.....	23
<b>Figura 14</b> Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague final ciclo CC04 .....	23
<b>Figura 15</b> Gráfica de probabilidad de temperatura del agua de enjuague final ciclo CC04 .	24
<b>Figura 16</b> Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC05 .....	24



**Figura 17** Gráfica de probabilidad de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC05.  
 ..... 25

**Figura 18** Prueba de bondad de ajuste de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05 ..... 25

**Figura 19** Gráfica de probabilidad de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05. .... 26

**Figura 20** Prueba de bondad de ajuste de temperatura agua de enjuague final ciclo CC05 . 26

**Figura 21** Gráfica de probabilidad de temperatura del agua en enjuague final ciclo CC05. 27

**Figura 22** Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua de enjuague inicial ciclo CC04 27

**Figura 23** Reporte de capacidad de la turbulencia del agua en enjuague inicial ciclo CC04.  
 ..... 28

**Figura 24** Prueba de bondad de ajuste de turbulencia químico de inyección de soda ciclo CC04..... 28

**Figura 25** Reporte de capacidad de la turbulencia del químico en inyección de soda ciclo CC04. .... 29

**Figura 26** Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua en enjuague final ciclo CC04 .. 29

**Figura 27** Reporte de capacidad de la turbulencia del agua en enjuague final ciclo CC04.. 30

**Figura 28** Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua en enjuague inicial ciclo CC05 . 30

**Figura 29** Grafica de probabilidad de la turbulencia del agua en enjuague inicial ciclo CC05  
 ..... 31

**Figura 30** Prueba de bondad de ajuste de turbulencia químico en inyección de soda ciclo CC05 ..... 31

**Figura 31** Grafica de probabilidad de la turbulencia del químico en inyección de soda ciclo CC05 ..... 32

<b>Figura 32</b> Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua enjuague final ciclo CC05 .....	32
<b>Figura 33</b> Grafica de probabilidad de la turbulencia del agua en enjuague final ciclo CC05 .....	33
<b>Figura 34</b> Prueba de bondad de ajuste de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC04 .....	33
<b>Figura 35</b> Reporte de capacidad de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC04 .....	34
<b>Figura 36</b> Prueba de bondad de ajuste de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC05 .....	35
<b>Figura 37</b> Reporte de capacidad de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC05 .....	35
<b>Figura 38</b> Gráfica de control de la variable de respuesta .....	37
<b>Figura 39</b> Grafica de control de la variable de respuesta .....	38
<b>Figura 40</b> Gráfica de capacidad de la variable de respuesta .....	39
<b>Figura 41</b> Diagrama de Pareto de las actividades de limpieza de cambio de producto .....	40
<b>Figura 42</b> Diagrama de causa-efecto con el problema enfocado. ....	41
<b>Figura 43</b> Registros de parámetros fuera de los limites por línea .....	46
<b>Figura 44</b> Registros de parámetros fuera de los limites por operador .....	47
<b>Figura 45</b> Tiempo promedio de limpieza del cambio de producto por operador .....	48
<b>Figura 46</b> Diagrama OPERIN del proceso de limpieza de dosificadores .....	49
<b>Figura 47</b> Promedio de tiempo de limpieza de los dosificadores.....	49
<b>Figura 48</b> Prueba de hipótesis de igualdad de medias .....	50
<b>Figura 49</b> Diagrama de cajas de tiempo de limpieza de cambio de producto sin fallas y con fallas en el sensor de la tolva .....	51

<b>Figura 50</b> Tiempo promedio de limpieza manual por actividad. ....	52
<b>Figura 51</b> Diagrama de Gantt para las actividades previas a la implementación de soluciones .....	55
<b>Figura 52</b> Nivel por habilidad .....	58
<b>Figura 53</b> Promedio de nivel de habilidades .....	59
<b>Figura 54</b> Acciones para la alarma "Nivel alto en el tanque de circulación" .....	62
<b>Figura 55</b> Acciones para la alarma "No hay flujo en tubería de retorno" .....	62
<b>Figura 56</b> Acciones para alarma "Temperatura inestable" .....	62
<b>Figura 57</b> Acciones para alarma "Flujo inestable" .....	63
<b>Figura 58</b> Operador técnico con el uso del troubleshooting ajustó la bomba de la maquina debido a la alarma presentada .....	63
<b>Figura 59</b> Tiempo de respuesta de alarmas .....	64
<b>Figura 60</b> Porcentaje de actividades documentadas y no documentadas en la limpieza de los dosificadores.....	65
<b>Figura 61</b> Nueva guía de limpieza para el sistema de dosificación/vástagos dosificadores .	66
<b>Figura 62</b> .....	67
<b>Figura 63</b> Balde para la contención de químicos de limpieza y agua.....	67
<b>Figura 64</b> Lección de un punto sobre el nuevo sistema de inventario de los retenedores en el GEMBA.....	71
<b>Figura 65</b> Control visual de los retenedores .....	71
<b>Figura 66</b> Stock de retenedores en piso .....	72
<b>Figura 67</b> Cajas de inventario de retenedores .....	72
<b>Figura 68</b> Tiempo de limpieza de dosificadores a lo largo de este proyecto.....	74
<b>Figura 69</b> Línea de tiempo de Tiempo de Limpieza de Cambio de Producto .....	77

<b>Figura 70</b> Gráfica de caja para comparar tiempos antes y después de mejoras implementadas .....	78
<b>Figura 71</b> Prueba de normalidad para datos de tiempo de limpieza después de aplicación de mejoras. ....	78
<b>Figura 72</b> Análisis de Capacidad previo a aplicación de mejoras.....	79
<b>Figura 73</b> Análisis de Capacidad con mejoras aplicadas .....	79
<b>Figura 74</b> Diagrama de cajas de la satisfacción de los operadores antes y después de la implementación de mejoras .....	82

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Etapas de la metodología DMAIC .....	6
<b>Tabla 2</b> Herramienta 3W+2H para la definición del problema .....	15
<b>Tabla 3</b> Plan de recolección de datos. ....	19
<b>Tabla 4</b> Resumen de las distribuciones y capacidades de las variables.....	36
<b>Tabla 5</b> Definición de las posibles causas. ....	42
<b>Tabla 6</b> Puntuación y su significado. ....	43
<b>Tabla 7</b> Verificación de las posibles causas. ....	43
<b>Tabla 8</b> Plan de verificación de las causas. ....	44
<b>Tabla 9</b> Frecuencia de los parámetros fuera de los límites por operador .....	46
<b>Tabla 10</b> Herramienta 5 porqués .....	53
<b>Tabla 11</b> Soluciones propuestas por causa raíz .....	54
<b>Tabla 12</b> Matriz de habilidades para limpieza durante el cambio de producto.....	57
<b>Tabla 13</b> Nivel esperado de cada habilidad después de las capacitaciones.....	59
<b>Tabla 14</b> Comparación de parámetros de limpieza CIP en 2022 vs 2024 para el ciclo CC04 .....	60
<b>Tabla 15</b> Comparación de parámetros de limpieza CIP en 2022 vs 2024 para el ciclo CC0561	61
<b>Tabla 16</b> Clasificación ABC de los materiales de limpieza de los dosificadores .....	68
<b>Tabla 17</b> Parámetros de materiales tipo A .....	69
<b>Tabla 18</b> Política de inventario materiales A.....	70
<b>Tabla 19</b> Resumen de los retenedores necesarios por semana .....	70
<b>Tabla 20</b> Política de inventario materiales B .....	73
<b>Tabla 21</b> Costos de implementación de las soluciones .....	74
<b>Tabla 22</b> Consumo de agua antes y después de implementación de mejoras .....	80

<b>Tabla 23</b> Plan de control de soluciones .....	83
<b>Tabla 24</b> Plan de implementación de soluciones .....	89
<b>Tabla 25</b> Referencia de los niveles de las habilidades técnicas clave para el proceso de limpieza durante el cambio de producto.....	90
<b>Tabla 26</b> Pasos de limpieza de dosificadores y comparación con la guía.....	92
<b>Tabla 27</b> Identificación de desperdicios de la limpieza de dosificadores .....	94
<b>Tabla 28</b> Clasificación del tipo de actividad de la limpieza de los dosificadores .....	96

## **Capítulo 1**

## **1.1. Introducción**

El proyecto se llevó a cabo en una empresa internacional de manufactura de alimentos con más de seis décadas de presencia en el mercado ecuatoriano. Esta compañía se ha dedicado a adaptar su catálogo de productos a las preferencias y necesidades del consumidor en Ecuador. Actualmente, es reconocida globalmente como una de las líderes en la industria de alimentos y bebidas. En Ecuador, la empresa tiene sus oficinas centrales en Quito y Guayaquil, además de cuatro fábricas ubicadas en Guayaquil y Cayambe, dos centros de distribución, seis puntos de transferencia y un centro de acopio de cacao. La planta donde se desarrolló este proyecto está en Guayaquil y se especializa en la producción de salsas frías, chocolate y productos de sazón.

La importancia de esta industria en Ecuador radica en su contribución al desarrollo económico, social y ambiental del país, así como en la salud y el bienestar de los consumidores. Por ello, el fin de este proyecto es analizar los beneficios y desafíos que enfrenta esta industria y proponer formas para mejorar su competitividad y sostenibilidad. Para alcanzar este objetivo, se realizará una revisión bibliográfica y se aplicará la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) en sus líneas de producción.

## **1.2. Descripción del problema.**

En los últimos meses, la empresa ha experimentado un incremento en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto en las líneas de envasado de uno de sus SKUs más populares, las salsas frías. Esto ha afectado directamente la disminución de la eficiencia de producción, ya que un mayor tiempo de cambio implica más tiempo inactivo de las máquinas, reduciendo el tiempo productivo y la utilización efectiva de los recursos. Además, esto ha



llevado a un aumento en los costos operativos, así como en los costos de materiales y recursos necesarios.

Actualmente, la empresa cuenta con dos líneas de envasado de salsas frías con método de limpieza in situ (*Cleaning In Place*, CIP) cuyos componentes son agua y soda cáustica, como una limpieza manual fuera del lugar (*Cleaning Out of Place*, COP) que emplea soluciones químicas y agua. Al socializar el problema con la empresa, se definió que la limpieza CIP presentaba mayor variación en los estándares de tiempo y consumo de materiales, por lo que en este proyecto solo se analizarán estas dos líneas de envasado que son idénticas y operan en paralelo.

Para una mejor comprensión de lo que involucra la limpieza del cambio de producto, se realizó un diagrama SIPOC de la figura 1 el cual detalla los puntos clave de este proceso.

**Figura 1**

*Diagrama SIPOC del proceso de limpieza para realizar la limpieza del cambio de producto*

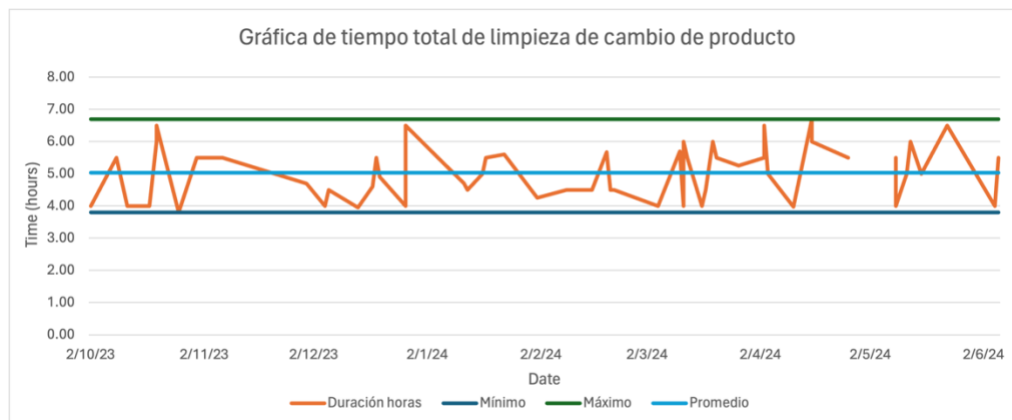


*Nota. La figura detalla los proveedores, entradas, proceso, salida y consumidores del proceso de limpieza del cambio de producto en la empresa a trabajar. Fuente: Elaboración propia.*

En la siguiente serie de tiempo se evidencia el comportamiento de los tiempos de limpieza durante el cambio de producto de las dos líneas, desde octubre de 2023 a junio de 2024.

En la figura 2 se distinguen los valores mínimos, máximos y el promedio de los datos analizados.

**Figura 2**  
*Línea de tiempo de limpieza durante el cambio de producto*



*Nota. Gráfico de tiempo de limpieza durante el cambio de producto desde octubre 2023 a junio 2024 en donde el promedio de tiempo de limpieza es de 5 horas. Fuente: Elaboración propia.*

### 1.3. Justificación del problema

Los tiempos semanales limpieza de cambio de producto son muy elevados y de alta variabilidad comparados con el estándar de 3 horas que tiene la empresa, esto repercute en el consumo excesivo de recursos no renovables, pérdida de eficiencia de la línea e insatisfacción de sus operadores.

### 1.4. Alcance del proyecto

Este proyecto busca estudiar las actividades involucradas para el cambio del producto considerando que resulta un proceso clave para asegurar la calidad del producto, y siendo el estudio en un área que está en contacto directo con el producto, las medidas para evitar riesgos de contaminación deben ser exigentes; sin embargo, esto no imposibilita que se puedan reducir los tiempos que requiere cada una de las actividades realizadas. El proceso de limpieza durante el cambio de producto consta de dos procedimientos: una limpieza completamente automatizada conocida como *Cleaning In Place* (CIP) o limpieza en el lugar, y una limpieza manual denominada *Cleaning Out of Place* (COP) o limpieza fuera del lugar.

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo general***

Reducir el tiempo de limpieza durante el cambio de producto en las dos líneas de envase de salsas frías, mejorando los procedimientos de limpieza para el cambio de producto, incluyendo tanto la limpieza automatizada (*Cleaning In Place*, CIP) como la limpieza manual (*Cleaning Out of Place*, COP) para mejorar la eficiencia de producción, disminuir los costos operativos y garantizar la calidad del producto al minimizar el tiempo de inactividad y los riesgos de contaminación.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

1. Identificar claramente la naturaleza y el alcance del proceso CIP de cambio de producto para proponer soluciones eficaces orientadas al objetivo de reducir los tiempos de proceso.
2. Obtener datos precisos y relevantes que representen el estado actual del proceso para identificar patrones, tendencias y áreas problemáticas que necesitan ser abordadas.
3. Evaluar las causas principales de los tiempos prolongados de limpieza del cambio de producto mediante el análisis de procesos, identificación de cuellos de botella y revisión de prácticas actuales para detectar ineficiencias y oportunidades de mejora.
4. Implementar soluciones específicas para mejorar los procesos de limpieza del cambio de producto, enfocándose en reducir tiempos de limpieza, mejorar la coordinación entre actividades y aumentar la automatización donde sea posible.
5. Comprobar y validar la efectividad de las mejoras implementadas en la reducción de los tiempos de limpieza en el cambio de producto, asegurando que los resultados obtenidos cumplan con las expectativas establecidas y que se mantengan

consistentes a lo largo del tiempo, mediante la recolección de datos y la realización de pruebas de seguimiento.

## 1.6. Marco teórico

### 1.6.1. Metodología DMAIC

Para este proyecto, la metodología de la estructura será la aplicación de DMAIC que busca mejorar la calidad del proceso, por lo que, se usa en muchos proyectos de mejora continua. Esta herramienta forma parte de la filosofía de trabajo Seis Sigma, que consiste en implementar diferentes técnicas, metodologías y herramientas enfocados a la calidad.

(Carrilo-Landazabal, Vargas-Ortiz, Severiché-Sierra, Peralta-Ordosgoitia, & Ortega-Vélez, 2022)

Adentrándonos más en la metodología DMAIC, esta consiste en cinco etapas que estudian los procesos involucrados de servicios o productos y estas etapas son:

**Tabla 1**  
*Etapas de la metodología DMAIC*

Etapa	Propósito
Definir - Define	Definición del problema del proyecto, objetivos y quiénes participaran en el mismo
Medir - Measure	Medición de la data existente, lo cual incluye desde verificación de confiabilidad hasta la utilidad para el objetivo del proyecto y una línea base para la mejora
Analizar - Analyze	Analizar la situación actual del proyecto con el fin de identificar aquello que interrumpe el poder llegar al objetivo deseado y se logra con el uso de herramientas para encontrar las causas y análisis estadístico para su verificación
Mejorar - Improve	Proponer mejoras al sistema actual del proyecto para poder corregir las causas de lo que impide el funcionamiento deseado.
Control - Controlar	Crear un plan que permita la estandarización y conseguir que las mejoras aplicadas permanezcan en el tiempo.

*Nota. Datos extrados del Libro the Six Sigma Handbook a Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels (Pyzdek & Keller, 2009, p. 148)*

Esta metodología tiene un alto nivel de análisis estadístico en cada etapa para comprender mejor el contexto del proceso e identificar de forma cuantitativa cómo, cuánto y

cuándo afecta. Este análisis suele comenzar desde conocer el promedio de tiempo que demanda un proceso en la fase de definición hasta planes de muestreo para conocer la eficacia de las soluciones planteadas a lo largo del tiempo para la fase de control (Carrillo-Landazabal, Vargas-Ortiz, Severiché-Sierra, Peralta-Ordosgoitia, & Ortega-Vélez, 2022).

Es importante remarcar que cada etapa tiene sus propias herramientas a aplicar, comenzando con la etapa de Definición, una herramienta base para comprender el contexto del problema es el VOC (voz del cliente) el que permite conocer las necesidades, intereses y dolores del cliente el cual no resulta ser una única persona sino todos los involucrados en el proceso y que tengan algún tipo de impacto en él (Álvarez Alarcón & García Sanjuanelo, 2020). Con las necesidades, intereses y dolores ya identificadas, se procede a realizar un diagrama de afinidad el cuál facilita el agrupar lo hallado en diferentes categorías de interés. Por último, las dos herramientas previas nos permiten realizar un diagrama llamado el árbol crítico de la calidad (CTQ tree) en el que se detalla la información previamente recolectada de tal manera que se desglosa las necesidades, los requisitos de estas y las métricas que ayudarán al análisis posterior. (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, Pérez Salazar, Pilacuan Pinos, & Rocha Guano, 2021; Álvarez Alarcón & García Sanjuanelo, 2020)

En la etapa de medición el centro se usan herramientas estadísticas para comprender el contexto del proceso y qué tan confiable resulta esa información, hay otras herramientas como la Ley de Pareto que permite enfocar el problema. Esta ley planteada en un diagrama permite identificar aquellas actividades más representativas dentro de un proceso de manera que estas sean equivalentes al 80% del resultado aplicando el 20% de esfuerzo; si bien no siempre se cumple en su totalidad los porcentajes previamente mencionados para la selección de tareas, igual resulta de utilidad (Santander, 2022).

Por otra parte, la etapa de análisis es una de las etapas donde más se utiliza información tanto cualitativa como cuantitativa. Una de las primeras herramientas que se suelen usar para esta fase es el diagrama Ishikawa o llamado diagrama de pescado, que ayuda principalmente a identificar todo lo que interfiere con el proceso de forma negativa; esto lleva a que se puedan plantear causas potenciales para que los actores del proceso lo ponderen. Las causas potenciales con mayor puntaje pasan a un plan de verificación de causas en el que se puede utilizar la información cualitativa y emplear Gemba o también denominada como lugar donde ocurre el trabajo la cual consiste en observación de todo lo que sucede con respecto a la causa potencial; otra forma es mediante aplicación de análisis estadístico como comparación de medias con el fin de encontrar alguna diferencia clave con respecto a situaciones normales versus lo que indique la causa potencial (Liker, 2010). Este análisis permite entender qué sucede en realidad y establecer si es una causa del problema o si no tiene relevancia y así poder desarrollar un último análisis para saber las causas del problema aplicando la técnica 5 porqués para adentrarse en el problema y encontrar las causas de este. (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, Pérez Salazar, Pilacuan Pinos, & Rocha Guano, 2021)

Tanto la fase de mejora como la fase de control, las herramientas usadas pueden ser tan diversas como lo requiera el problema, pues se mide el impacto que generaría las soluciones o mejoras planteadas para resolver las causas identificadas y asegurarse que a largo plazo se mantengan sin perjuicio para otra área. Aquí se hace una revisión tanto cualitativa como cuantitativa con el fin de analizar correctamente estas soluciones implementadas y hacer que perduren en el tiempo sin presentar mayores cambios. (Pyzdek & Keller, 2009). Para ambas fases se usan bastantes herramientas relacionadas con el control visual, pues es la forma más fácil de estandarizar un proceso y mantener cualquier proceso implementado (Carrilo-Landazabal, Vargas-Ortiz, Severiché-Sierra, Peralta-Ordosgoitia, & Ortega-Vélez, 2022).

### ***1.6.2. Clasificación ABC***

La clasificación ABC consiste en una evaluación y categorización de artículos según su porcentaje dentro del inventario, cuyo objetivo principal es tener un inventario más eficiente y que represente un beneficio para la empresa. Esta herramienta se usa bastante en conjunto con la Ley de Pareto en la que trabajan con la regla 80-20. La primera categoría de este método es la “A” la cual es la de los productos con mayor importancia pudiendo ser porque son los más usados o los que representan mayor costo representando el 0-80%; también está la categoría “B” los cuales son de mediana importancia para la empresa pues no tienen mayor relevancia que el producto A con un porcentaje del 80-96% y por último está la categoría “C” que son los de menor importancia y son lo contrario del tipo A, son los menos usados o los que generan menos ingresos con un porcentaje del 96-100%. (Arango Marin, Giraldo Garcia, & Castrillón Gómez, 2018)

### ***1.6.3. Desperdicios***

Entre los temas estudiados en manufactura esbelta, se encuentran los ocho desperdicios o en japoneses denominado “muda” y que fue planteado durante el desarrollo del sistema de producción de Toyota (González Correa, 2007). Estos desperdicios causan deficiencias al proceso y no añaden ningún valor y aunque algunos de ellos resulten “inevitables” en diferentes actividades, siempre hay alguna forma de optimizarlos con el fin de reducirlos o incluso llegar a eliminarlos por completo (Escalda Villalobos, Jara Valdés, & Letzkus Palavecino, 2016). Estos desperdicios son:

- **Inventario:** unidades en exceso que resulten innecesarias al proceso productivo.
- **Tiempo:** procesos mal diseñados que generen tiempos de esperas o tiempos ineficientes.
- **Transporte:** movimiento o transporte de algún material o producto de forma no necesaria.

- **Sobreproducción:** el producir más de lo que realmente se necesita para cubrir lo requerido.
- **Sobre procesamiento:** realizar actividades o procesos que no generen valor al resultado final y por lo que el cliente no esté dispuesto a pagar.
- **Movimiento:** movilización de alguien para completar un proceso sin requerirse para completarlo.
- **Defectos:** todo aquello que esté mal elaborado o realizado y que implique alguna corrección para poder ser entregado al cliente
- **Habilidades:** no permitir que un empleado entregue su potencial a diferentes actividades que pueda realizar en beneficio de la empresa.



## Capítulo 2

## 2. Metodología

La metodología es un conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas y prácticas utilizadas para abordar el problema del proyecto de manera estructurada y sistemática con la definición de pasos lógicos para alcanzar los resultados deseados

### 2.1. Definición.

#### 2.1.1. *Voz del cliente*

Para comprender a mayor detalle qué se desea conseguir, se realizó un VOC (*voice of customer*) con los agentes clave que interactúan en el proceso de limpieza del cambio de producto de forma directa e indirecta:

- Coordinador de producción, es el principal responsable del desempeño de las líneas de producción y cualquier mejora implementada sería el principal beneficiado pues aumentaría la eficiencia y tiempo operativo de las líneas
- Coordinador de mantenimiento, al ser un proceso altamente automatizado el coordinador técnico tiene una importante participación en las limpiezas CIP para corrección de fallas, alarmas, parámetros, válvulas, etc. y al disminuir las complicaciones, este tendría menor carga laboral
- Operadores técnicos, son responsables de algunas actividades de limpiezas COP debido a su complejidad o bien como capacitadores de otros operadores ya que, tienen un mayor conocimiento técnico
- Operadores operativos, durante la limpieza son los responsables de la limpieza manual de las líneas y coordinar la limpieza CIP.

**Figura 3**  
Diagrama de afinidad

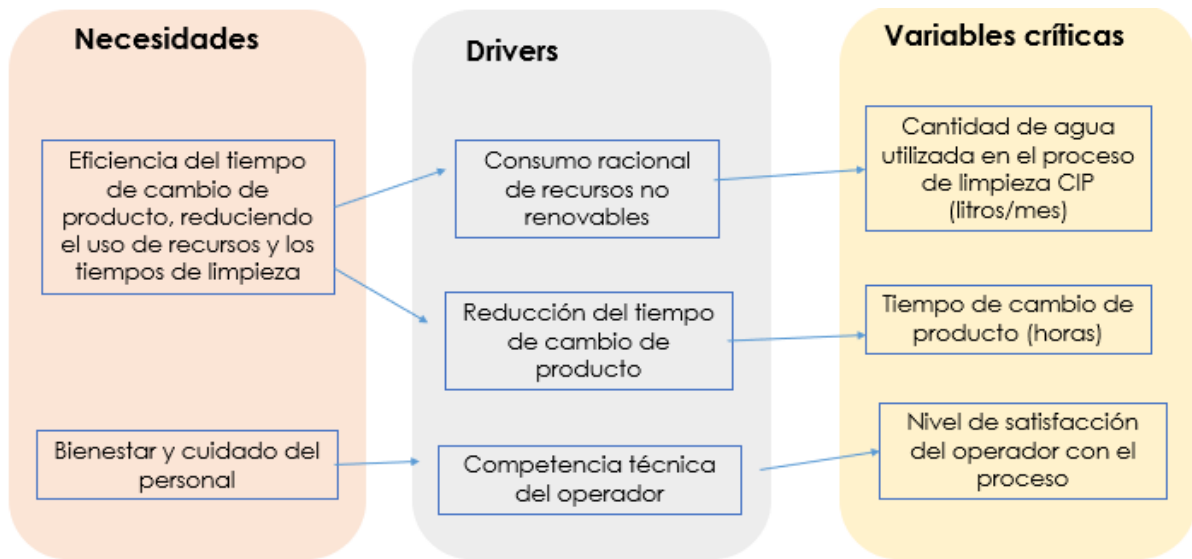


Se agrupó las necesidades del cliente en diferentes categorías como proceso, seguridad, calidad y costos. El cliente espera que se reduzca el consumo de recursos no renovables, las paradas no programadas y el tiempo de limpieza del cambio de producto tomando en cuenta la seguridad tanto del operador como del producto haciendo más eficiente el proceso siguiendo los parámetros establecidos por la empresa.

### 2.1.2. Críticos para la calidad

Con las necesidades de los clientes ya reconocidas y agrupadas según su afinidad, se realiza un árbol de características críticas de la calidad importantes para el cliente.

**Figura 4**  
Árbol de características críticas de la calidad



Considerando el problema de este proyecto, se escoge como variable crítica principal el tiempo de limpieza para el cambio de producto (proceso en horas), que está conformado por otros dos procesos muy importantes, la limpieza CIP y la limpieza manual.

### 2.2.3. Variable de respuesta

La variable de respuesta seleccionada se define como Y: tiempo de limpieza durante el cambio de producto.

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 \quad (2.1)$$

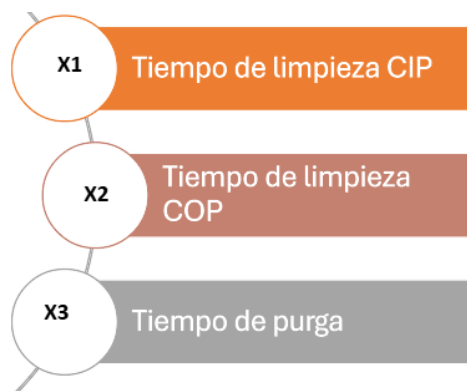
En donde,

$X_1$  Tiempo de limpieza CIP

$X_2$  Tiempo de limpieza COP

$X_3$  Tiempo de purga

**Figura 5**  
Descripción de la variable de respuesta



#### 2.2.4. Declaración del problema

Desde octubre del 2023, a junio del 2024, se observó un incremento en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto para las dos líneas de envase que usan limpieza CIP y limpieza COP en una empresa manufacturera de productos alimenticios con una media de 5,03 horas cuando la empresa tiene un tiempo de cambio estándar de 3 horas.

La definición del problema fue establecida con la herramienta de 3W+2H, como se enseña en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
Herramienta 3W+2H para la definición del problema

	3W+2H
¿Qué?	Incremento en el tiempo de limpiezas durante el cambio de producto
¿Dónde?	En dos líneas de envase en la fábrica
¿Cuándo?	Desde octubre 2023 a junio de 2024
¿Qué tanto?	El promedio de tiempo limpieza durante el cambio de producto en las líneas es de 5,03 horas
¿Cómo lo sé?	El tiempo de cambio estándar de la empresa de 3 horas.

*Nota. Herramienta 3W+2H para definir el problema del proyecto a estudiar*

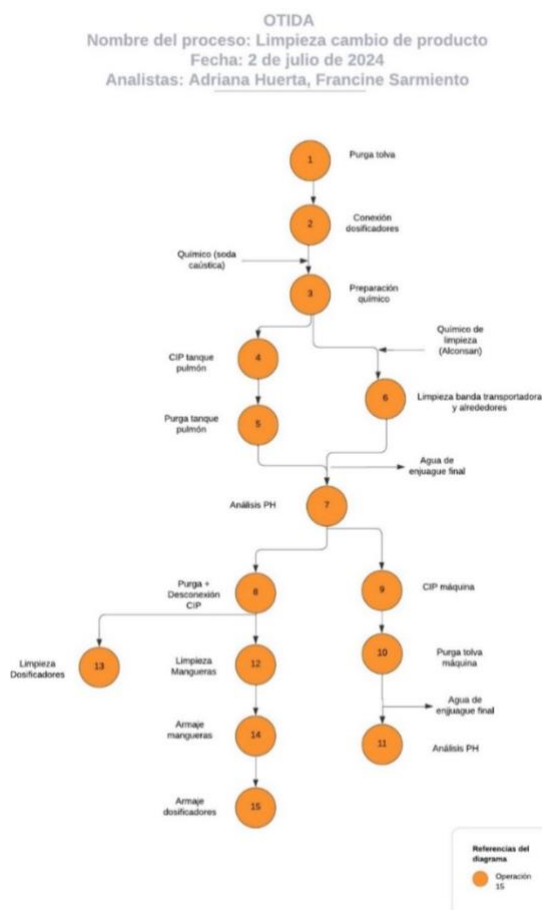
## 2.2. Medición.

### 2.2.1. Diagrama del proceso – OTIDA

Se realizó el gráfico de flujo OTIDA (operación, transporte, inspección, demora y archivo) donde se observan las actividades de las limpiezas de cambio de producto, que se divide en el proceso de limpieza CIP y el COP, de los que también hay un diagrama OTIDA para representar sus actividades.

#### Figura 6

Diagrama OTIDA del proceso de limpieza durante el cambio de producto

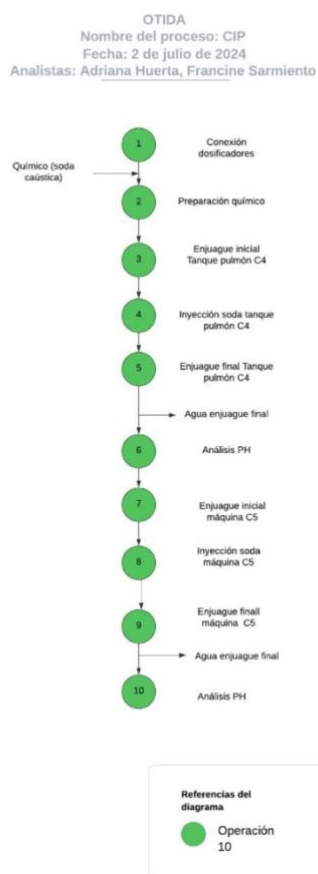


*Nota. Diagrama OTIDA del proceso de tiempo total de la limpieza de cambio de producto de las dos líneas para analizar. Fuente: Elaboración propia*

En este diagrama se pueden identificar las distintas fases de la limpieza durante el cambio de producto. La limpieza COP se extiende a lo largo de todo el tiempo planificado para la limpieza del cambio de producto, ya que implica varias actividades manuales. Por otro lado, la limpieza CIP se divide en dos ciclos: el ciclo CC04, que corresponde a la limpieza

del tanque pulmón donde se almacenan 300 m<sup>3</sup> de salsas frías, y el ciclo CC05, que se refiere a la limpieza de la máquina, específicamente de la tolva más pequeña ubicada en la parte superior de la máquina encargada de contener las salsas frías antes de su envasado.

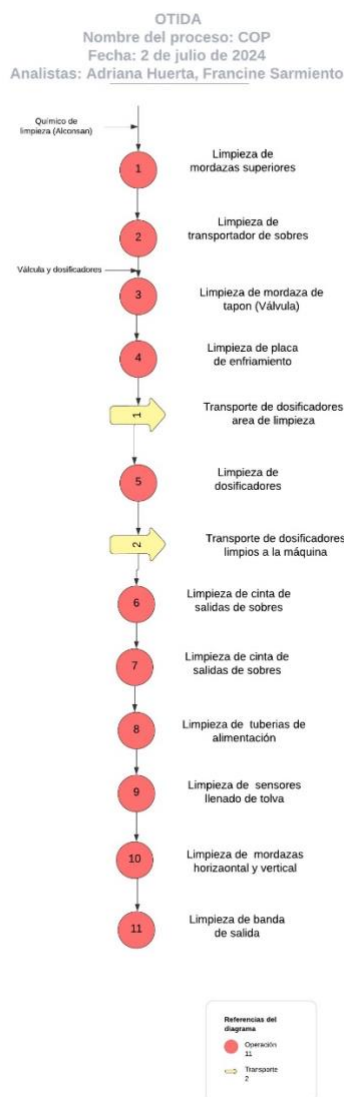
**Figura 7**  
Diagrama OTIDA del proceso de limpieza CIP



*Nota. Diagrama OTIDA del proceso CIP de las dos líneas para analiza. Fuente: Elaboración propia.*

Separando los dos procesos en la limpieza de cambio de producto, se analizó la limpieza CIP, siempre se empieza por el ciclo CC04 o ciclo de limpieza de tanque pulmón por su mayor capacidad y para evitar contaminaciones de producto en la máquina, después de un análisis de PH del agua de enjuague final se procede con el ciclo CC05 o ciclo de limpieza de la máquina para finalmente hacer una segunda validación de PH del agua de enjuague final del ciclo.

**Figura 8**  
**Diagrama OTIDA del proceso de limpieza COP**



*Nota. Diagrama del proceso COP o limpieza manual para las dos líneas para analizar.  
 Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente se diagramó el proceso de limpieza COP, el que ocupa mayor tiempo debido a que tiene más actividades y transporte de algunas piezas para limpiar y reponerlas.

### 2.2.2. Plan de recolección de datos

En esta sección se identificaron las variables que emergen del problema definido previamente. Las actividades detalladas a continuación se centran en el análisis de los datos históricos proporcionados por el tutor del proyecto en la empresa. El objetivo es contar con



una base de datos sólida que permita una interpretación precisa y fundamentada de los resultados.

**Tabla 3**

*Plan de recolección de datos.*

	<b>¿Qué? Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tipo de data</b>	<b>Donde recolectarla</b>	<b>¿Cuándo recolectarla?</b>	<b>Método de recolección</b>	<b>Por qué recolectarla</b>	<b>Estratificación</b>
Y	Tiempo de limpieza durante el cambio de producto	Horas	Continuo	Línea volpak 2 y línea volpak 3	Octubre 2023 – junio 2024	Data histórica	Identificar la hora exacta de la limpieza del cambio de producto	Actividad
X2	Temperatura; Agua y soda	Celsius	Continuo	Línea volpak 2 y línea volpak 3	Octubre 2023 – junio 2024	Data histórica	Identificar las paradas por pérdida	Máquina
X3	Turbulencia: cantidad de agua enviada al sistema por hora	L/H	Continuo	Línea volpak 2 y línea volpak 3	Octubre 2023 – junio 2024	Data histórica	Identificar el momento en que caen las turbulencias	Máquina
X4	Conductividad: concentración de la solución química	Ms	Continuo	Línea volpak 2 y línea volpak 3	Octubre 2023 – junio 2024	Data histórica	Medición durante el ciclo de inyección de soda caustica	Máquina

*Nota. Plan de recolección de datos de la variable de respuesta Y las 3 variables adicionales, X2, X3 y X4.*

### **2.2.3. Prueba de distribución**

Las pruebas de distribución son procedimientos estadísticos utilizados para determinar si un conjunto de datos sigue una distribución específica. Estas pruebas son fundamentales en el análisis estadístico, ya que muchas técnicas y modelos estadísticos

asumen que los datos provienen de una distribución particular. Se realizaron pruebas de distribución para la variable de respuesta Y además de sus variables X con la ayuda del programa Minitab.

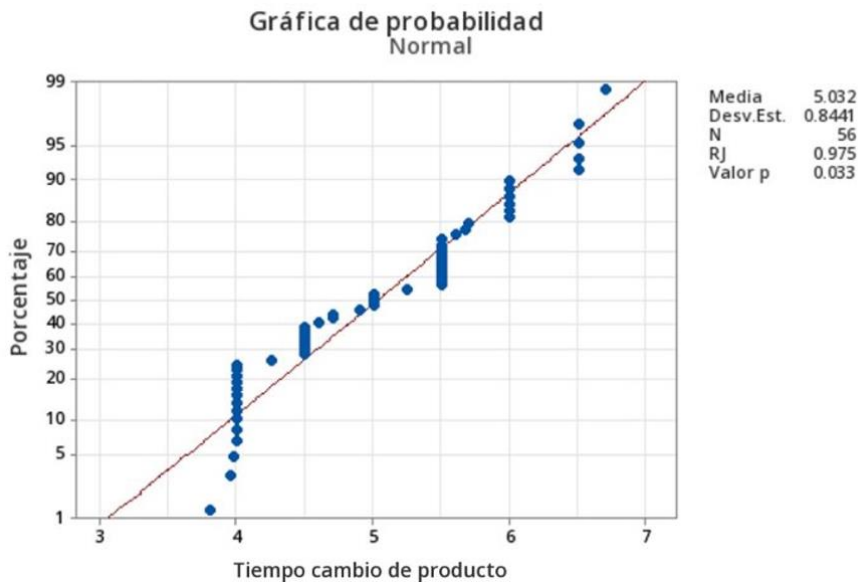
### 2.2.3.1. Variable Y: Tiempo de limpieza durante el cambio de producto.

Ho= Los datos se distribuyen normalmente.

H1= Los datos no se distribuyen normalmente

#### Figura 9

Gráfica de distribución de la variable de respuesta tiempo de limpieza durante el cambio de producto



Nota. Gráfica de la distribución de la variable de respuesta Y: Tiempo de limpieza durante el cambio de producto, la cual sigue una distribución normal. Fuente: Minitab.

Con un nivel de confianza de 97,5% se concluye que los datos analizados de la variable Y: Tiempo de limpieza durante el cambio de producto se ajustan a una distribución normal.

### 2.2.3.2. Temperatura del agua enjuague inicial ciclo CC04.

**Figura 10**

*Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC04*

#### Prueba de bondad del ajuste

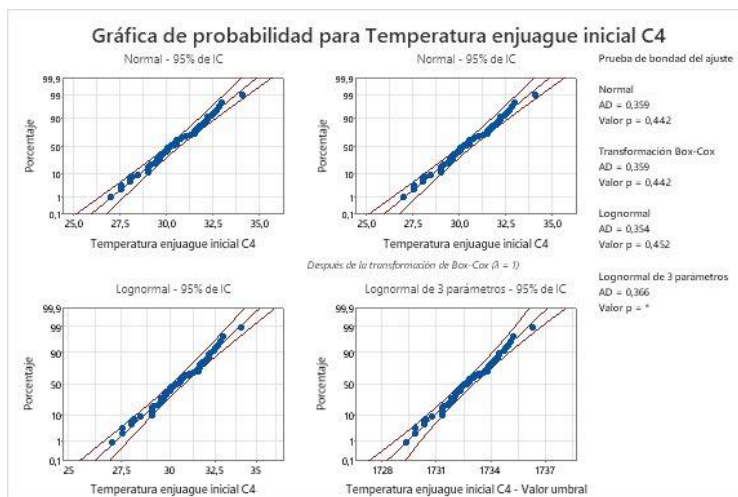
Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,359	0,442
Transformación Box-Cox	0,359	0,442
Lognormal	0,354	0,452
Lognormal de 3 parámetros	0,366	* 0,668
Exponencial	28,809	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	10,168	<0,010 0,000
Weibull	0,854	0,026
Weibull de 3 parámetros	0,363	0,390 0,006
Valor extremo más pequeño	1,018	<0,010
Valor extremo por máximos	0,973	0,014
Gamma	0,359	>0,250
Gamma de 3 parámetros	1,809	* 1,000
Logística	0,450	0,222
Loglogística	0,429	0,245
Loglogística de 3 parámetros	0,439	* 0,857

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del agua del enjuague inicial ciclo CC04. Fuente: Minitab.*

La prueba de bondad de ajuste nos proporciona valores estadísticos importantes como el p y AD, en este caso el valor p mayor es de la distribución normal.

**Figura 11**

*Gráfica de probabilidad de temperatura de agua de enjuague inicial ciclo CC04*



*Nota. Gráfica de probabilidad de la variable temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC04. Fuente: Minitab*

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizándolas gráficas de probabilidad se verifica que la distribución que mejor se ajusta a los datos de la variable X2: temperatura del agua, enjuague inicial CC04 es normal.

### 2.2.3.3. Temperatura del químico inyección de soda ciclo CC04.

#### **Figura 12**

*Prueba de bondad de ajuste de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04*

#### Prueba de bondad del ajuste

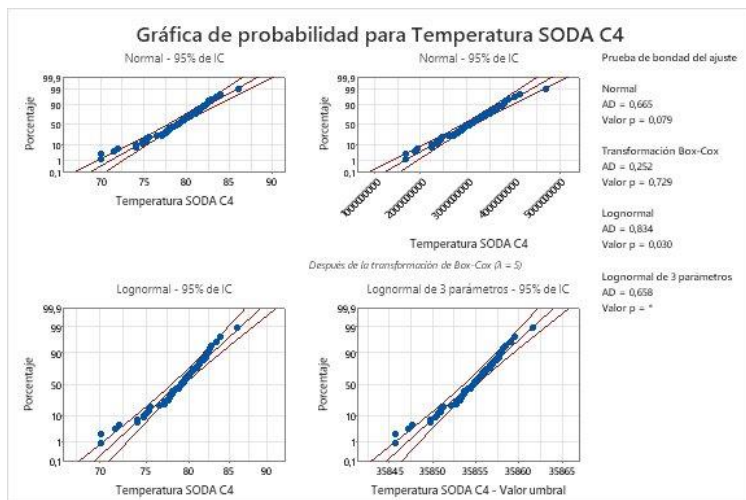
Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	0,665	0,079		
Transformación Box-Cox	0,252	0,729		
Lognormal	0,834	0,030		
Lognormal de 3 parámetros	0,658	*	0,175	
Exponencial	29,295	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	12,941	<0,010	0,000	
Weibull	0,309	>0,250		
Weibull de 3 parámetros	0,259	>0,500	0,191	
Valor extremo más pequeño	0,385	>0,250		
Valor extremo por máximos	2,752	<0,010		
Gamma	0,767	0,047		
Gamma de 3 parámetros	13,056	*	1,000	
Logística	0,416	>0,250		
Loglogística	0,504	0,163		
Loglogística de 3 parámetros	0,416	*	0,281	
Transformación de Johnson	0,149	0,962		

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab*

El valor estadístico de p mayor indica que los datos se ajustan a una distribución normal.

**Figura 13**

Grafica de probabilidad de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04



Nota. Grafica de probabilidad de la variable temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando las gráficas de probabilidad se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X2: temperatura del químico inyección soda CC04 es la normal.

#### 2.2.3.4. Temperatura del agua enjuague final ciclo CC04.

**Figura 14**

Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague final ciclo CC04

##### Prueba de bondad del ajuste

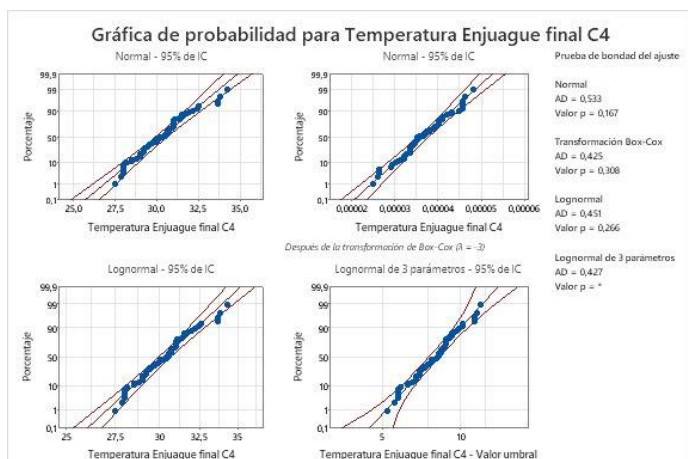
Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,533	0,167
Transformación Box-Cox	0,425	0,308
Lognormal	0,451	0,266
Lognormal de 3 parámetros	0,427	* 0,217
Exponencial	27,523	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	6,415	<0,010 0,000
Weibull	1,853	<0,010
Weibull de 3 parámetros	0,482	0,233 0,000
Valor extremo más pequeño	2,223	<0,010
Valor extremo por máximos	0,680	0,075
Gamma	0,474	0,247
Gamma de 3 parámetros	0,411	* 0,166
Logística	0,411	>0,250
Loglogística	0,389	>0,250
Loglogística de 3 parámetros	0,411	* 0,398

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del agua enjuague final ciclo CC04. Fuente: Minitab

De nuevo el valor p mayor corresponde a la distribución normal.

**Figura 15**

Gráfica de probabilidad de temperatura del agua de enjuague final ciclo CC04



Nota. Gráfica de probabilidad de la variable temperatura del agua de enjuague final ciclo CC04. Fuente: Minitab

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y con las gráficas de probabilidad se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X2: temperatura del agua enjuague final CC04 es la normal.

### 2.2.3.5. Temperatura del agua enjuague inicial ciclo CC05.

**Figura 16**

Prueba de bondad de ajuste de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC05

#### Prueba de bondad del ajuste

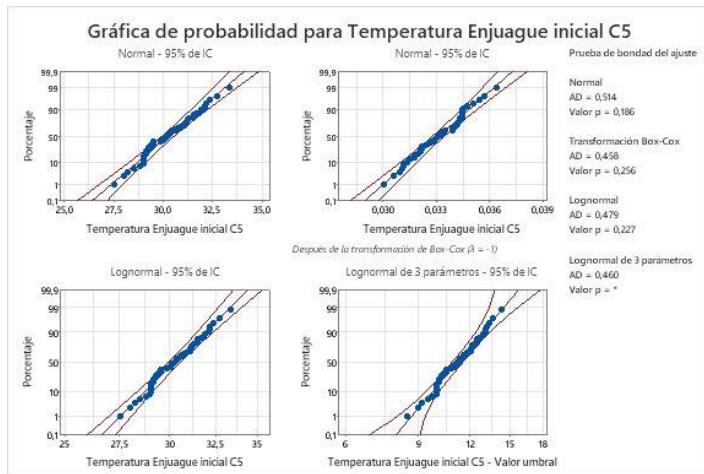
Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,514	0,186
Transformación Box-Cox	0,458	0,256
Lognormal	0,479	0,227
Lognormal de 3 parámetros	0,460	* 0,581
Exponencial	25,789	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	8,192	<0,010 0,000
Weibull	1,038	<0,010
Weibull de 3 parámetros	0,408	0,315 0,001
Valor extremo más pequeño	1,177	<0,010
Valor extremo por máximos	0,564	0,154
Gamma	0,505	0,217
Gamma de 3 parámetros	0,878	* 1,000
Logística	0,630	0,064
Loglogística	0,610	0,074
Loglogística de 3 parámetros	0,584	* 0,519

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del agua enjuague inicial ciclo CC05. Fuente: Minitab

Analizando los valores estadísticos de AD y el valor p la distribución de estos datos pueden ser normal o lognormal.

**Figura 17**

*Gráfica de probabilidad de temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC05.*



*Nota. Grafica de probabilidad de la variable temperatura del agua de enjuague inicial ciclo CC05. Fuente: Minitab*

Al analizar las gráficas de probabilidad la distribución normal es la que mejor se ajusta los datos de la variable X2.4: temperatura del agua enjuague inicial CC05

**2.2.3.6. Temperatura del químico inyección de soda ciclo CC05.**

**Figura 18**

*Prueba de bondad de ajuste de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05*

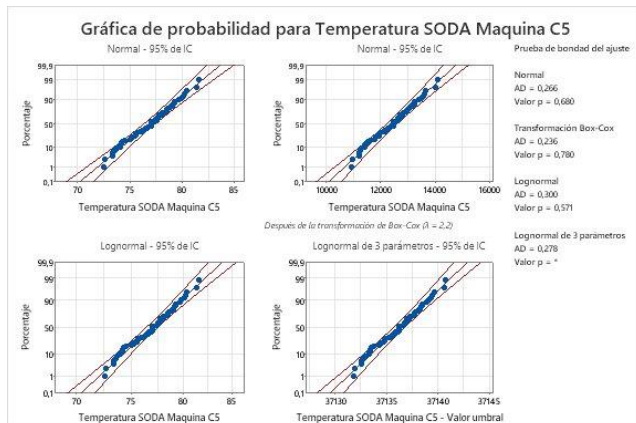
**Prueba de bondad del ajuste**

Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,266	0,680
Transformación Box-Cox	0,236	0,780
Lognormal	0,300	0,571
Lognormal de 3 parámetros	0,278	* 0,670
Exponencial	26,454	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	6,483	<0,010 0,000
Weibull	0,421	>0,250
Weibull de 3 parámetros	0,268	>0,500 0,016
Valor extremo más pequeño	0,490	0,224
Valor extremo por máximos	1,030	<0,010
Gamma	0,301	>0,250
Gamma de 3 parámetros	0,434	* 1,000
Logística	0,330	>0,250
Loglogística	0,357	>0,250
Loglogística de 3 parámetros	1,181	* 1,000

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05. Fuente: Minitab*

**Figura 19**

Gráfica de probabilidad de temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05.



Nota. Grafica de probabilidad de la variable temperatura del químico de inyección de soda ciclo CC05. Fuente: Minitab

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando los valores estadísticos p y AD se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X2.5: temperatura del químico inyección soda CC05 es la normal.

### 2.2.3.7. Temperatura del agua enjuague final ciclo CC05.

**Figura 20**

Prueba de bondad de ajuste de temperatura agua de enjuague final ciclo CC05

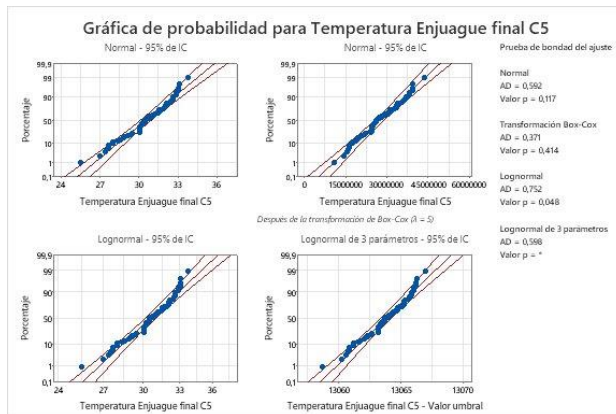
#### Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,592	0,117
Transformación Box-Cox	0,371	0,414
Lognormal	0,752	0,048
Lognormal de 3 parámetros	0,598	* 0,135
Exponencial	27,090	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	13,195	<0,010 0,000
Weibull	0,395	>0,250
Weibull de 3 parámetros	0,364	0,345 0,527
Valor extremo más pequeño	0,452	>0,250
Valor extremo por máximos	2,050	<0,010
Gamma	0,698	0,072
Gamma de 3 parámetros	0,734	* 0,773
Logística	0,531	0,133
Loglogística	0,613	0,073
Loglogística de 3 parámetros	0,531	* 0,249

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable temperatura del agua enjuague final ciclo CC05. Fuente: Minitab



**Figura 21**  
*Gráfica de probabilidad de temperatura del agua en enjuague final ciclo CC05.*



*Nota. Grafica de probabilidad de la variable temperatura agua enjuague final ciclo CC05. Fuente: Minitab*

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando los valores estadísticos p y AD se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X2.6: temperatura del agua enjuague final CC05 es la normal.

**2.2.3.8. Turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC04.**

**Figura 22**  
*Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua de enjuague inicial ciclo CC04*

**Goodness of Fit Test**

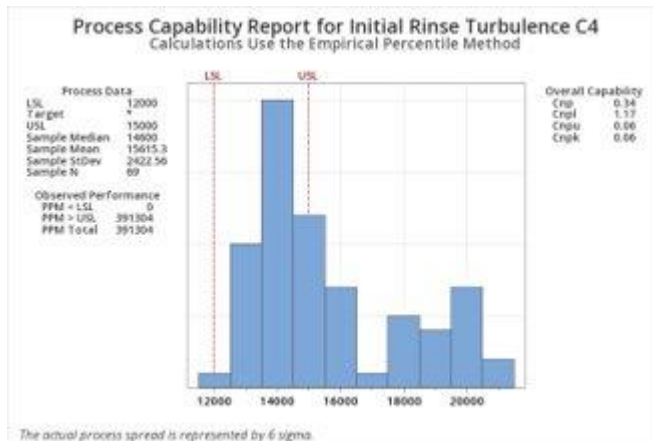
Distribution	AD	P	LRT P
Normal	3.351	<0.005	
Box-Cox Transformation	2.094	<0.005	
Lognormal	2.656	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.349	*	0.001
Exponential	22.002	<0.003	
2-Parameter Exponential	1.533	0.023	0.000
Weibull	3.619	<0.010	
3-Parameter Weibull	1.282	<0.005	0.000
Smallest Extreme Value	4.251	<0.010	
Largest Extreme Value	2.212	<0.010	
Gamma	2.927	<0.005	
3-Parameter Gamma	1.285	*	0.000
Logistic	3.149	<0.005	
Loglogistic	2.544	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	1.307	*	0.001

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC04. Fuente: Minitab*

Evidenciamos que todos los valores estadísticos p y AD son menores a 0, por lo que no es posible identificar una distribución y no admiten ninguna transformación de datos.

**Figura 23**

Reporte de capacidad de la turbulencia del agua en enjuague inicial ciclo CC04.



Nota. Reporte de capacidad de la variable turbulencia agua enjuague inicial ciclo CC04.

Fuente: Minitab

Se analizó el proceso de capacidad se analiza mediante el método de percentiles empíricos en donde consideramos los valores de capacidad general como Cnp que indica que el proceso no capaz, Cnpl indica que los datos se comportan relativamente cerca del límite de especificación inferior, parcialmente adecuado y los valores de Cnpu y Cpk los cuales nos indican que el proceso está en su mayoría fuera del límite de especificación superior, no es un proceso capaz

### 2.2.3.9. Turbulencia del químico inyección soda ciclo CC04.

**Figura 24**

Prueba de bondad de ajuste de turbulencia químico de inyección de soda ciclo CC04

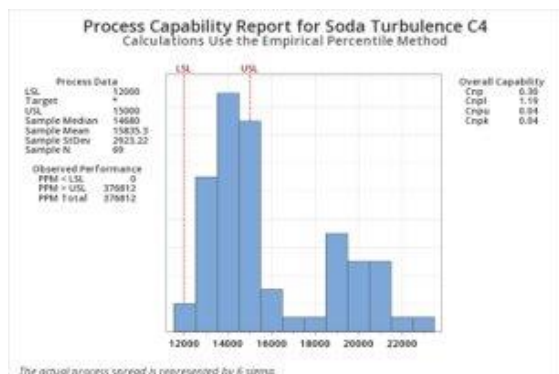
#### Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	4,357	<0,005		
Transformación Box-Cox	1,585	<0,005		
Lognormal	3,496	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	1,079	*	0,000	
Exponencial	22,078	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	1,270	0,046	0,000	
Weibull	4,526	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	1,183	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	5,234	<0,010		
Valor extremo por máximos	2,889	<0,010		
Gamma	3,828	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	1,263	*	0,000	
Logística	4,019	<0,005		
Loglogística	3,246	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	1,014	*	0,000	

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del químico inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab

Así mismo se obtienen valores estadísticos menores a cero para la prueba de bondad de ajuste y no admite la transformación de datos.

**Figura 25**  
Reporte de capacidad de la turbulencia del químico en inyección de soda ciclo CC04.



*Nota. Reporte de capacidad de la variable turbulencia químico inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab*

Se analiza el proceso de capacidad mediante el método de percentiles empíricos el valor de Cnp que indica que el proceso no capaz, Cnpl indica que los datos se comportan relativamente cerca del límite de especificación inferior, parcialmente adecuado y los valores de Cnpu y Cpk los cuales nos indican que el proceso está en su mayoría fuera del límite de especificación superior, no es un proceso capaz

### 2.2.3.10. Turbulencia del agua enjuague final ciclo CC04.

**Figura 26**  
Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua en enjuague final ciclo CC04

#### Prueba de bondad del ajuste

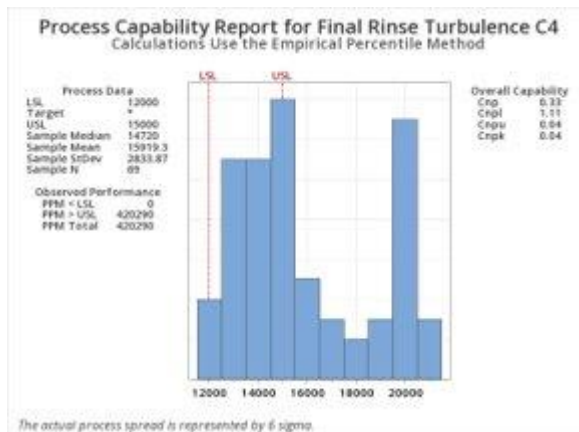
Distribución	AD	P LRT P
Normal	3,351	<0,005
Transformación Box-Cox	1,709	<0,005
Lognormal	2,656	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	1,349	* 0,001
Exponencial	22,002	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	1,533	0,023 0,000
Weibull	3,619	<0,010
Weibull de 3 parámetros	1,282	<0,005 0,000
Valor extremo más pequeño	4,251	<0,010
Valor extremo por máximos	2,212	<0,010
Gamma	2,927	<0,005
Gamma de 3 parámetros	1,285	* 0,000
Logística	3,149	<0,005
Loglogística	2,544	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	1,307	* 0,001

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del agua enjuague final ciclo CC04. Fuente: Minitab*

De nuevo no se puede identificar el tipo de distribución a la que pertenecen estos datos y no admite una transformación de datos.

**Figura 27**

*Reporte de capacidad de la turbulencia del agua en enjuague final ciclo CC04.*



*Nota. Reporte de capacidad de la variable turbulencia agua enjuague final ciclo CC04. Fuente: Minitab*

Por lo que se analizó la capacidad general del proceso mediante el método de percentiles empíricos, el valor de Cnp que indica que el proceso no capaz, Cnpl indica que los datos se comportan relativamente cerca del límite de especificación inferior, parcialmente adecuado y los valores de Cnpu y Cpk los cuales nos indican que el proceso está en su mayoría fuera del límite de especificación superior, no es un proceso capaz.

### 2.2.3.11. Turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC05.

**Figura 28**

*Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua en enjuague inicial ciclo CC05*

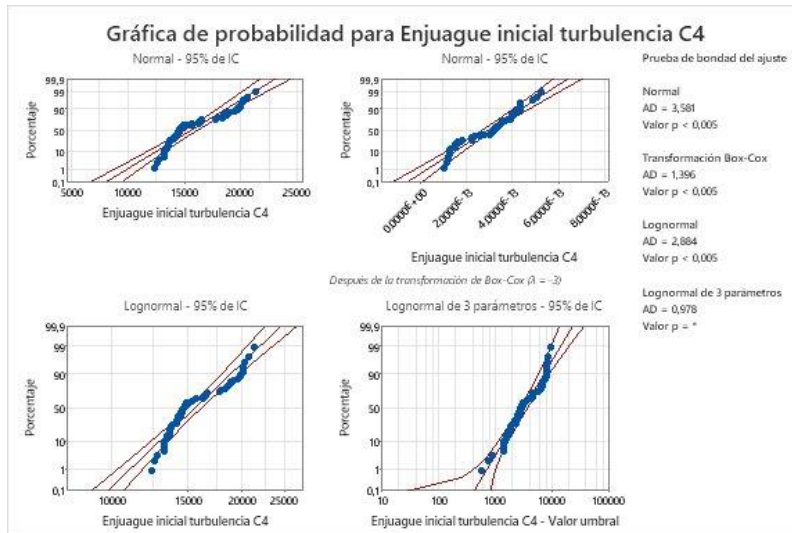
#### Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,659	0,082
Transformación Box-Cox	0,489	0,215
Lognormal	0,423	0,311
Lognormal de 3 parámetros	0,459	* 0,592
Exponencial	20,803	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	8,803	<0,010 0,000
Weibull	1,087	<0,010
Weibull de 3 parámetros	0,520	0,153 0,016
Valor extremo más pequeño	1,843	<0,010
Valor extremo por máximos	0,585	0,134
Gamma	0,461	>0,250
Gamma de 3 parámetros	0,733	* 1,000
Logística	0,648	0,055
Loglogística	0,425	0,250
Loglogística de 3 parámetros	0,432	* 0,933
Transformación de Johnson	0,421	0,315

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del agua enjuague inicial ciclo CC05. Fuente: Minitab*

No se puede identificar el tipo de distribución y no admite una transformación de datos.

**Figura 29**  
 Grafica de probabilidad de la turbulencia del agua en enjuague inicial ciclo CC05



*Nota. Grafica de probabilidad de la variable turbulencia agua enjuague inicial ciclo CC05. Fuente: Minitab*

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando los valores estadísticos p y AD se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X3.4: turbulencia enjuague inicial CC05 es la normal.

**2.2.3.12. Turbulencia del químico inyección soda ciclo CC05.**

**Figura 30**  
 Prueba de bondad de ajuste de turbulencia químico en inyección de soda ciclo CC05

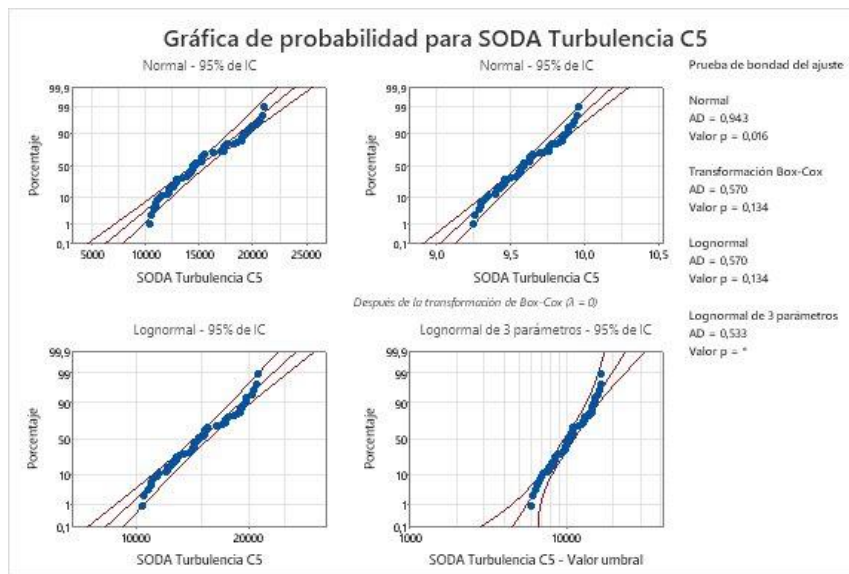
Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	0,943	0,016
Transformación Box-Cox	0,570	0,134
Lognormal	0,570	0,134
Lognormal de 3 parámetros	0,533	* 0,561
Exponencial	20,139	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	3,872	<0,010 0,000
Weibull	1,285	<0,010
Weibull de 3 parámetros	0,499	0,220 0,001
Valor extremo más pequeño	2,037	<0,010
Valor extremo por máximos	0,529	0,188
Gamma	0,674	0,082
Gamma de 3 parámetros	0,511	* 0,180
Logística	0,932	0,009
Loglogística	0,640	0,059
Loglogística de 3 parámetros	0,572	* 0,428
Transformación de Johnson	0,416	0,323

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del químico inyección de soda ciclo CC05. Fuente: Minitab*

**Figura 31**

Grafica de probabilidad de la turbulencia del químico en inyección de soda ciclo CC05



Nota. Grafica de probabilidad de la variable turbulencia químico inyección soda ciclo CC05.  
Fuente: Minitab

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando los valores estadísticos p y AD se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X3.5: turbulencia inyección soda CC05 es la lognormal.

### 2.2.3.13. Turbulencia del agua enjuague final ciclo CC05.

**Figura 32**

Prueba de bondad de ajuste de turbulencia agua enjuague final ciclo CC05

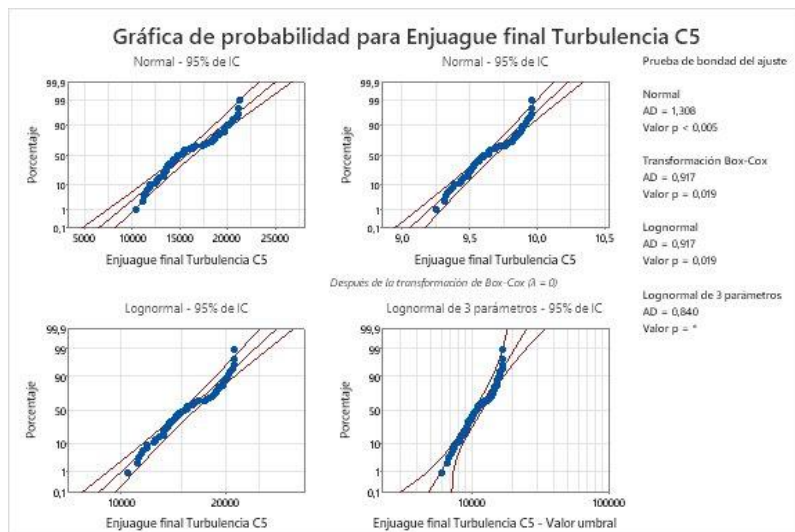
**Prueba de bondad del ajuste**

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	1,308	<0,005		
Transformación Box-Cox	0,917	0,019		
Lognormal	0,917	0,019		
Lognormal de 3 parámetros	0,840	*	0,613	
Exponencial	20,020	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	5,030	<0,010	0,000	
Weibull	1,536	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	0,755	0,050	0,003	
Valor extremo más pequeño	2,072	<0,010		
Valor extremo por máximos	0,765	0,044		
Gamma	1,052	0,009		
Gamma de 3 parámetros	0,863	*	0,279	
Logística	1,371	<0,005		
Loglogística	1,038	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	0,846	*	0,342	
Transformación de Johnson	0,624	0,100		

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable turbulencia del agua enjuague final ciclo CC05. Fuente: Minitab

**Figura 33**

Grafica de probabilidad de la turbulencia del agua en enjuague final ciclo CC05



Nota. Grafica de probabilidad de la variable turbulencia agua enjuague final ciclo CC05.

Fuente: Minitab

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste y analizando los valores estadísticos p y AD se verifica que la distribución que más se ajusta a los datos de la variable X3.6: turbulencia enjuague final CC05 es la normal.

#### 2.2.3.14. Conductividad del químico inyección de soda ciclo CC04.

**Figura 34**

Prueba de bondad de ajuste de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC04

##### Prueba de bondad del ajuste

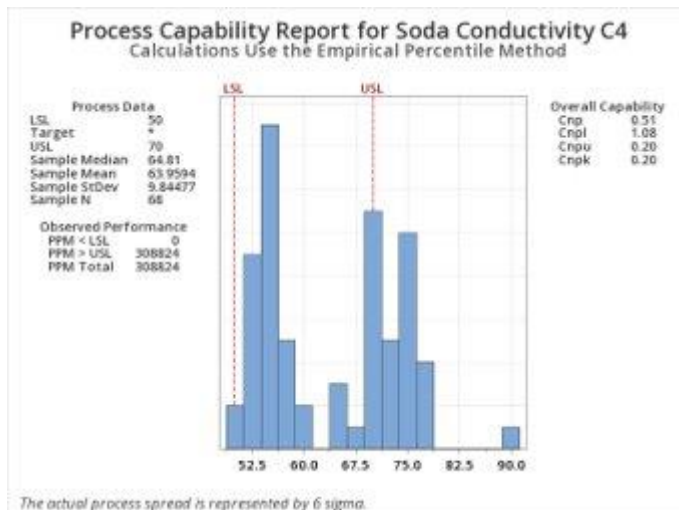
Distribución	AD	P LRT P
Normal	3,225	<0,005
Transformación Box-Cox	3,358	<0,005
Lognormal	3,311	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	3,027	* 0,017
Exponencial	22,735	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	2,464	<0,010 0,000
Weibull	2,835	<0,010
Weibull de 3 parámetros	2,701	<0,005 0,000
Valor extremo más pequeño	2,729	<0,010
Valor extremo por máximos	3,496	<0,010
Gamma	3,345	<0,005
Gamma de 3 parámetros	2,662	* 0,000
Logística	3,283	<0,005
Loglogística	3,322	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	2,826	* 0,005

Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable conductividad del químico inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab

Los valores estadísticos de AD y valor p no proporcionan información sobre el tipo de distribución.

**Figura 35**

*Reporte de capacidad de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC04*



*Nota. Reporte de capacidad de la variable conductividad del químico inyección de soda ciclo CC04. Fuente: Minitab*

Por lo que se analizó la capacidad general del proceso mediante el método de percentiles empíricos, el valor de Cnp que indica que el proceso no capaz, Cnpl indica que los datos se encuentran muy cercanos al límite de especificación superior, es decir el proceso necesita ser analizado, los valores de Cnpu y Cpk indican que el proceso está en su mayoría fuera del límite de especificación superior, no es un proceso capaz



### 2.2.3.15. Conductividad del químico inyección de soda ciclo CC05.

**Figura 36**

*Prueba de bondad de ajuste de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC05*

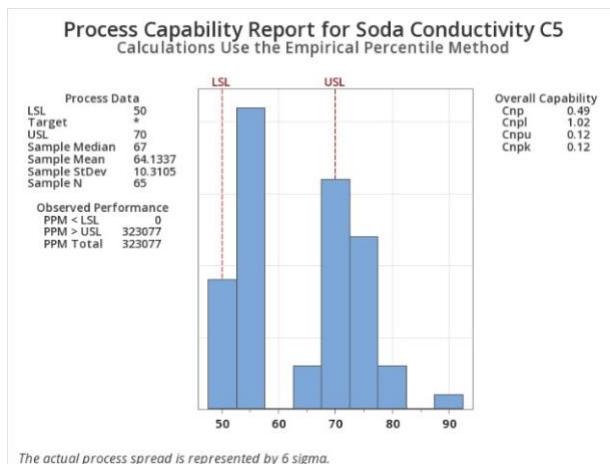
#### Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	3,667	<0,005		
Transformación Box-Cox	4,000	<0,005		
Lognormal	3,891	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	3,732	*	0,022	
Exponencial	21,474	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	3,085	<0,010	0,000	
Weibull	3,145	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	3,450	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	2,890	<0,010		
Valor extremo por máximos	4,197	<0,010		
Gamma	3,887	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	3,476	*	0,000	
Logística	3,700	<0,005		
Loglogística	3,858	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	3,465	*	0,007	

*Nota. Prueba de bondad de ajuste de la variable conductividad del químico inyección de soda ciclo CC05. Fuente: Minitab*

**Figura 37**

*Reporte de capacidad de conductividad del químico en inyección de soda ciclo CC05*



*Nota. Reporte de capacidad de la variable conductividad del químico inyección de soda ciclo CC05. Fuente: Minitab*

Analizando la capacidad general del proceso mediante el método de percentiles empíricos, el valor de Cnp que indica que el proceso no capaz, Cnpl indica que los datos se encuentran muy cercanos al límite de especificación superior, es decir el proceso necesita ser

analizado, los valores de C<sub>npu</sub> y C<sub>pk</sub> indican que el proceso está en su mayoría fuera del límite de especificación superior, no es un proceso capaz.

En resumen, las distribuciones y capacidades de las variables son las siguientes:

**Tabla 4**

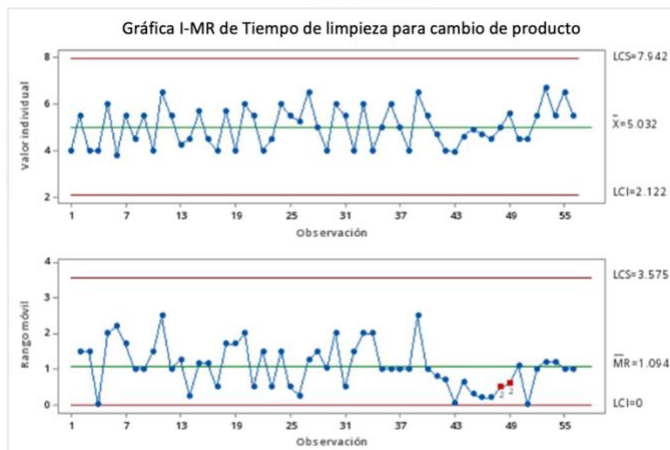
*Resumen de las distribuciones y capacidades de las variables*

	<b>Ciclo CC04</b>	<b>Ciclo CC05</b>
Temperatura enjuague inicial	Normal	Normal
Temperatura inyección de soda	Normal	Normal
Temperatura enjuague final	Normal	Normal
Turbulencia enjuague inicial	No existe una distribución que se ajuste a los datos Método empírico de los percentiles Proceso no capaz	Normal
Turbulencia inyección de soda	No existe una distribución que se ajuste a los datos Método empírico de los percentiles Proceso no capaz	Lognormal
Turbulencia enjuague final	No existe una distribución que se ajuste a los datos Método empírico de los percentiles Proceso no capaz	Normal
Conductividad inyección de soda	No existe una distribución que se ajuste a los datos Método empírico de los percentiles Proceso no capaz	No existe una distribución que se ajuste a los datos Método empírico de los percentiles Proceso no capaz

### 2.2.4. Gráfica de control

Una gráfica de control es una herramienta estadística utilizada en el control de calidad para monitorear y controlar un proceso en el tiempo. Su objetivo principal es determinar si un proceso está en control (es decir, operando consistentemente dentro de los límites establecidos) o si se presentan variaciones que requieren intervención. En este caso solo se hará cartas de control para la variable de respuesta Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto.

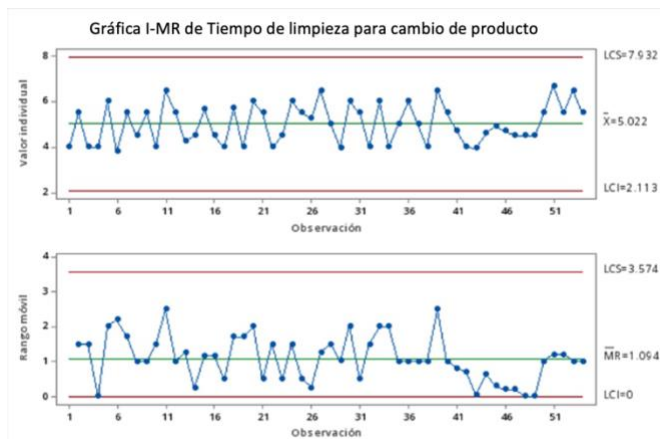
**Figura 38**  
Gráfica de control de la variable de respuesta



*Nota. Gráfica de control de la variable de respuesta Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto, la cual no está bajo control estadístico. Fuente: Minitab.*

Al discutir las causas de los puntos fuera de control con otros miembros del equipo de la empresa, los puntos consecutivos corresponden a un evento específico de calibración del conductímetro que no es representativo del proceso normal. Actualmente el conductímetro se encuentra correctamente calibrado y restringido a la manipulación de cualquier operario por lo que no afecta el análisis futuro y se decidió eliminar estos eventos.

**Figura 39**  
Gráfica de control de la variable de respuesta



*Nota. Gráfica de control de la variable de respuesta Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto, la cual al eliminar los puntos fuera de control. Fuente: Minitab.*

La variable de respuesta tiempo de limpieza durante el cambio de producto se encuentra bajo control estadístico debido a que ninguno de sus datos se encuentra fuera de los límites y tampoco presenta un comportamiento anormal.

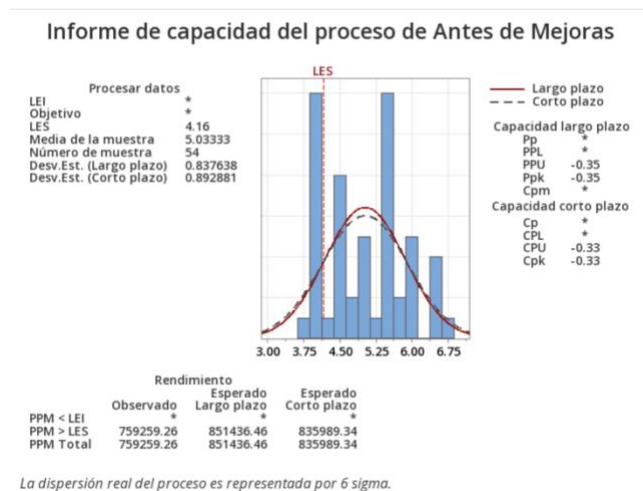
### 2.2.5. Prueba de capacidad

El análisis de capacidad es una herramienta fundamental en el control y mejora de procesos, ya que permite evaluar la capacidad de un proceso para producir resultados dentro de los límites especificados. Este análisis es crucial para asegurar que un proceso no solo es estable, sino también capaz de cumplir consistentemente con las expectativas de calidad establecidas.

El uso de índices de capacidad, como el  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ , y  $P_{pk}$ , proporcionan una medida cuantitativa de cuán bien un proceso está funcionando en relación con los límites de especificación.

**Variable Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto.**

**Figura 40**  
Gráfica de capacidad de la variable de respuesta



*Nota. Gráfica de capacidad de la variable de respuesta Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto, la cual indica que no es un proceso capaz. Fuente: Minitab.*

El análisis de capacidad de la variable Y: Tiempo de limpieza del cambio de producto dio un resultado de  $cpk = -0.30$ , menor a 1 lo que indica que el proceso actual no es capaz. Un proceso con baja capacidad tiende a generar más variabilidad, lo que puede llevar a las limpiezas fuera de las especificaciones establecidas y, en última instancia, a mayores costos de calidad.

### 2.2.6. Estratificación

El tiempo de limpieza de cambio de producto se estratifico por actividades. A continuación, se presentan las actividades con mayores tiempos dentro de la limpieza.

- Limpiezas sistema de dosificación
- Enjuague inicial
- Inyección de soda

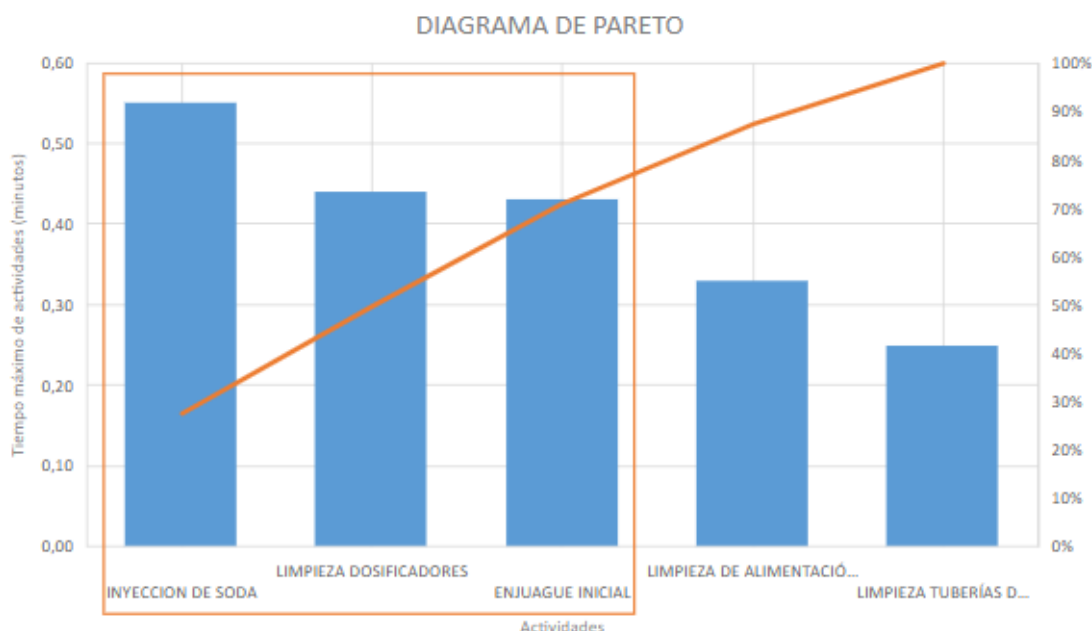
Con el uso del diagrama de Pareto de la figura 41 se identificaron las actividades con mayor influencia en los elevados tiempos de limpieza de cambio de producto.

- Inyección de soda

- Limpiezas de sistemas de dosificación
- Enjuague inicial

**Figura 41**

*Diagrama de Pareto de las actividades de limpieza de cambio de producto*



*Nota. Diagrama de Pareto de las actividades con mayor tiempo dentro de la limpieza de cambio de producto. Fuente: Elaboración propia.*

#### **2.2.6.1. Problema enfocado.**

Desde octubre de 2023 a junio de 2024 la empresa ha tenido un incremento en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto para dos de sus líneas de producción, las actividades que toman más tiempo son inyección de soda, limpieza de dosificadores y enjuague inicial, esto representa el 71% del tiempo total de limpieza, lo que son alrededor de 4.62 horas de la programación de la limpieza.

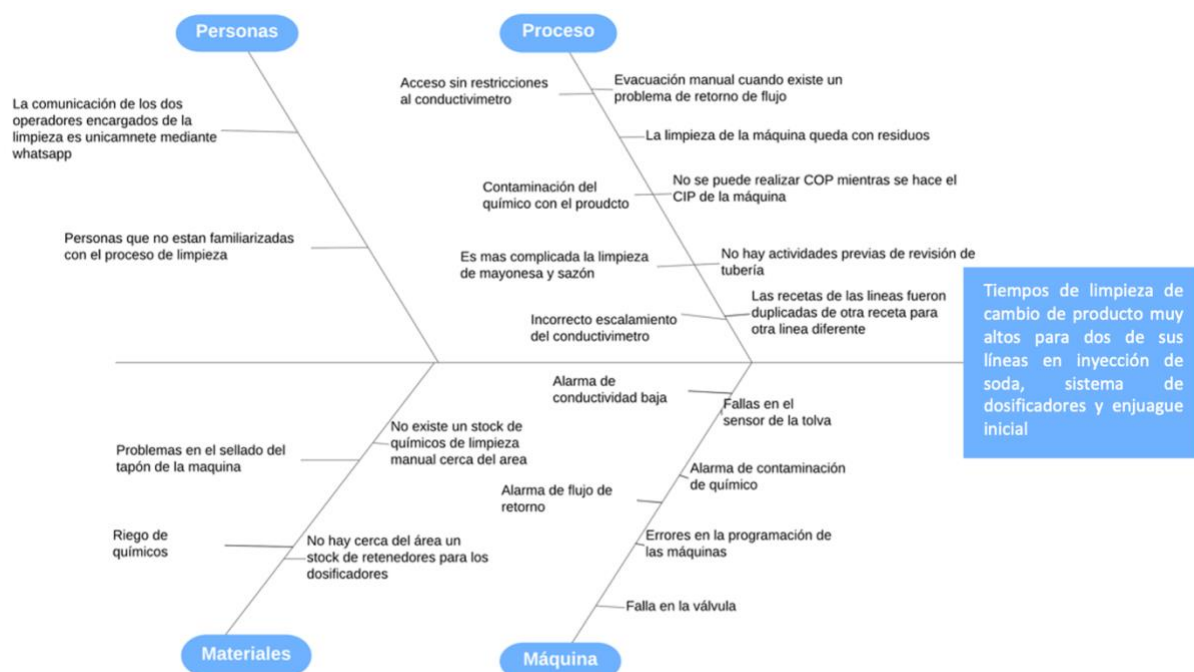
### **2.3. Análisis**

En esta fase se identificará las causas raíz del problema enfocado para comprender por qué el proceso no está cumpliendo con las expectativas.

### 2.3.1. Ishikawa

Con información recolectada en base a conversaciones con el supervisor de producción, técnico de máquinas y operadores, se procedió a realizar la figura 42 la cual es un diagrama Ishikawa con el fin de identificar diferentes causas potenciales para nuestro problema enfocado: *el incremento en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto para dos de sus líneas de producción para las actividades de inyección de soda, limpieza de dosificadores y enjuague inicial.*

**Figura 42**  
Diagrama de causa-efecto con el problema enfocado.



*Nota. Diagrama de causa-efecto con el problema enfocado realizado con los responsables del área de limpieza. Fuente: Elaboración propia.*

### 2.3.2. Causas Potenciales

A partir del diagrama Ishikawa, se obtuvo las causas potenciales en listadas en la tabla

5.

**Tabla 5**  
*Definición de las posibles causas.*

<b>Variable X</b>	<b>Posibles causas</b>
X1	Comunicación entre operadores difícil
X2	Intervienen personas no lo suficientemente entrenadas en el proceso
x3	Pérdida de tiempo al no tener stock cerca del área de materiales necesarios como químicos, retenedores, etc.
X4	Problemas de calibración del conductímetro
X5	Ciertos productos lo hacen más complicado al proceso (mayonesa, la sazón)
X6	Evacuación manual cuando existen problemas de retorno de flujo
X7	La limpieza de máquina queda con residuos luego de la limpieza
X8	Excesivas paradas no programadas
X9	Las recetas CIP de las líneas no son adecuadas
X10	Fallos del sensor de la tolva
x11	Activación excesiva de alarmas de conductividad
X12	Activación excesiva de alarmas de contaminación química
X13	La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada
X14	Fallos de válvulas
X15	Existen riesgos continuos de los productos químicos
X16	Errores de configuración de la máquina

*Nota. Definición de variables para cada causa potencial obtenida por las entrevistas a los operadores, encargados y líderes del proyecto.*

### **2.3.3. Matriz causa efecto**

La siguiente matriz de la tabla 7 fue construida con la ayuda del coordinar de producción, el líder de mantenimiento y los operadores de cada línea, los cuales calificaron la influencia de las causas potenciales al problema que se está analizando con ayuda de la tabla 6.



**Tabla 6***Puntuación y su significado.*

Puntuación	Significado
0	No tiene influencia
1	Poca influencia
3	Media influencia
9	Alta influencia

*Nota. Significado de cada puntuación para las ponderaciones de importancia de las causas potenciales.*

**Tabla 7***Verificación de las posibles causas.*

Causas potenciales	Coordinador de producción	Líder de mantenimiento	Operador Volpak 1	Operador Volpak 2	TOTAL
Comunicación entre operadores difícil	1	3	3	1	8
Intervienen operadores poco capacitados en el proceso	9	0	9	9	27
No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA	9	0	9	3	21
Problemas de calibración del conductímetro	1	0	0	3	4
Ciertos productos lo hacen más complicado al proceso (mayonesa, la sazón)	1	0	1	1	3
Evacuación manual cuando existen problemas de retorno de flujo	9	0	0	9	18
La limpieza de máquina queda con residuos luego de la limpieza	3	1	3	9	16
Exceso de paradas no programadas	9	0	3	3	15
Las recetas del CIP de las líneas no son adecuadas	3	9	1	1	14
Fallas en el sensor de la tolva	9	3	0	9	21
Activación excesiva de alarmas de conductividad	9	1	0	9	19
Activación excesiva de alarmas de contaminación de químico	3	0	1	1	5
La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada	9	3	9	9	30
Fallas en válvulas	9	1	1	9	20
Existen continuamente riegos de los químicos	1	0	0	1	2
Errores en la configuración de la máquina	3	0	0	9	12

*Nota. Verificación de causas por parte del coordinador de producción, líder de mantenimiento y operadores de cada línea.*

A partir de las calificaciones se obtuvieron las causas con mayor impacto para el problema:

- Personas sin el suficiente entrenamiento en el proceso.
- No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA
- Fallas en el sensor de la tolva.
- La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada

#### 2.3.4. Plan de verificación de causas

**Tabla 8**

*Plan de verificación de las causas.*

Causa potencial	Impacto de x en Y	¿Cómo lo compruebas?	¿Quién verifica?	¿Dónde lo compruebas?	Estado
Personas sin suficiente entrenamiento en el proceso	Al tener operadores que no tienen el entrenamiento suficiente para el proceso, hace que no siempre cumplan los parámetros que provoca paros no programados y esto aumenta el tiempo de limpieza del cambio de producto	Análisis estadísticos	Lideres del proyecto o Coordinador de producción	Volpak 2 y Volpak 3	Verificado
Fallas en el sensor de la tolva	Al fallar el sensor este no identifica la cantidad de líquido enviado a la tolva provocando desbordamiento para la limpieza CIP lo que incrementa el tiempo de limpieza del	Gemba u observación directa Análisis estadístico	Lideres del proyecto o Coordinador de producción	Volpak 2 y Volpak 3	Verificado

	cambio de producto				
No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA	Al no tener los materiales de limpieza necesarios en el GEMBA repercute en movilizaciones o esperas lo que hace que aumente el tiempo de limpieza del cambio de producto	Análisis estadístico de tiempos	Lideres del proyecto o Coordinador de producción	Volpak 2 y Volpak 3	Verificado
La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada	Es una de las actividades más complicadas y lleva mucho tiempo debido a procesos manuales provocando que se alargue el tiempo de limpieza del cambio de producto	Análisis estadístico de tiempos	Lideres del proyecto o Coordinador de producción	Volpak 2 y Volpak 3	Verificado

*Nota. Plan de verificación de las causas previamente reconocidas mediante la calificación de estas.*

Para el plan de verificación de causas presentado en la tabla 8, se analizó el impacto que tiene cada causa en la variable de respuesta enfocada, también la forma en la que se puede comprobar este impacto, los responsables, el lugar en donde se debe comprobar y el estado.

### 2.3.5. Verificación de causas

#### 2.3.5.1. Personas sin suficiente entrenamiento en el proceso.

Teniendo en cuenta que para cada fase de la limpieza CIP se debe seguir parámetros específicos para evitar problemas con respecto a la efectividad de la limpieza o la existencia de paros no planificados. Por lo que, resulta de vital importancia que los operadores conozcan cada parámetro que debe tener cada fase. A continuación, se aprecia en la **tabla 9 la**

frecuencia de los ingresos de parámetros incorrectos en la base de datos de la empresa cuya información fue recolectada entre enero y junio de 2024.

**Tabla 9**

*Frecuencia de los parámetros fuera de los límites por operador*

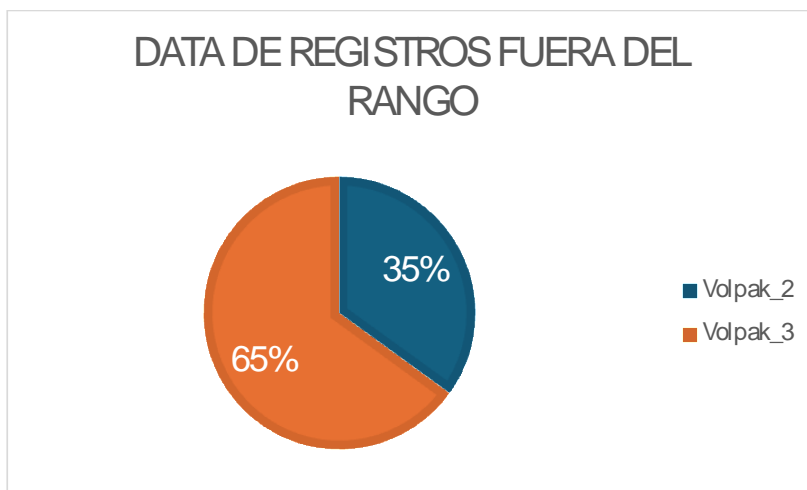
Línea	Operador	Frecuencia de inserción de parámetros fuera de los límites al mes
Volpak 2	Operador10	6
Volpak 2	Operador11	9
Volpak 2	Operador3	20
Volpak 2	Operador5	14
Volpak 2	Operador6	31
Volpak 2	Operador9	12
Volpak 3	Operador1	13
Volpak 3	Operador2	42
Volpak 3	Operador4	50
Volpak 3	Operador7	55
Volpak 3	Operador8	11
<b>Total general</b>		<b>263</b>

*Nota. En la siguiente figura se enseña la frecuencia de los parámetros fuera de límites por operador. Fuente: Elaboración propia.*

Con dicha información, se realizó un diagrama circular para conocer el porcentaje de incidencia de registros fuera del rango por la línea de producción:

**Figura 43**

*Registros de parámetros fuera de los límites por línea*

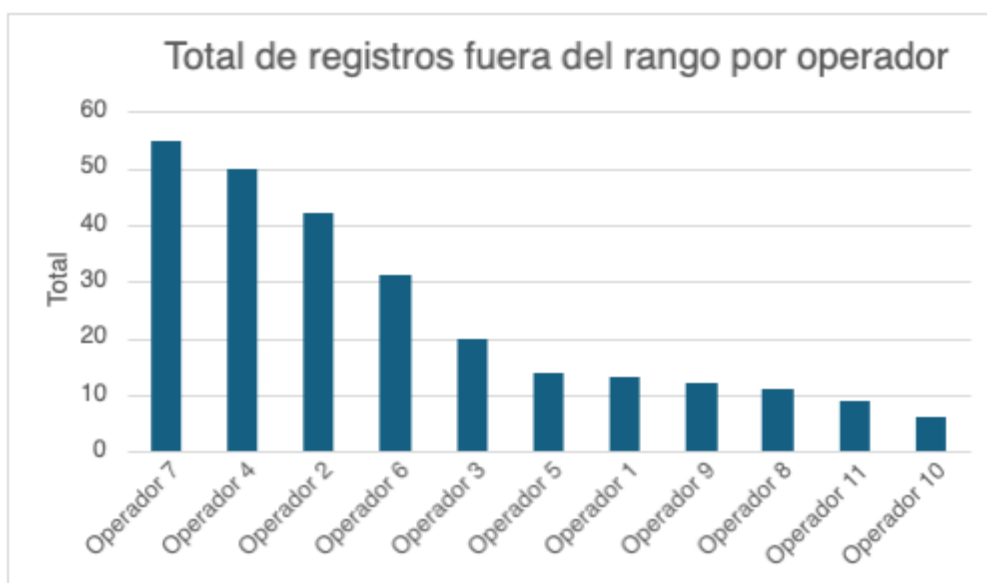


*Nota: Parámetros registrados fuera de los límites por la línea de producción. Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente, se realizó un diagrama de barras para identificar claramente cuáles operadores son los que presentan mayor incidencia en presentar valores con parámetros fuera del rango previamente establecido:

**Figura 44**

*Registros de parámetros fuera de los límites por operador*

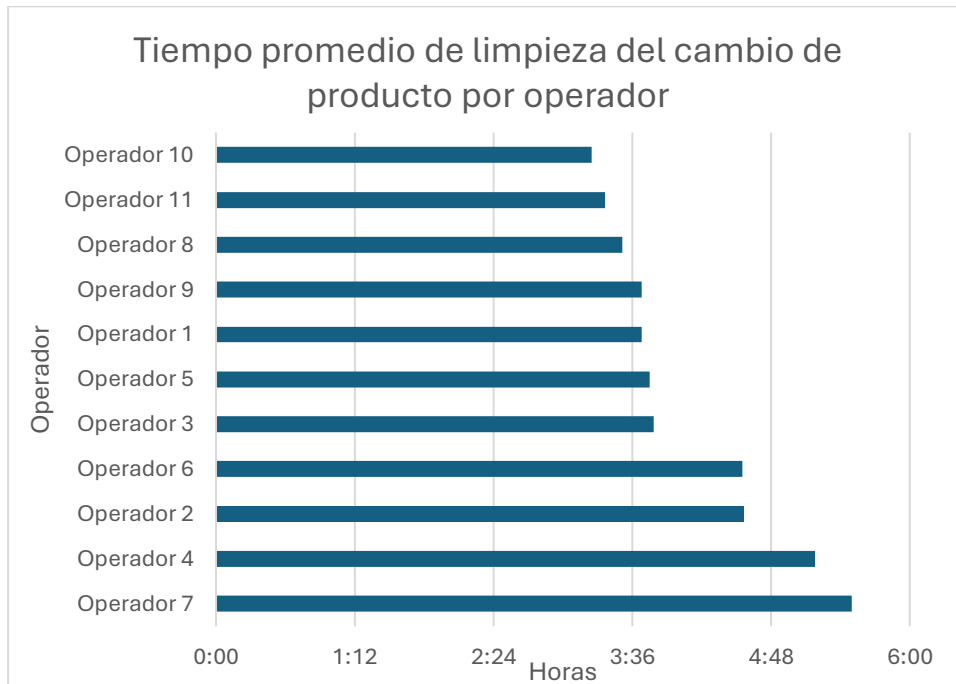


*Nota. Registros de los parámetros ingresados que presentan variaciones o están fuera de los límites permitidos por operado. Fuente: Elaboración propia.*

Como se puede apreciar, claramente el operador 2, 4 y 7 son los que presentaron mayor cantidad de registros fuera del rango y que forman parte de la misma línea siendo esta la Volpak 3 por lo que, considerando que el sistema de limpieza CIP es un sistema automático configurado para que se detenga cuando los parámetros no están en rango, existiría un aumento de tiempo ya establecido en receta para tener los requisitos necesarios, esto se evidencia en la figura 44 en donde vemos los tiempos promedios de limpieza del cambio de producto por operador.

**Figura 45**

*Tiempo promedio de limpieza del cambio de producto por operador*

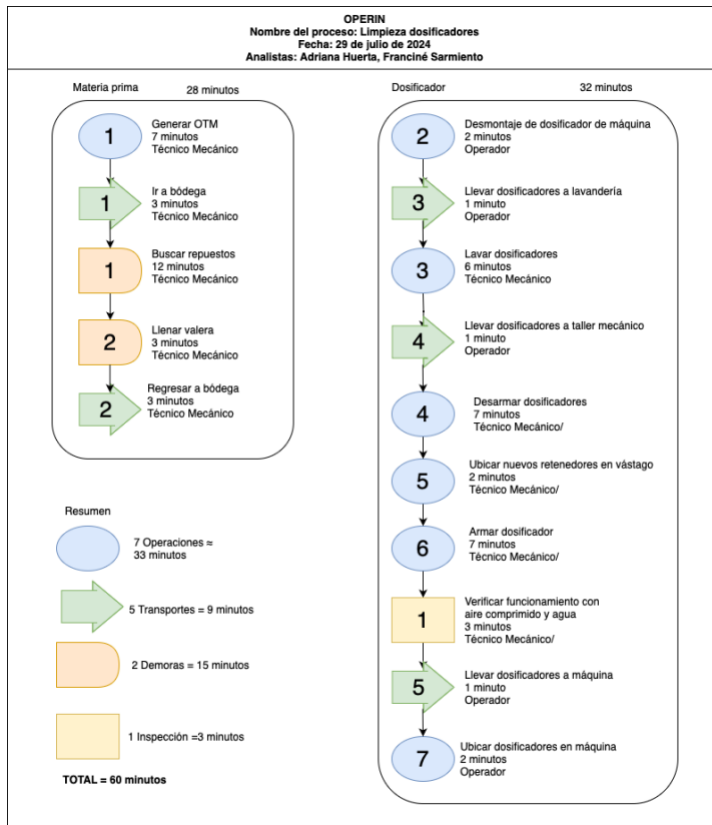


Se comprobó que existe una relación entre la frecuencia de inserción de parámetros erróneos en la limpieza CIP y el tiempo de limpieza del cambio de producto, el operador 7, 4 y 2 tienen mayores tiempos de limpieza cambio de producto consecuencia de que son los que tienen mayor frecuencia de inserción de parámetros erróneos.

### **2.3.5.2. No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA.**

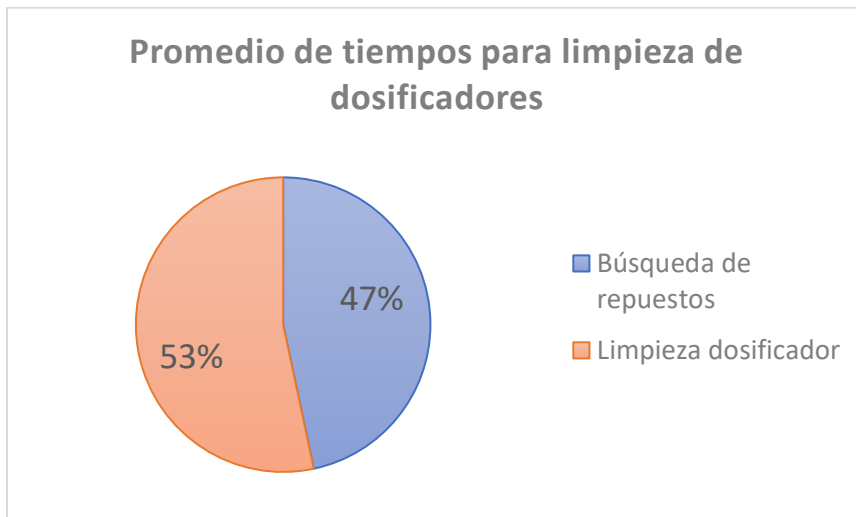
Al momento de realizar la limpieza para el cambio de producto, la tarea que requiere de repuestos y que no se encuentran en el área de la máquina es la limpieza de los dosificadores. Esta tarea en particular requiere que para todas sus limpiezas se cambien los dos tipos de retenedores cuyas medias son 14x20x4 mm y 14x22x4 mm.

**Figura 46**  
 Diagrama OPERIN del proceso de limpieza de dosificadores



Nota. Diagrama OPERIN del proceso de limpieza de dosificadores. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 47**  
 Promedio de tiempo de limpieza de los dosificadores.



Nota. Diagrama de pie del tiempo por actividad. Fuente: Elaboración propia.

En base al diagrama de procesos OPERIN, figura 46 y el diagrama circular, figura 47, se aprecia como el proceso de buscar retenedores representa un total de 28 minutos, siendo este el 47% del tiempo requerido para completar la tarea de la limpieza de los dosificadores. Considerando que tanto la búsqueda de repuestos como la limpieza de los dosificadores son considerados dentro del tiempo total de la limpieza para el cambio de producto y el tiempo que tarda en completarse, se considera que resulta significativo para el aumento del tiempo total.

### 2.3.5.3. Fallas en el sensor de la tolva.

Con relación a las fallas del sensor de la tolva, se aplicó una prueba de Mann-Whitney para establecer la existencia de una diferencia de medianas con el fin de conocer si los tiempos de cuando ocurre alguna falla es al azar o no; para esta prueba se tiene  $\eta_1$  y  $\eta_2$  y representan a los grupos que no presentaron fallas y los que sí presentaron fallas en sus tiempos; en las figuras 19 y 20 se evidencian el resultado obtenido:

#### **Figura 48**

*Prueba de hipótesis de igualdad de medias*

#### **Prueba**

Hipótesis nula  $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alternativa  $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

<b>Método</b>	<b>Valor-W</b>	<b>Valor-P</b>
No ajustado por empates	397.00	0.003
Ajustado por empates	397.00	0.003

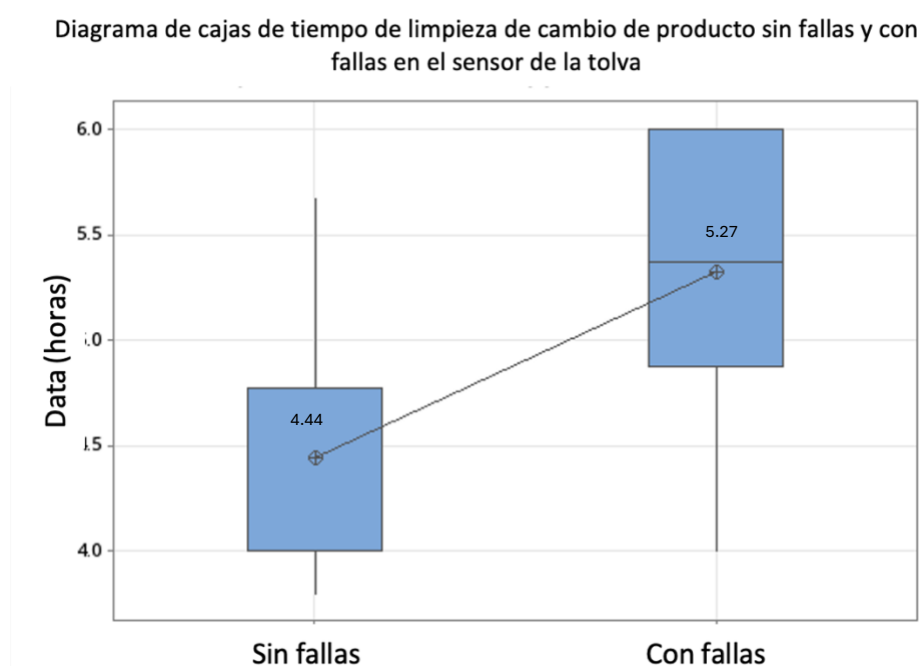
*Nota. Prueba de hipótesis de igualdad de medianas para la causa 3. Fuente: Minitab*

Analizando el resultado del valor-p y que este es menor al nivel de significancia de 0.05, se concluye que existe una diferencia significativa de medianas por lo que, los rangos de los grupos estudiados manejan diferentes distribuciones entre sí.



**Figura 49**

*Diagrama de cajas de tiempo de limpieza de cambio de producto sin fallas y con fallas en el sensor de la tolva*



*Nota. Diagrama de cajas de tiempo de limpieza del cambio de producto cuando no presenta problemas en el sensor de la tolva y cuando si las presenta. Fuente: Minitab.*

Por otra parte, en base al diagrama de cajas de la figura 49, se evidenció que la diferencia de tiempo para ambos grupos estudiados es de alrededor de 50 minutos, siendo una diferencia considerable de medias pues, el tiempo de limpieza del cambio de producto sin fallas es de 4.44 horas mientras cuando hay fallas es de 5.27 horas.

Tanto el resultado de la prueba de Mann Whitney y el diagrama de cajas denotan la existencia de una diferencia en las medias de tiempos por lo que, demuestran que las fallas sí resultan significativas para el aumento del tiempo de inyección de soda y de enjuague inicial ya que, si no tuviera incidencia en el tiempo, los valores fueran cercanos entre sí.

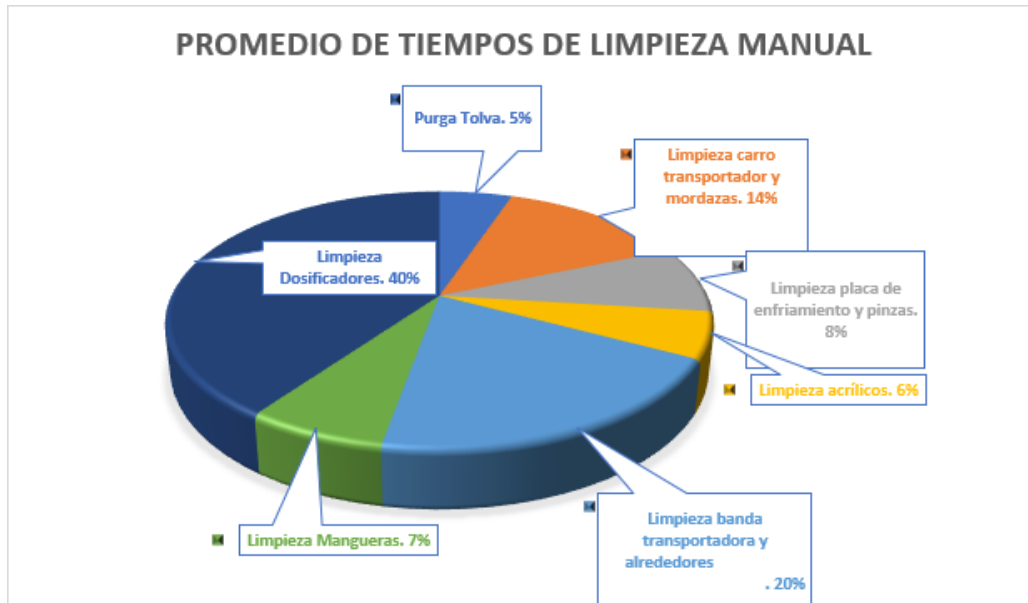
#### **2.3.5.4. La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada.**

Ya que el proceso de limpieza del cambio de producto se compone de dos partes fundamentales, la limpieza CIP y la limpieza COP, para esta última existen varias

actividades, las cuales al ser analizadas y cronometradas se obtuvo su porcentaje de participación en el tiempo total de limpieza programada.

**Figura 50**

*Tiempo promedio de limpieza manual por actividad.*



*Nota. Promedio de tiempo de limpieza manual. Fuente: Elaboración propia.*

Podemos observar que la actividad de limpieza de dosificadores es en promedio el 40% del total del tiempo de limpiezas manuales. Esto se debe a que este proceso requiere de una serie de tareas complejas de armado y desarmado, transporte y cambio de repuestos para cada limpieza.

### **2.3.6. Análisis de los 5 porqués**

Con las causas ya verificadas, se procedió a realizar un análisis de los 5 porqués para identificar las causas raíz del problema:

**Tabla 10**  
*Herramienta 5 porques*

<b>Causa Verificada</b>	<b>Por qué 1</b>	<b>Por qué 2</b>	<b>Por qué 3</b>	<b>Por qué 4</b>	<b>Por qué 5</b>	<b>Causa Raíz</b>
Personas sin el suficiente entrenamiento en el proceso	Porque no han recibido la formación adecuada.	Porque no hay un programa de capacitación establecido.	Porque no se ha identificado la necesidad de formación continua.	Porque no hay un sistema de evaluación de competencias.	Porque el plan de inducción no asegura la idoneidad del operador.	El plan de formación no ha cubierto la población total de la GTA-GTM que apoya el CIP
Fallas en el sensor de la tolva	Porque el sensor no está funcionando correctamente.	Porque no se ha realizado el mantenimiento preventivo necesario.	Porque no hay un programa de mantenimiento preventivo establecido para los sensores.	Porque no se ha priorizado el mantenimiento de los sensores en el plan de mantenimiento general.	Porque no se ha evaluado adecuadamente el impacto de los sensores en el funcionamiento del sistema.	No se ha evaluado el impacto de los sensores en el funcionamiento del sistema.
No hay un stock de materiales de limpieza de dosificadores en el GEMBA	Es necesario buscar repuestos cada vez que se hace limpieza.	No se encuentran en el área de la máquina.	Se encuentran en la bodega de la planta.	No se puede tener repuestos en área de máquina.	Se necesita una OTM conectada a cada limpieza.	Falta de sistema de gestión de repuestos para dosificadores.
La limpieza manual de los dosificadores toma gran cantidad de tiempo de la limpieza planificada.	Los dosificadores tienen mucha dificultad de limpieza.	Intervienen mecánicos y el equipo de mantenimiento.	Los conocimientos sobre dosificadores son dispersos e inconclusos en el equipo.			La guía de limpieza manual no está correctamente estandarizada y tiene un bajo nivel de uso entre los operadores.

*Nota. Herramienta de los 5 porques para cada causa verificada*

## 2.4. Mejora

### 2.4.1. Soluciones propuestas

Con las causas raíz correctamente identificadas, se realizó una serie de propuestas para cada causa, es importante mencionar que para el planteamiento de estas soluciones se evaluó con un equipo con las partes más interesadas para la reducción del tiempo de limpieza en la planta y este estuvo conformado por el coordinador de producción, asistente de producción, coordinador de mantenimiento y el gerente de proyectos:

**Tabla 11**  
*Soluciones propuestas por causa raíz*

Causa Raíz	Solución
El plan de formación no ha cubierto la población total de la GTA-GTM que apoya el CIP	Plan de formación del GTA-GTM a nivel de criterios operativos.
Fallas en el sensor de la tolva	Establecer acciones que solucionen alarmas recurrentes en las limpiezas CIP
Falta de sistema de gestión de repuestos para dosificadores	Establecer un inventario mínimo de materiales necesarios para la limpieza en el GEMBA
La guía de limpieza manual no está correctamente estandarizada y tiene un bajo nivel de uso entre los operadores.	Estandarización del Procedimiento de Limpieza de dosificadores

*Nota. Lista de posibles soluciones para cada causa raíz encontrada*

Durante la reunión con el equipo técnico y de proyectos de la empresa, se concluyó que el proceso es bastante complejo y presenta diversas limitaciones. Una de ellas es que cualquier modificación a los parámetros de limpieza CIP debe ser realizada por un proveedor externo debido a normas de auditoría.

En cuanto a la solución del *plan de formación del GTA-GTM en criterios operativos*, dado que está relacionado con la limpieza CIP, también deberá llevarse a cabo con el apoyo

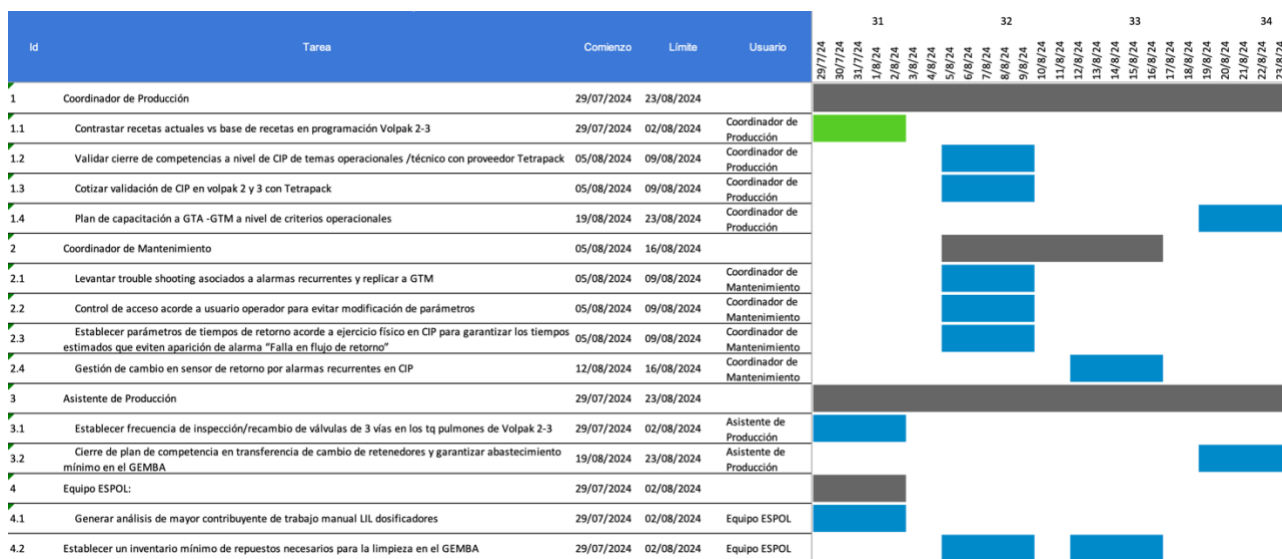
del proveedor externo. No obstante, se espera recopilar datos sobre el nivel actual de los operadores para comparar los resultados antes y después de las capacitaciones.

Para las tres soluciones restantes, la implementación inmediata con el equipo técnico y operativo es más factible, por lo que hemos recibido la aprobación para proceder con su aplicación.

### 2.4.2. Diagrama de GANTT

Cada solución tiene varias actividades previas antes de ser ejecutadas por lo que se realizó un diagrama de Gantt para identificarlas y los tiempos necesarios para cada una de estas.

**Figura 51**  
Diagrama de Gantt para las actividades previas a la implementación de soluciones



Nota. Diagrama de GANTT con las actividades y responsables.

### 2.5. Implementación

El plan de implementación de soluciones se desarrolló en función de las causas raíz identificadas y las soluciones propuestas. Se consideró la importancia de cada factor en la variable de respuesta "Tiempo de limpieza durante el cambio de producto". El enfoque de implementación fue socializado con el equipo de la empresa, teniendo en cuenta que está

sujeta a regulaciones de auditoría y proveedores. Por lo tanto, cada solución tiene un responsable diferente, asignado según la complejidad de esta, puede revisar la tabla 24 en apéndices.

### **2.5.1. Plan de formación del GTA-GTM a nivel de criterios operativos**

Si bien con la información levantada con respecto a modos correctivos para las diferentes fallas presentadas en la planta de alimentos es capaz de brindar capacitación a GTA y GTM se prefirió que la capacitación sea brindada por un proveedor externo dado su experiencia y conocimiento especializado garantizaría las mejores prácticas con respecto a qué hacer antes, durante y después de la limpieza CIP. Por otra parte, el que sea alguien externo a la planta permite tener una visión imparcial de lo que realmente sucede y poder identificar no solo acciones correctivas ante la presencia de fallas sino también acciones de mejora para evitar que estas sucedan en su totalidad.

Considerando que la capacitación busca corregir desde los aspectos más pequeños hasta temas más complejos, el contenido sería:

- Operación del módulo según el OM.
- Uso del manual y documentación
- Componentes y funcionamiento del módulo
- Cuidados diarios y semanales
- Ejercicios prácticos
- Precauciones de seguridad
- Evaluación del aprendizaje

La capacitación es por un proveedor externo de la empresa, el cual fue contactado y cotizó los temas a tratar en la capacitación y los costos asociados.

La duración de la capacitación es de 2 días de 8 a.m. a 5 p.m., los recursos necesarios son, agua, producto, máquina sin defectos y parada, repuestos, finalmente el tiempo necesario para que los capacitadores acudan a planta es de 6 semanas.

El precio de la capacitación por el proveedor es de €9,582.00 es decir \$10,720.15

Una limitante de esta capacitación es que se prevé que comience en aproximadamente seis semanas, por lo que el equipo de ESPOL no estará presente debido a la finalización del proyecto. Sin embargo, se recopiló información sobre el nivel actual de los operadores en habilidades técnicas clave para el proceso de limpieza durante el cambio de producto. Junto con el coordinador de producción del área, se realizó una evaluación de cada operador, basada en los criterios de la tabla 25 en apéndices.

Mediante la calificación se obtuvieron los siguientes resultados por operador:

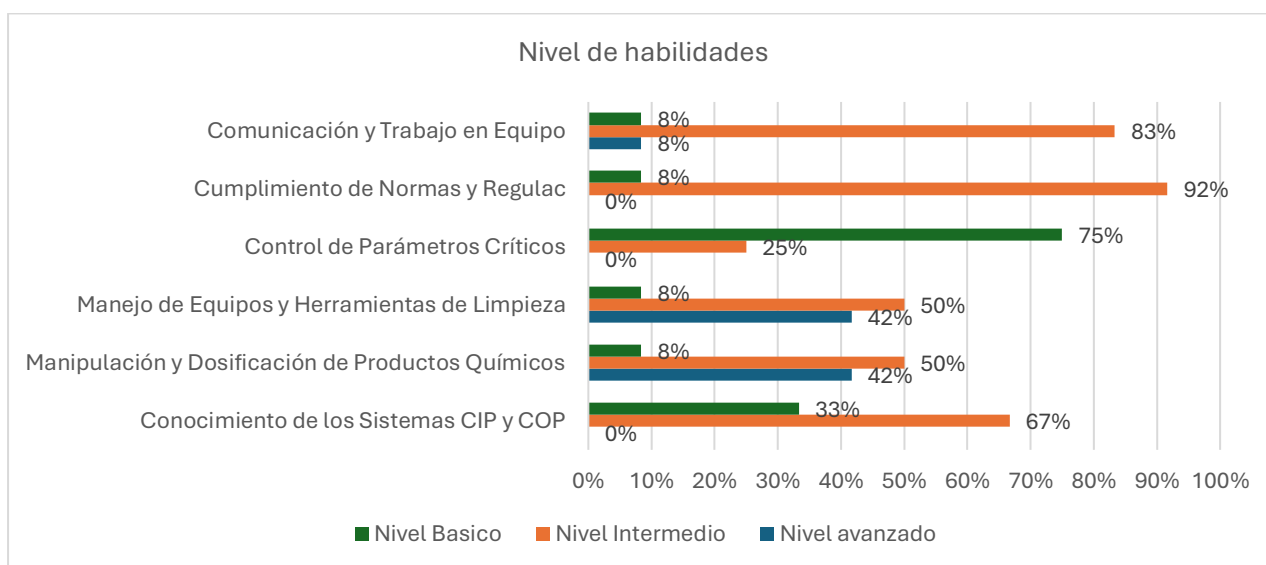
**Tabla 12**

*Matriz de habilidades para limpieza durante el cambio de producto*

<b>Nombre de usuario</b>	<b>Conocimiento de los Sistemas CIP y COP</b>	<b>Manipulación y Dosificación de Productos Químicos</b>	<b>Manejo de Equipos y Herramientas de Limpieza</b>	<b>Control de Parámetros Críticos</b>	<b>Cumplimiento de Normas y Regulaciones</b>	<b>Comunicación y Trabajo en Equipo</b>
Operador 1	Nivel Intermedio	Nivel avanzado	Nivel avanzado	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 2	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 3	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 4	Nivel Intermedio	Nivel avanzado	Nivel avanzado	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel avanzado
Operador 5	Nivel Intermedio	Nivel avanzado	Nivel avanzado	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 6	Nivel Intermedio	Nivel avanzado	Nivel avanzado	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 7	Nivel Básico	Nivel Básico	Nivel Básico	Nivel Básico	Nivel Básico	Nivel Básico
Operador 8	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio

Operador 9	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 10	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 11	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio
Operador 12	Nivel Intermedio	Nivel avanzado	Nivel avanzado	Nivel Básico	Nivel Intermedio	Nivel Intermedio

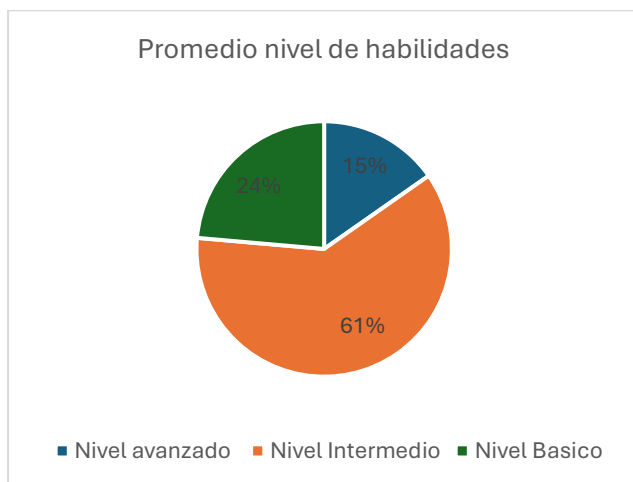
**Figura 52**  
Nivel por habilidad



En la figura 53 analizamos el promedio del nivel que tienen los 12 operadores calificados en las 6 habilidades técnicas principales para la limpieza durante el cambio de producto. Las habilidades de *comunicación y trabajo en equipo* y *cumplimiento de normas y regulaciones* son las que se destacan por su nivel intermedio, sin embargo, el nivel avanzado no destaca en ninguna de las habilidades evaluadas.



**Figura 53**  
Promedio de nivel de habilidades



En la figura 54 se analiza que la mayoría de los operadores se encuentran en un nivel intermedio en habilidades para la limpieza durante el cambio de producto, seguido del nivel básico y finalmente el nivel avanzado.

Se espera que después de la capacitación del proveedor externo los niveles de cada operador suban a los siguientes:

**Tabla 13**  
Nivel esperado de cada habilidad después de las capacitaciones.

Habilidades técnicas clave	Nivel esperado
Conocimiento de los Sistemas CIP y COP	Nivel Avanzado
Manipulación y Dosificación de Productos Químicos	Nivel Intermedio
Manejo de Equipos y Herramientas de Limpieza	Nivel Avanzado
Control de Parámetros Críticos	Nivel Intermedio

---

**Cumplimiento de Normas y Regulaciones** Nivel Avanzado

---

**Comunicación y Trabajo en Equipo** Nivel Avanzado

---

*Nota. El nivel esperado de cada habilidad se lo definió con los coordinadores de producción y mantenimiento.*

### 2.5.2. Establecer acciones que solucionen alarmas recurrentes en las limpiezas CIP

Las siguientes tablas son una comparación de parámetros del año 2022 en donde se inició con la receta CIP y el año actual, para la limpieza de tanque pulmón CC04 en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Comparación de parámetros de limpieza CIP en 2022 vs 2024 para el ciclo CC04*

	2022		2024	
	Tiempo de enjuague	240 s	Tiempo de enjuague	240 s
	Set point temperatura pre enjuague	10 °C	Set point temperatura pre enjuague	10 °C
	Tiempo enjuague intermedio	240 s	Tiempo enjuague intermedio	240 s
	Set point temperatura enjuague intermedio	20 °C	Set point temperatura enjuague intermedio	20 °C
	<b>Tiempo soda</b>	<b>240 s</b>	<b>Tiempo soda</b>	<b>360 s</b>
	Set point temperatura soda	75 °C	Set point temperatura soda	75 °C
CC04	Tiempo soda drenaje	0 s	Tiempo soda drenaje	0 s
	Tiempo acido	180 s	Tiempo acido	180 s
	Set point temperatura acido	70 °C	Set point temperatura acido	70 °C
	Tiempo acido al drenaje	0 s	Tiempo acido al drenaje	0 s
	Tiempo de enjuague final	540 s	Tiempo de enjuague final	540 s
	Set point temperatura enjuague final	20 °C	Set point temperatura enjuague final	20 °C
	Tiempo agua caliente	600 s	Tiempo agua caliente	600 s
	Set point temperatura agua caliente	75 °C	Set point temperatura agua caliente	75 °C

La misma comparación es hecha para la limpieza de la maquina CC05 en la tabla 15:

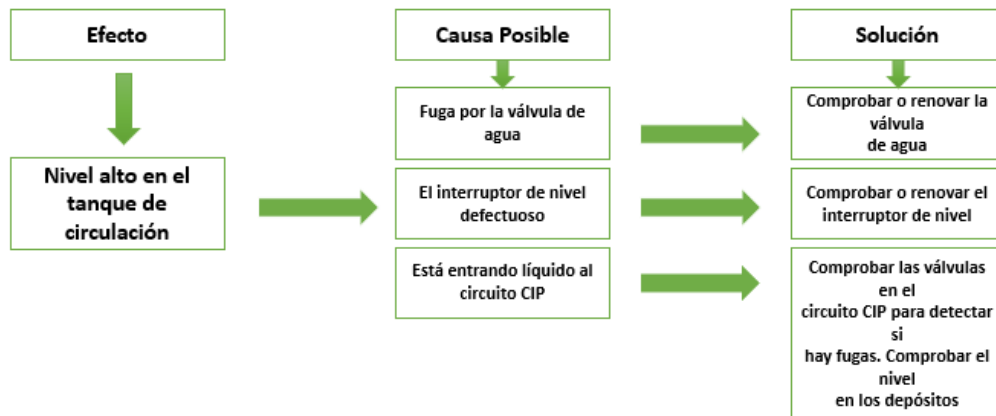
**Tabla 15***Comparación de parámetros de limpieza CIP en 2022 vs 2024 para el ciclo CC05*

	2022		2024	
	Tiempo de enjuague	240 s	Tiempo de enjuague	240 s
	Set point temperatura pre enjuague	10 °C	Set point temperatura pre enjuague	10 °C
	Tiempo enjuague intermedio	180 s	Tiempo enjuague intermedio	180 s
	Set point temperatura enjuague intermedio	20 °C	Set point temperatura enjuague intermedio	20 °C
	<b>Tiempo soda</b>	<b>240 s</b>	<b>Tiempo soda</b>	<b>360 s</b>
	Set point temperatura soda	70 °C	Set point temperatura soda	70 °C
CC05	Tiempo soda drenaje	0 s	Tiempo soda drenaje	0 s
	Tiempo acido	180 s	Tiempo acido	180 s
	Set point temperatura acido	70 °C	Set point temperatura acido	70 °C
	Tiempo acido al drenaje	0 s	Tiempo acido al drenaje	0 s
	Tiempo de enjuague final	540 s	Tiempo de enjuague final	540 s
	Set point temperatura enjuague final	20 °C	Set point temperatura enjuague final	20 °C
	Tiempo agua caliente	600 s	Tiempo agua caliente	600 s
	Set point temperatura agua caliente	75 °C	Set point temperatura agua caliente	75 °C

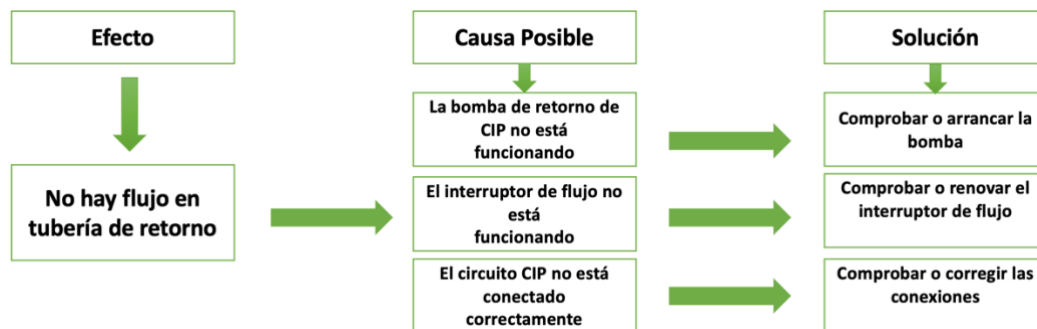
Se identificó que los parámetros de tiempo de la soda han experimentado cambios respecto a la receta original, lo que ha generado algunas alarmas debido a que no se está siguiendo la configuración previamente establecida en la limpieza CIP. En colaboración con el coordinador técnico de la empresa, se llevó a cabo un troubleshooting de las alarmas más recurrentes, y los resultados se compartieron con el equipo técnico y operativo para asegurar que todos conozcan las acciones correspondientes a cada alarma.

**Figura 54**

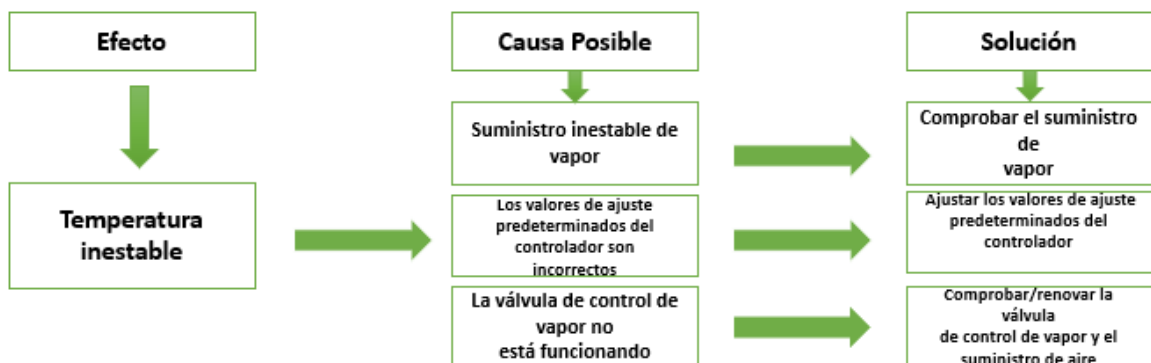
Acciones para la alarma "Nivel alto en el tanque de circulación"

**Figura 55**

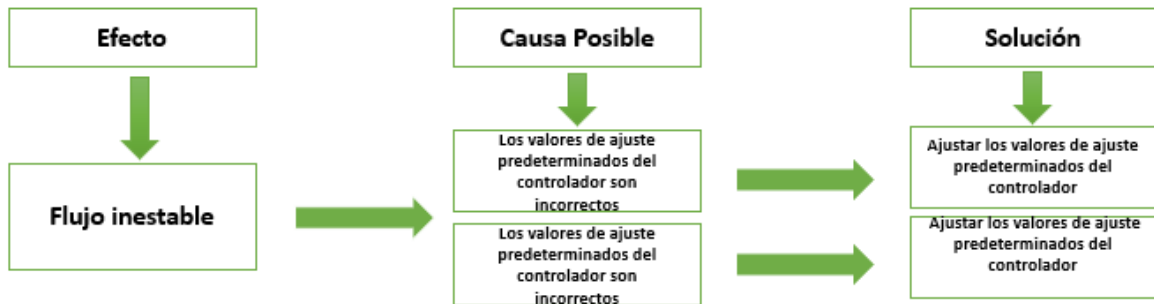
Acciones para la alarma "No hay flujo en tubería de retorno"

**Figura 56**

Acciones para alarma "Temperatura inestable"



**Figura 57**  
Acciones para alarma "Flujo inestable"



El troubleshooting se enfocó en las alarmas más recurrentes durante el proceso de limpieza, se compartió la información levantada durante una reunión con el cuerpo operativo y se imprimió y emplastificó las figuras 55, 56, 57, y 58 anteriormente presentadas para colocarlas en estación de control de cada línea con el fin de que los operadores puedan recurrir a ellas cuando lo necesiten.

En la siguiente limpieza de cambio de producto se levantó la alarma "Flujo de tubería de retorno" a los 35 minutos de haber comenzado la limpieza. Como se observa en la figura 59 el operador técnico consulto el troubleshooting para discernir la posible solución.

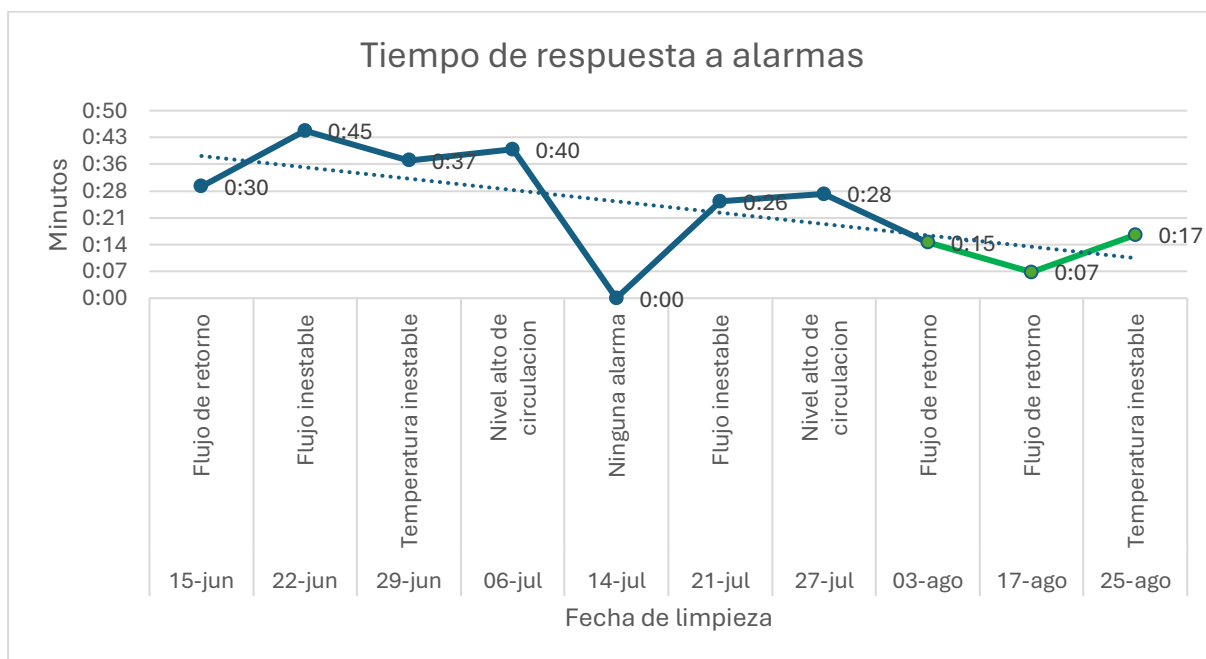
**Figura 58**  
Operador técnico con el uso del troubleshooting ajustó la bomba de la maquina debido a la alarma presentada



Finalmente, el operador decidió verificar la bomba de la máquina y ajustó su frecuencia para evitar que el flujo de retorno sobrepase la tolva. Este proceso le tomó aproximadamente 7 minutos.

Finalmente, la figura 60 muestra el tiempo aproximado de respuesta a las alarmas desde el inicio del proyecto en junio de este año. Las mejoras se implementaron a partir de principio de agosto.

**Figura 59**  
*Tiempo de respuesta de alarmas*



El tiempo de respuesta aproximado de los operadores técnicos ante las alarmas de limpieza CIP ha disminuido significativamente, reduciéndose de un máximo de 45 minutos a un promedio de 13 minutos.

**2.5.3. Estandarización del Procedimiento de Limpieza de dosificadores**

Se decidió actualizar la guía de limpieza manual para la limpieza del cambio de producto, enfocándose específicamente en la tarea más compleja y que demanda mayor tiempo: la limpieza de los dosificadores. Es importante mencionar que, tanto para la limpieza de los dosificadores como para el resto de los procesos, no hay ningún tiempo detallado para

cada una tarea que lo conforma, sólo hay un tiempo total estimado. Las siguientes tablas se las puede encontrar en apéndices, en la tabla 26 se detallan las actividades cronológicas realizadas por los operadores y técnicos durante la limpieza de los dosificadores a excepción de los tiempos que se dan por la búsqueda de los repuestos, la verificación de si estas actividades están incluidas en la guía de limpieza actual, en la tabla 27 se identificaron los desperdicios asociados a cada actividad y finalmente en la tabla 28 se clasificaron según el valor que aportan a la operación.

Los siguientes datos de tiempo fueron previos a cualquier implementación de soluciones y considerando que, una de las soluciones planteadas fue el tener el inventario de repuestos junto a la máquina, esta actividad ya no es considerada.

En función a lo previamente mencionado, el tiempo real de actividades es de 1:13:00 superando en 53 minutos lo que indica el manual de limpieza actual.

**Figura 60**

*Porcentaje de actividades documentadas y no documentadas en la limpieza de los dosificadores*




Segregando a los diferentes tiempos de las actividades, la figura 61 se identifica el porcentaje de tiempo para actividades documentadas y no documentadas en manual de limpieza elaborado por la empresa.

Fue necesario una actualización de la guía de limpieza para la limpieza de sistema de dosificación, vástago y dosificadores, la guía actual de limpieza contaba con 11 actividades con un tiempo de planificación de 25 minutos, durante el levantamiento de información se registraron 29 actividades en un tiempo promedio de 1 hora y 40 minutos, agilizando e implementando mejoras en el proceso paso a 14 actividades y un tiempo planificado de 45 minutos.

**Figura 61**

*Nueva guía de limpieza para el sistema de dosificación/vástagos dosificadores*

Proceso	Limpieza Dosificadores		
Fecha verificación:			
N	FOTO ESTÁNDAR	SISTEMA/COMPONENTE	ACTIVIDAD DE LIMPIEZA (MÉTODO)
CAMBIO DE PRODUCTO 11		<b>SISTEMA DE DOSIFICACION/VÁSTAGOS DOSIFICADORES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocación de EPP's</li> <li>2. Se para máquina presionando BOTÓN ROJO DE PARO</li> <li>3. Se aplica L.O.T.O.</li> <li>4. Se cierra la llave de paso de alimentación</li> <li>5. En panel de control se selecciona la opción LIBERAR PUERTAS. Luego se abre puerta derecha. Inspección del Punto SHE 25, 26,</li> <li>6. Cerrar la manguera de aire comprimido</li> <li>7. Se desmontan las mangueras de dosificación</li> <li>8. Desmontar Dosificador con Allen 5</li> <li>9. Aflojar vástago, boquilla y retenedores</li> <li>10. Enjuagar con abundante agua hasta verificar que no queden residuos de químico y producto</li> <li>11. Cambiar siempre retenedores, y vástago y boquilla en caso de ser necesario. (colocar los retenedores en el Vástago y colocarlo en el dosificador</li> <li>12. Verificación de funcionalidad ( apertura y cierre manual, aire comprimido en el vástago y funcionamiento del cilindro neumático)</li> <li>13. Desinfectar dosificadores ya armados</li> <li>14. Montar el dosificador con la brida de partida en la máquina</li> </ol>

Se actualizo los pasos para la limpieza de dosificadores en la guía de limpieza, documentando las actividades necesarias con tiempo planificado de 45 minutos.



El uso de la lavandería es de vital importancia durante la limpieza de los dosificadores es por esto por lo que para agilizar el proceso se implementó dos gavetas, una que contiene el químico para la limpieza el dosificador, junto con un cepillo para retirar los restos de productos de forma más sencilla, la segunda gaveta es para realizar el enjuague. Esto permitió agilizar el proceso de limpieza de las partes de los dosificadores y reducir el consumo de agua.

**Figura 62**

*Cepillos para la limpieza de retenedores*



**Figura 63**

*Balde para la contención de químicos de limpieza y agua*



Finalmente, es importante seguir con el sistema de 5S ya implementado, el cual ayuda a seguir un orden con respecto a dónde ubicar cada una de las herramientas, reduciendo el tiempo de búsqueda.

## 2.5.4. Establecer un inventario mínimo de materiales necesarios para la limpieza en el GEMBA

### 2.5.4.1. Clasificación ABC.

Se seleccionó la actividad de limpieza de dosificadores puesto que es el proceso que representa la mayor cantidad de la limpieza programada. Se definió el tipo de categoría tomando en cuenta la frecuencia de consumo de estas.

Categoría A: Artículos que representan aproximadamente el 70-80% de la frecuencia total de consumo anual (el primer 10-20% de los artículos).

Categoría B: Artículos que representan el siguiente 15-25% de la frecuencia total de consumo anual (aproximadamente el siguiente 30% de los artículos).

Categoría C: Artículos que representan el último 5-10% de la frecuencia total de consumo anual (aproximadamente el último 50% de los artículos).

**Tabla 16**  
Clasificación ABC de los materiales de limpieza de los dosificadores

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FORMA DE ALMACENAMIENTO	FRECUENCIA DE CONSUMO ANUAL	FRECUENCIA DE CONSUMO ACUMULATIVA	PORCENTAJE ACUMULATIVO	CATEGORÍA
10521	Retened or 14x20x4	unidad	Gavetas	208	208	13%	<b>A</b>
10521	Retened or 14x22x4	unidad	Gavetas	208	416	25%	<b>A</b>
10476	Boquilla Volpak 3, 200	unidad	Gavetas	55	471	29%	<b>B</b>
10476	Vástago Volpak 3, 200	unidad	Gavetas	67	538	33%	<b>B</b>
<b>TOTAL</b>					1633	100%	

*Nota. Categorización ABC de los materiales.*

Se definió los dos tipos de retenedores como materiales de tipo A debido a que son los que más se consumen en las limpiezas y las boquillas y vástago como materiales de tipo B.

#### 2.5.4.2. Política de inventario (s,S,R) Productos tipo A.

La siguiente tabla es información de tiempo de entrega, revisión, nivel de servicio y la variación de la demanda diaria de cada tipo de retenedor.

**Tabla 17**

*Parámetros de materiales tipo A*

<b>Demanda anual (D)</b>	208	Unidades
<b>Periodo de revisión R</b>	1	Semanas
<b>Nivel de servicio (SL)</b>	90%	
<b>Z</b>	1,28	

*Nota. Información de los materiales de limpieza tipo A.*

Con la información de la tabla se pudo calcular métricas necesarias para hacer la política de inventario de los retenedores

$$\text{Demanda diaria } (d) = \frac{D}{365} \quad (2.2)$$

$$\text{Demanda } (R + L) = d * (R + L) \quad (2.3)$$

$$\sigma(R + L) = \text{desviación diaria} * \sqrt{R + L} \quad (2.4)$$

$$\text{Stock de seguridad } (SS) = Z * \sigma(R + L) \quad (2.5)$$

$$\text{Nivel de reorden } (s) = \text{Demanda}(R + L) + SS \quad (2.6)$$

$$\text{Stock mínimo } (s) = d + SS \quad (2.7)$$

$$\text{Stock máximo } (S) = s + \text{lote pedido} \quad (2.8)$$

Como se mencionó, esta política de inventario solo es para los dos tipos de retenedores, en la siguiente tabla se puede observar la identificación de cada uno de estos, al

usar dos retenedores por cada dosificador su demanda es igual, al igual que su stock de seguridad, nivel de reorden y nivel objetivo.

**Tabla 18**  
*Política de inventario materiales A*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Demand a semanal	Demand a (R+L)	Desviaci ón (R+L)	Stock de segurida d (SS)	Nivel de reorde n (s)	Stock mínim o	Stock máxim o
1052143 01	Retenedor 14x20x4	4	8	2,24	2,86	10,86	6,86	46,86
1052141 29	Retenedor 14x22x4	4	28	3,16	4,05	32,05	8,05	48,05

**Tabla 19**  
*Resumen de los retenedores necesarios por semana*

Retenedores por mes				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Stock de seguridad (SS)	Stock mínimo	Stock máximo
105214301	Retenedor 14x20x4	4,00	8,00	48,00
105214129	Retenedor 14x22x4	4,00	8,00	48,00

Adicional para que sea más fácil para el operador y debido a que son ítems de frecuente consumo se decidió hacer un semáforo de reabastecimiento para facilitar la visualización del proceso, mediante el uso de la herramienta de comunicación Lección de un punto (LUP) para la transferencia de conocimientos sobre el nivel de inventario óptimo y cuando es el momento ideal de levantar un pedido, figura 64.

**Figura 64**

*Lección de un punto sobre el nuevo sistema de inventario de los retenedores en el GEMBA*

LECCIÓN DE UN PUNTO					
TEMA:	Limpieza de Sistema de Dosificadores			CONSECUTIVO No.:	
				FECHA PREPARACIÓN:	28/08/2024
CREADA POR:	EQUIPO ESPOL	ÁREA:		RESPONSABLE DEL ÁREA:	NOMBRE DEL EXPERTO DEL TEMA:
LÍNEA:	SS.FF	EQUIPO:	TODOS		
CLASIFICACIÓN:	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimiento Básico	<input type="checkbox"/> Casos de problema	<input type="checkbox"/> Transferencia de actividades	FIRMA RESPONSABLE DEL ÁREA:	FIRMA EXPERTO DEL TEMA:
PILAR/GRUPO QUE GENERA LA LUP:	<input checked="" type="checkbox"/> MEY <input type="checkbox"/> FHE <input type="checkbox"/> GA TI <input type="checkbox"/> CI CA <input type="checkbox"/> RHE <input type="checkbox"/> GA <input type="checkbox"/> STA <input type="checkbox"/> CDM <input type="checkbox"/> CI <input type="checkbox"/> OTRO				
¿ PORQUE SE GENERA LA LUP? :	Nuevo almacenamiento de inventario				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <h2>¡RECUERDA!</h2> <p>ASEGURATE QUE NO QUEDEN RESTOS DE PRODUCTOS EN LAS PARTES DEL DOSIFICADOR</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>PARA QUE NO PIERDAS TIEMPO HAY UN INVENTARIO DE RETENEDORES EN LOS ARMARIOS DE VOLPAK</p> <p>CUANDO LLEGUES AL COLOR AMARILLO, RECUERDA PEDIR AL TALLER MECÁNICO UN REABASTECIMIENTO DE RETENEDORES</p> </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">0681.RRHH.REC.000</p>					

$$Stock\ máximo\ (nivel\ verde) = stock\ actual \geq stock\ mínimo \quad (2.9)$$

$$Stock\ bajo\ (nivel\ amarillo) = stock\ actual \leq stock\ minimo \quad (2.10)$$

$$Stock\ bajo\ (nivel\ rojo) = stock\ mínimo \leq stock\ actual \geq stock\ seguridad \quad (2.11)$$

**Figura 65**

*Control visual de los retenedores*

RETENEDORES
BIEN
REABASTECER
REABASTECER URGENTE

En la figura 65 el nivel verde significa que tienen suficientes retenedores para realizar las limpiezas de las dos líneas de envase de salsas frías durante 1 mes, el nivel amarillo es un

indicativo de que se debe realizar el pedido de reabastecimiento a bodega, finalmente el nivel rojo indica la urgencia del reabastecimiento.

**Figura 66**

*Stock de retenedores en piso*



*Nota. Existen dos dosificadores en cada línea de envasado por lo que se necesitan dos tipos diferentes de retenedores para cada línea.*

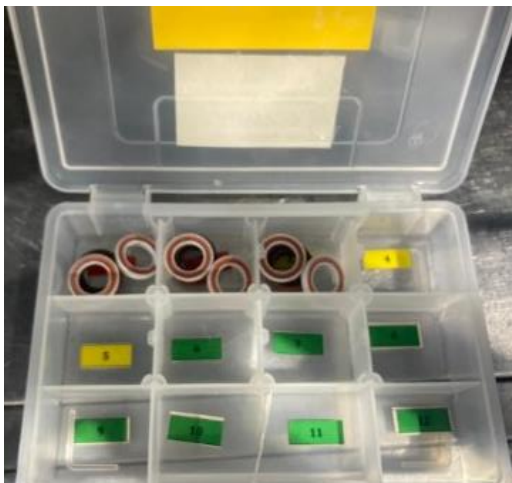
Se colocó los dos tipos de retenedores necesarios para los dosificadores de cada línea.

Se colocó una caja en el armario de la línea volpak 2, y otra para el armario de la línea volpak

3.

**Figura 67**

*Cajas de inventario de retenedores*



Cada caja fue adecuada con 12 cavidades para la colocación de los dos retenedores necesarios, uno por cada tipo, para 12 limpiezas en el mes.

### 2.5.4.3. Política de inventario (s,R,Q) Productos tipo B.

Para los materiales boquilla y vástago, definidos como tipo B por su frecuencia de consumo, se decidió hacer una política de inventario distinta, su periodo de revisión será cada dos meses y su stock mínimo y máximo son datos ya proporcionados por la bodega de la empresa.

$$\text{Stock de seguridad}(SS) = 0.2 * s \quad (2.12)$$

$$\text{Cantidad de pedido } (Q) = S - s \quad (2.13)$$

$$\text{Stock mínimo } (s) = d + SS \quad (2.14)$$

$$\text{Stock máximo } (S) = s + \text{lote pedido} \quad (2.15)$$

**Tabla 20**  
Política de inventario materiales B

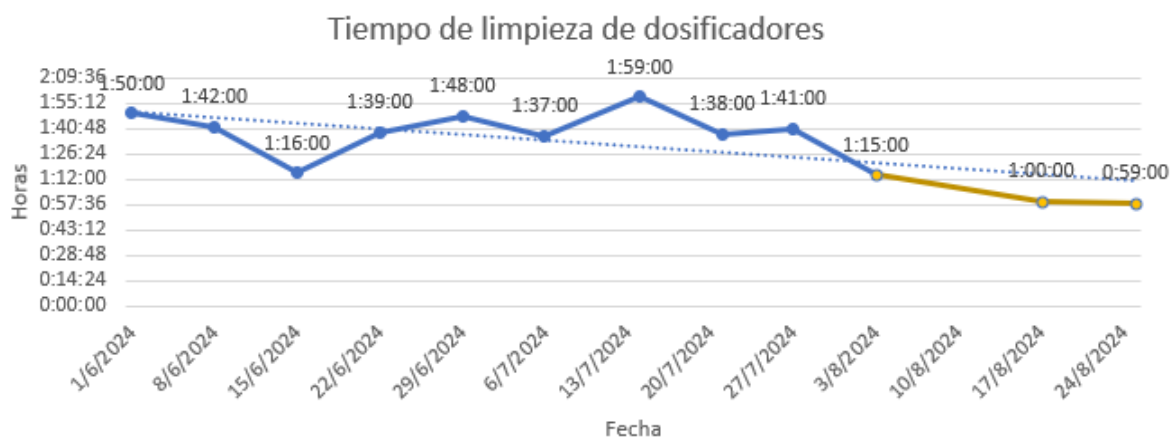
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Demanda anual	Demanda semanal	Stock mínimo (s)	Stock máximo (S)	Cantidad de pedido Q	Stock de seguridad (SS) 20%	Stock mínimo Gemb	Stock máximo Gemb
Boquilla									
1047659 72	Volpak 3, 200 gramos	55	1,057	3	4	1	0,6	1	2
Vástago									
1047659 73	Volpak 3, 200 gramos	67	1,288	3	4	1	0,6	1	2

Para los siguientes ítems debido a su bajo frecuencia de consumo se decidió agregar gavetas en el cuarto de técnicos en lugar del armario cercano a las líneas debido a que el equipo técnico es el responsable de la reposición de estos componentes en caso de que estén defectuosos.

Finalmente, en la figura 68 evidenciamos el decrecimiento del tiempo de limpieza de dosificadores desde agosto del presente año cuando se implementó la política de inventario para retenedores, vástago y boquilla.

**Figura 68**

*Tiempo de limpieza de dosificadores a lo largo de este proyecto*



## 2.6. Costos

La implementación de las soluciones llevadas a cabo por el equipo ESPOL fueron asumidas por la empresa y se describen en la tabla 21:

**Tabla 21**

*Costos de implementación de las soluciones*

<b>Costos de implementación</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Impresiones de tarjetas	\$ 2,05	6	\$ 12,30
Material de oficina: carpetas	\$ 2,06	2	\$ 4,12
Emplastar tarjetas	\$ 1,00	6	\$ 6,00
Señalización con etiquetadora	\$ 1,00	4	\$ 4,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$26,42</b>



## **Capítulo 3**

### 3.1. Resultado de las soluciones

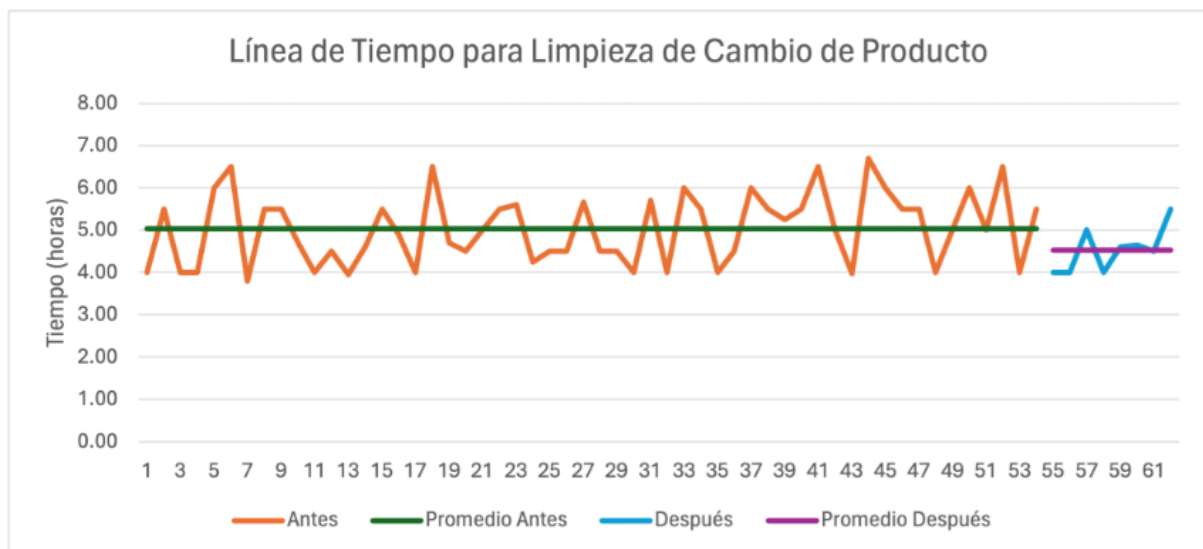
En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la implementación de las soluciones en las líneas Volpak 2 y Volpak 3 con el objetivo de reducir el tiempo de limpieza durante el cambio de producto. Los resultados presentados serán comparando las situaciones al inicio del proyecto versus la situación después de implementar las mejoras propuestas.

#### 3.1.1. Mejoras del proceso: Serie de tiempo

En la figura 69 se muestran las limpiezas de cambio de producto antes de las mejoras, puntos del 1 al 54, y después de aplicar las mejoras, puntos del 55 a 62, se presenció una importante disminución en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto, disminuyó la variabilidad y mejoró la estabilidad del proceso.

**Figura 69**

*Línea de tiempo de Tiempo de Limpieza de Cambio de Producto*

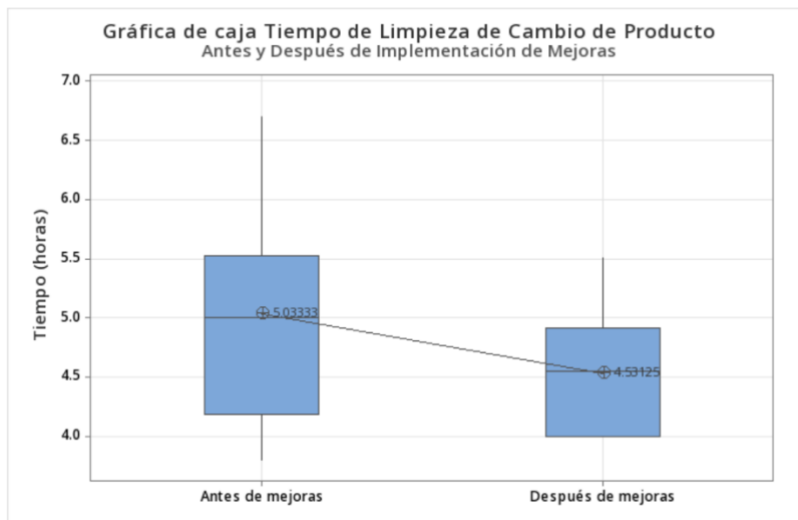


El promedio de tiempo de limpieza durante el cambio de producto al inicio de este proyecto inicio siendo alrededor de 5.03 horas, después de la implementación de las mejoras paso a ser de 4,53 horas.

Por otra parte, en la figura 70 se tiene un diagrama de cajas que compara la situación antes y después de las mejoras, se logró una disminución de 0.5 horas en el tiempo total de limpieza de cambio de producto.

**Figura 70**

*Gráfica de caja para comparar tiempos antes y después de mejoras implementadas*

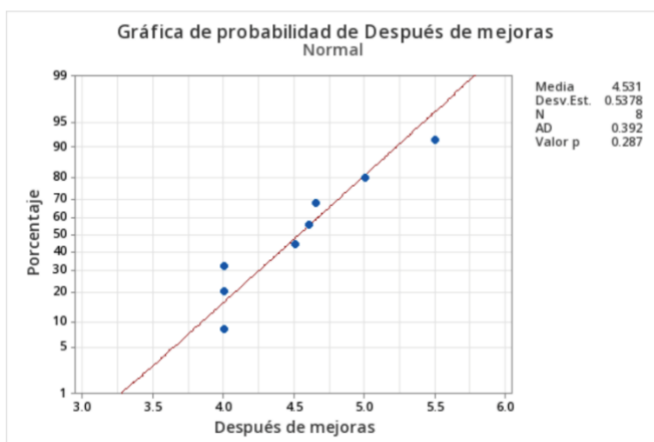


### 3.1.2. Prueba de normalidad

Aplicando la prueba de normalidad para los nuevos datos de limpieza de cambio de producto, como se puede apreciar en la figura 71, por el valor AD, AP y la distribución de los datos en las gráficas, se puede indicar que estos datos presentan una distribución normal

**Figura 71**

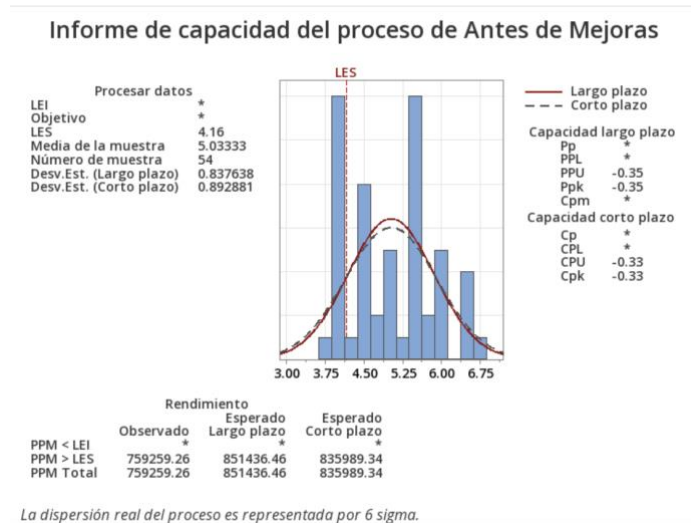
*Prueba de normalidad para datos de tiempo de limpieza después de aplicación de mejoras.*



### 3.1.3. Análisis de capacidad

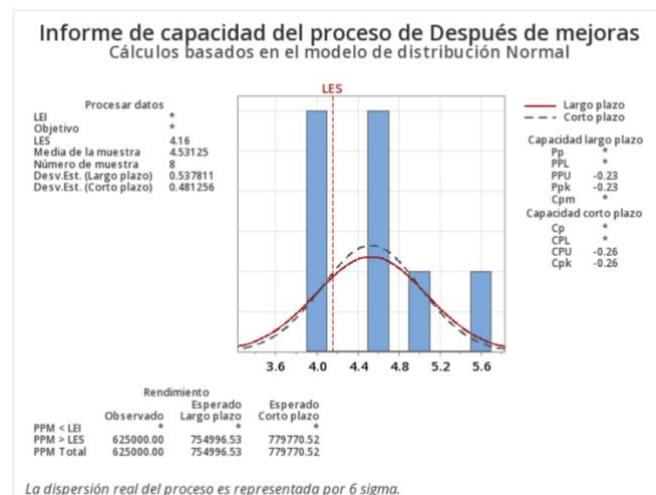
El análisis de capacidad se lo hizo para datos no paramétricos y se lo puede observar en la figura 73, la figura 72 es el análisis de capacidad realizado en la etapa de medición antes de la implementación de mejoras.

**Figura 72**  
Análisis de Capacidad previo a aplicación de mejoras



Se concluyó que el proceso antes de la implementación de mejoras es un proceso con alta variabilidad y se lo definió como un proceso no capaz.

**Figura 73**  
Análisis de Capacidad con mejoras aplicadas



Comparando los resultados de la figura 72 y la figura 73, si bien el proceso actual sigue sin definirse como capaz y sigue teniendo un Cpk negativo, ha logrado aumentar su valor y es más cercano al límite establecido de 4.16 horas y con menor variabilidad en sus datos.

El tamaño de muestra que se analiza luego de las mejoras es de 8 limpiezas, se espera que conforme pase el tiempo el proceso se estabilice y llegue a ser un proceso capaz.

### 3.2. Triple impacto

El concepto de triple impacto se refiere a una forma de medir el éxito en este caso del proyecto presentado, no solo en términos económicos, sino también en cuanto a su impacto social y ambiental.

#### 3.2.1. Ambiental

Para el aspecto ambiental se detalla consumo promedio de agua en el área de salsas frías en la tabla 22

**Tabla 22**

*Consumo de agua antes y después de implementación de mejoras*

Consumo de agua en m <sup>3</sup>	2023	2024
<b>Enero – Agosto</b>	424.00	421.92

Se realizó una comparación del consumo de agua en el área de salsas frías, en el año 2023 de enero a agosto se tuvo un consumo de 424 m<sup>3</sup> de agua, para 2024 en los mismos meses se tuvo un consumo de 421,92 m<sup>3</sup> de agua. Tuvo una reducción de 2.08 m<sup>3</sup> de agua.

### 3.2.2. Económico

Para el impacto económico se considera el ahorro de tiempo de limpieza de cambio de producto pues, este tiempo ahorrado permite que la máquina se encuentre más tiempo produciendo.

$$Tasa\ de\ producción = \frac{Número\ promedio\ de\ cajas\ producidas}{Tiempo\ total} = \frac{530\ cajas}{7.5\ horas} \quad (3.1)$$

$$Tasa\ de\ producción = 70.67 \frac{cajas}{hora}$$

Considerando que el ahorro de tiempo fue de 0.5 horas, las cajas adicionales que se pueden producir es

$$Cajas\ adicionales = Tiempo\ promedio\ ahorrado * Tasa\ de\ producción \quad (3.2)$$

$$Cajas\ adicionales = 0.5\ horas * 70.67 \frac{cajas}{hora} = 33.67\ cajas$$

Con el tiempo ahorrado, las máquinas son capaces de producir 33.67 cajas adicionales

### 3.2.3. Social

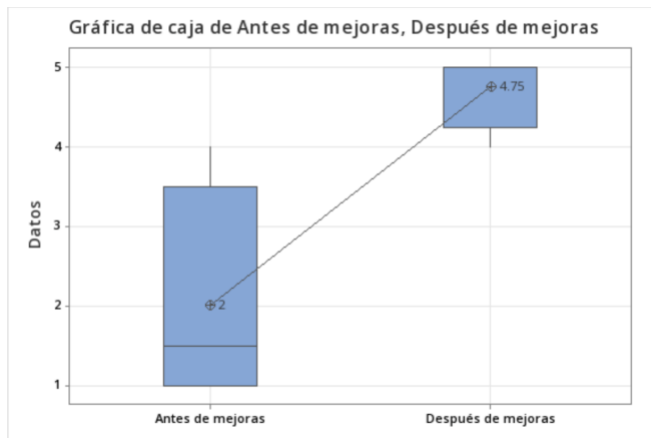
Analizando el nivel de satisfacción de empleados encargados en realizar la limpieza durante el cambio de producto cuya fórmula es la 3.3 y que busca evaluar el grado de satisfacción o estrés que sienten hacia su trabajo siendo 1 el nivel más bajo y 5 el nivel más alto, se comparó antes y después de implementar las mejoras:

$$Satisfacción\ empleados\ previa = \frac{1 + 4 + 1 + 2}{4} = 2 \quad (3.3)$$

$$Satisfacción\ empleados\ actual = \frac{5 + 5 + 4 + 5}{4} = 4.75$$

**Figura 74**

*Diagrama de cajas de la satisfacción de los operadores antes y después de la implementación de mejoras*



Al inicio de este proyecto la satisfacción de los operadores ante el proceso de cambio de producto era en promedio de 2 puntos, después de la implementación de mejoras subió a 4.75 puntos de 5.

Y para conocer el cambio en el nivel de satisfacción generado se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de cambio} = \frac{\text{Satisfacción después} - \text{Satisfacción antes}}{\text{Satisfacción antes}} * 100 \quad (3.4)$$

$$\text{Porcentaje de cambio} = \frac{4.75 - 2}{2} * 100 = 137.5\%$$

### 3.3. Plan de control

El plan de control se lo realiza para el mantenimiento correcto y eficaz de las soluciones implementadas.

**Tabla 23**  
*Plan de control de soluciones*

<b>Plan de formación del GTA-GTM a nivel de criterios operativos.</b>	
¿Qué?	Revisión de fallas y parámetros ingresados en cada limpieza por operador
¿Por qué?	Hay que asegurar que no exista fallas que aumentan el tiempo por un mal manejo del operador o técnico encargado
¿Cómo?	Realizar análisis de fallas encontradas, consultar empleados cuales han sido sus dudas o inconvenientes durante las limpiezas, capacitar a los empleados con los nuevos temas encontrados
¿Cuándo?	Semestral
¿Quién?	Supervisor de producción
¿Dónde?	A partir de data histórica y por evaluación en las líneas de producción
<b>Establecer acciones que solucionen alarmas recurrentes en las limpiezas CIP.</b>	
¿Qué?	Verificación de novedades durante limpiezas
¿Por qué?	Evitar que estas alarmas aumenten el tiempo final de limpieza
¿Cómo?	Consultar al operador encargado el detalle de lo sucedido durante la limpieza, levantar un troubleshooting para esa falla, compartir con operadores para que conozcan que hacer cuando se vuelva a presentar
¿Cuándo?	Trimestral
¿Quién?	Técnico mecánico
¿Dónde?	En la línea de producción
<b>Estandarización del Procedimiento de Limpieza de dosificadores.</b>	
¿Qué?	Verificación del proceso de limpieza
¿Por qué?	Verificar si se está siguiendo correctamente el proceso establecido
¿Cómo?	Contrastar pasos y tiempos establecidos en la guía de limpieza con los realizados en cada limpieza por diferentes operadores y técnicos, realizar cambio de cepillo para mantener eficiencia en su limpieza y evitar riesgo de contaminación
¿Cuándo?	Mensual
¿Quién?	Auxiliar de producción
¿Dónde?	Líneas de producción y lavandería
<b>Establecer un inventario mínimo de materiales necesarios para la limpieza en el GEMBA.</b>	
¿Qué?	Verificar que no ocurra desabasto durante la semana
¿Por qué?	Asegurar de qué no tengan que solicitar repuestos y movilizarse a bodega mientras realizan la limpieza por desabasto
¿Cómo?	Posterior a cada limpieza revisar unidades restantes del repuesto, revisar si está por debajo del mínimo de las unidades requeridas para la semana, en caso de que esté debajo del mínimo, solicitar reabastecimiento de repuestos
¿Cuándo?	Cada limpieza
¿Quién?	Operador de línea de producción y Auxiliar de producción
¿Dónde?	Casillero continuo línea de producción



Para cada solución se identificó la acción de control, la razón, la metodología, el tiempo, responsable y el lugar, esto con el fin de mantener las soluciones propuestas en este proyecto y estandarizar los procesos.

## Capítulo 4

#### **4.1. Conclusiones**

La implementación de las mejoras ha logrado una reducción notable en el tiempo de limpieza durante el cambio de producto en las líneas de envase de salsas frías. Esto ha aumentado la eficiencia operativa y ha reducido el tiempo de inactividad, permitiendo un uso más efectivo de los recursos y una mayor capacidad productiva.

Al establecer acciones específicas para solucionar las alarmas que surgen durante la limpieza CIP, se ha logrado minimizar las interrupciones no planificadas. Esto ha contribuido a una mayor consistencia en los tiempos de limpieza durante el cambio de producto y a una menor variabilidad en el proceso.

La estandarización del procedimiento de limpieza de dosificadores ha asegurado que se sigan prácticas consistentes y eficientes en todo momento. Esto no solo ha mejorado la calidad de la limpieza, sino que también ha reducido el tiempo necesario para realizar esta tarea, contribuyendo a la reducción general en el tiempo de limpieza durante el cambio de producto.

El establecimiento de un inventario mínimo de retenedores en el GEMBA ha garantizado que los recursos críticos estén siempre disponibles, evitando retrasos innecesarios durante la limpieza de dosificadores. Esta medida ha ayudado a mantener un flujo de trabajo continuo y ha reducido el riesgo de paradas por falta de materiales.

#### **4.2. Recomendaciones**

Es esencial continuar monitoreando semestralmente las alarmas durante la limpieza CIP, para esto es necesario que los operadores en los turnos de limpieza notifiquen y suban al sistema cada parada no programada que se presente, se debe tomar de referencia el ejemplo del apéndice 29 y que el área técnica revise las acciones de respuesta para asegurar su efectividad. Esto permitirá ajustar y optimizar los procedimientos conforme surjan nuevos

desafíos logrando que no aumenten los tiempos de respuestas y por ende que se cumplan los tiempos estándar establecidos por la empresa.

Se sugiere realizar revisiones por parte del auxiliar de producción con una frecuencia mensual, utilizando el formato presentado en la figura 61, el mismo que debería realizarlo cada operador al hacer la limpieza durante el cambio de producto, con el fin de identificar posibles mejoras y adaptaciones necesarias según las necesidades cambiantes de la producción.

Mantener una gestión dinámica del inventario de retenedores en el Gemba, revisando semanalmente el consumo de los kits armados de retenedores para cada limpieza de dosificadores y ajustar los niveles mínimos según los cambios en la demanda y las condiciones operativas durante la producción. Utilizar la LUP de la figura 64 para la socialización con los operadores de turno y técnicos de mantenimiento. Esto garantizará que siempre se cuente con el material necesario sin incurrir en excesos o desabastos.

## Referencias

- Arango Marin, J. A., Giraldo Garcia, J. A., & Castrillón Gómez, O. D. (2018). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. *Scientia Et Technica*, 18(4), 743-747.
- Betancur Sanmartin, V. (2023). *Reducción de los tiempos de cambios de referencia en la máquina Volpak #2 de Panal SAS, con la implementación de la metodología SMED*. Obtenido de [Tesis de grado Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38276/2/BetancurVanesa\\_2024\\_KaizenSMEDVolpak.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38276/2/BetancurVanesa_2024_KaizenSMEDVolpak.pdf)
- Burgasí Delgado, D. D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS. *TAMBARA*, 1212-1230.
- Carrilo-Landazabal, M. S., Vargas-Ortiz, L. E., Severiché-Sierra, C. A., Peralta-Ordosgoitia, J. T., & Ortega-Vélez, V. P. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial -sector metalmecánico. *Ciencia Latina*, 6(2), 3148-3163.
- Escada Villalobos, I., Jara Valdés, P., & Letzkus Palavecino, M. (2016). Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing. *TRILOGÍA Ciencia - Tecnología - Sociedad*, 26-55. Obtenido de <https://repositorio.utem.cl/handle/30081993/992>
- Figueredo Lugo, F. J. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto Ingeniería Industrial. *Actualidad y Nuevas Tendencias*, IV(15), 7-24.

González Correa, F. (2007). MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING).

PRINCIPALES HERRAMIENTAS. *Revista Panorama Administrativo*(2), 85-111.

Liker, J. K. (2010). *La clave del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Obtenido de Repositorio Universidad de Burgos:

[https://www.ubu.es/sites/default/files/portal\\_page/files/1911\\_resumen\\_las\\_claves\\_del\\_exito\\_de\\_toyota\\_14\\_principios\\_de\\_gestion.pdf](https://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/1911_resumen_las_claves_del_exito_de_toyota_14_principios_de_gestion.pdf)

Pyzdek, T., & Keller, P. (2009). *The Six Sigma Handbook A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. Mc Graw Hill.

Santander. (2022). *Ley de Pareto*. Obtenido de Santander Open Academy:

<https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/ley-de-pareto.html>

Álvarez Alarcón, G. P., & García Sanjuanelo, N. M. (2020). *Análisis de la voz del cliente (VOC) en la Universidad Tecnológica de Bolívar*. Obtenido de Repositorio UTB:

[https://utb.alma.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57UTB\\_INST:57UTB\\_INST/1214746920005731?viewerServiceCode=DigitalViewer](https://utb.alma.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57UTB_INST:57UTB_INST/1214746920005731?viewerServiceCode=DigitalViewer)

## Apéndices

**Tabla 24**

*Plan de implementación de soluciones*

Causa	Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	Responsable
El plan de entrenamiento no ha cubierto la población total de GTA-GTM que apoyan CIP	Plan de formación del GTA-GTM a nivel de criterios operativos	La capacitación sobre criterios operacionales puede ayudar a estandarizar los procedimientos y las mejores prácticas. Esto reduce la variabilidad en las operaciones y mejora la eficiencia del proceso de limpieza	Plantear la resolución de problemas de alarmas recurrentes y validar las competencias a nivel de CIP sobre problemas operativos con el técnico y el proveedor de Tetra-pack	Volpak 2-3	19-Agosto	Proveedor externo Equipo ESPOL
Falta de evaluación del impacto de los sensores en el funcionamiento del sistema	Establecer parámetros de tiempos de retorno según el ejercicio físico en CIP para garantizar los tiempos estimados que eviten la aparición de alarma "Fallo en el flujo de retorno"	La configuración de los parámetros de tiempo de retorno garantiza que el proceso de limpieza se lleve a cabo de manera eficiente, reduciendo el tiempo de inactividad, mejorando la productividad y ayudando a prevenir alarmas y fallas durante el proceso	Contraste de recetas actuales vs base de recetas en programación, validación de cotización CIP con Tetra-pack, control de acceso de modificación de parámetros y gestión de cambios en sensor de alarma recurrente.	Volpak 2-3	05-Agosto	Coordinador de Mantenimiento Equipo ESPOL

El plan de capacitación no ha cubierto a la población total de GTA-GTM que apoya la limpieza de dispensadores	Estandarización del Procedimiento de Limpieza de dosificadores	Garantiza que el personal esté capacitado para realizar cambios sin interrumpir la operación. Esto es crucial para evitar el tiempo de inactividad y mantener la producción en funcionamiento	Establecer la frecuencia de inspección y reemplazo de válvulas de 3 vías en los tanques pulmonares	Volpak 2-3	28-Agosto	Equipo ESPOL
Falta de piezas de repuesto al alcance del operador	Establecer un inventario mínimo de materiales necesarios para la limpieza en el GEMBA	Tener un inventario mínimo garantiza que siempre haya suficientes materiales de limpieza disponibles, evitando interrupciones en la producción por falta de suministros.	Genere un análisis de los principales contribuyentes de los dispensadores de limpieza manual y cree un modelo de inventario de materiales	Volpak 2-3	02-Agosto	Equipo ESPOL

*Nota. Plan de implantación de soluciones.*

### **Tabla 25**

*Referencia de los niveles de las habilidades técnicas clave para el proceso de limpieza durante el cambio de producto*

<b>Habilidades técnicas clave</b>	<b>Nivel Básico</b>	<b>Nivel Intermedio</b>	<b>Nivel Avanzado</b>
<b>Conocimiento de los Sistemas CIP y COP</b>	Entender los conceptos fundamentales de los sistemas CIP y COP. Conocer los componentes principales del	Operar el sistema CIP de manera efectiva, incluyendo la selección de ciclos y monitoreo básico. Realizar la limpieza COP con instrucciones y ser capaz de	Diagnosticar y resolver problemas del sistema CIP/COP. Personalizar y optimizar los ciclos de limpieza según el tipo de producto.



	sistema y su función básica.	desmontar y montar equipos simples.	
<b>Manipulación y Dosificación de Productos Químicos</b>	Conocer los tipos básicos de químicos de limpieza utilizados y sus aplicaciones generales. Seguir instrucciones para dosificar químicos según procedimientos preestablecidos.	Ajustar concentraciones de químicos de limpieza según la necesidad y el tipo de residuo. Manejar y almacenar productos químicos de manera segura, siguiendo normativas	Seleccionar y combinar productos químicos específicos para optimizar la limpieza de diferentes contaminantes. Realizar análisis de eficacia de los productos químicos utilizados y ajustar las dosificaciones para maximizar resultados.
<b>Manejo de Equipos y Herramientas de Limpieza</b>	Operar equipos CIP siguiendo procedimientos estandarizados. Desmontar y limpiar componentes simples en el sistema COP.	Configurar y ajustar los parámetros básicos de los equipos CIP. Desmontar y limpiar componentes más complejos en el sistema COP, siguiendo procedimientos detallados.	Diagnosticar y corregir fallos en los equipos de limpieza. Realizar ajustes avanzados en los sistemas CIP/COP para mejorar la eficiencia y reducir tiempos de limpieza.
<b>Control de Parámetros Críticos</b>	Monitorear parámetros como tiempo y temperatura, siguiendo instrucciones preestablecidas. Realizar verificaciones básicas de limpieza visual y manualmente.	Ajustar parámetros clave como temperatura, presión, y caudal para optimizar la limpieza. Realizar pruebas básicas (pH, conductividad) para verificar la efectividad de la limpieza.	Implementar un monitoreo continuo y ajustado de parámetros en tiempo real. Diagnosticar problemas basados en variaciones de parámetros y realizar ajustes preventivos.
<b>Cumplimiento de Normas y Regulaciones</b>	Conocer y seguir las normas básicas de higiene y seguridad alimentaria. Documentar las tareas de limpieza realizadas según requerimientos estándar.	Asegurar el cumplimiento de normativas específicas (HACCP, ISO) en las operaciones de limpieza. Preparar y mantener registros detallados para auditorías	Desarrollar procedimientos de limpieza que cumplan con normas avanzadas de seguridad alimentaria. Liderar auditorías internas y externas, asegurando que todas las prácticas de limpieza estén alineadas con las regulaciones.

<b>Comunicación y Trabajo en Equipo</b>	Comunicarse eficazmente con compañeros y supervisores sobre las tareas de limpieza. Participar activamente en reuniones de equipo.	Coordinar con otros departamentos para planificar y ejecutar limpiezas de manera eficiente. Contribuir en la formación de nuevos operadores en procedimientos de limpieza.	Liderar equipos de limpieza y coordinar proyectos de mejora de procesos. Facilitar la comunicación entre departamentos y proveedores externos.
---	--	--	--

**Tabla 26***Pasos de limpieza de dosificadores y comparación con la guía*

# PASO	TIEMPO OBSERVADO	¿ESTA EN LIL LIMPIEZA?	REALMENTE SUCEDE	
1	Se para máquina presionando BOTÓN ROJO DE PARO	0:01:00	1	1
2	Se aplica L.O.T.O.	0:00:00	1	0
3	Se cierra la llave de paso de alimentación	0:05:00	1	1
4	En panel de control se selecciona la opción LIBERAR PUERTAS. Luego se abre puerta derecha. Inspección del Punto SHE 25, 26, 6	0:01:00	1	0
5	Colocación de EPP's	0:00:00	1	0
6	Cerrar la manguera de aire comprimido	0:02:00	0	1
7	Se desmontan las mangueras de dosificación	0:02:00	1	1
8	Se desajustan 2 roscas de soporte de boquillas con llave gancho	0:03:00	1	1
9	BUSCA LLAVE DE GANCHO 8 milímetros	0:02:00	0	1
10	Se desajustan 3 roscas de soporte de boquillas con llave gancho	0:04:00	1	1
11	Se afloja perno con llave 17mm que sostiene el Vástago.	0:02:00	1	1
12	Desmontar Dosificador con Allen 5	0:05:00	1	1

13	Separar en dos partes el dosificador para extraer el Vástago usando llave 8mm	0:02:00	1	1
14	Aflojar el tambor para extraer los retenedores	0:03:00	0	1
15	Transporte de los dosificadores con sus partes desensambladas a lavandería	0:02:00	0	1
16	Se sumergen las dos roscas y dos boquillas en balde blanco con 10 litros de ACTIFOAM del dilutor	0:00:00	0	0
17	Se sumergen el Vástago en balde blanco con 10 litros de ACTIFOAM del dilutor y lava	0:00:00	1	0
18	Enjuagar con abundante agua hasta verificar que no queden residuos de químico y producto	0:08:00	1	1
19	Secar y Desinfectar con Alcosan y papel toalla	0:03:00	1	1
20	Transporte de los dosificadores y sus partes ya limpias a la línea	0:02:00	0	1
21	Cambiar retenedores (colocar los retenedores en el Vástago y colocarlo en el dosificador)	0:05:00	0	1
22	Ingresar el Vástago y ubicar la parte plana en el agujero rectangular enroscado para proceder ajustar el perno guía con llave 17 y llave 19 hacer función de tuerca y contratuerca	0:08:00	0	1
23	Enroscar los 4 pernos con llave 8 mm	0:02:00	0	1
24	Ajustar boquilla con el tornillo de banco y llave de gancho	0:02:00	0	1
25	Verificación de funcionalidad (apertura y cierre manual)	0:01:00	0	1



---

13

---

14

---

15

1

1

---

16

---

17

---

18

---

19

---

20

1

1

---

21

---

22

---

23

---

24

---

25

---

26

---

27

1

---

28

---

29

---

**Tabla 28**  
*Clasificación del tipo de actividad de la limpieza de los dosificadores*

#	PASO	Tipo de actividad			¿Por qué?
		AV	NAV	NAVN	
1	Se para máquina presionando BOTÓN ROJO DE PARO			1	Es necesario detener la máquina, pero no agrega valor directo
2	Se aplica L.O.T.O.			1	Procedimiento de seguridad
3	Se cierra la llave de paso de alimentación			1	Procedimiento de seguridad
4	En panel de control se selecciona la opción LIBERAR PUERTAS. Luego se abre puerta derecha. Inspección del Punto SHE 25, 26, 6			1	Procedimiento de seguridad
5	Colocación de EPP's			1	Necesario para acceder al equipo
6	Cerrar la manguera de aire comprimido			1	Inspección de seguridad
7	Se desmontan las mangueras de dosificación		1		Paso necesario, pero no agrega valor directo al producto
8	Se desajustan 2 roscas de soporte de boquillas con llave gancho		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo
9	BUSCA LLAVE DE GANCHO 8 milímetros		1		Al realizar otras actividades de limpieza, no mantienen un orden con las herramientas
10	Se desajustan 3 roscas de soporte de boquillas con llave gancho		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo
11	Se afloja perno con llave 17mm que sostiene el Vástago.		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo
12	Desmontar Dosificador con Allen 5		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo
13	Separar en dos partes el dosificador para extraer el Vástago usando llave 8mm		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo
14	Aflojar el tambor para extraer los retenedores		1		Necesario para el mantenimiento, pero no agrega valor directo

15	Transporte de los dosificadores con sus partes desensambladas a lavandería	1	Es necesario para la limpieza, pero no agrega valor al producto
16	Se sumergen las dos roscas y dos boquillas en balde blanco con 10 litros de ACTIFOAM del dilutor	1	Es necesario para la limpieza, pero no agrega valor al producto
17	Se sumergen el Vástago en balde blanco con 10 litros de ACTIFOAM del dilutor y lava	1	Es necesario para la limpieza, pero no agrega valor al producto
18	Enjuagar con abundante agua hasta verificar que no queden residuos de químico y producto	1	Es necesario para la limpieza, pero no agrega valor al producto
19	Secar y Desinfectar con Alcosan y papel toalla	1	Es necesario para la limpieza, pero no agrega valor al producto
20	Transporte de los dosificadores y sus partes ya limpias a la línea	1	Es necesario para el re-ensamblaje, pero no agrega valor al producto
21	Cambiar retenedores (colocar los retenedores en el Vástago y colocarlo en el dosificador)	1	Agrega valor al asegurar el correcto funcionamiento del equipo
22	Ingresar el Vástago y ubicar la parte plana en el agujero rectangular enroscado para proceder ajustar el perno guía con llave 17 y llave 19 hacer función de tuerca y contratuerca	1	Agrega valor al asegurar el correcto funcionamiento del equipo
23	Enroscar los 4 pernos con llave 8 mm	1	Agrega valor al asegurar el correcto ensamblaje del equipo
24	Ajustar boquilla con el tornillo de banco y llave de gancho	1	Agrega valor al asegurar el correcto ensamblaje del equipo
25	Verificación de funcionalidad (apertura y cierre manual)	1	Verificación necesaria pero no agrega valor directo
26	Verificación de funcionalidad 2 (aire comprimido en el vástago y funcionamiento del cilindro neumático)	1	Verificación necesaria pero no agrega valor directo
27	Desinfectar dosificadores ya armados	1	Necesario para mantener la calidad del producto, pero no agrega valor
28	Montar el dosificador con la brida de partida en la maquina	1	Agrega valor al asegurar que el equipo esté listo para operar
29	Se desbloquea.	1	Necesario para reanudar la operación de la

---

máquina, pero no agrega  
valor directo

---

**Tabla 29**  
*Notificación de paradas no programadas*

<b>Categoría original</b>	<b>Grupo de razón</b>	<b>Máquina</b>	<b>Razón</b>	<b>Código PLC</b>	<b>PLC Code Description</b>	<b>Duración (s)</b>
Desocupado	Ensayos y pruebas		NO Ensayos			10800
Desocupado	Ensayos y pruebas	Volpa k_2	NO Ensayos			61200
Desocupado	Ensayos y pruebas	Volpa k_3	NO Ensayos	113	Máquina detenida manualmente por operador	27501
Desocupado	Ensayos y pruebas	Volpa k_3	NO Ensayos	152	Homing Maquina	600