

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CICLO EN LA PRODUCCIÓN DE
CONDIMENTOS EN INDUALTSA**

Juan Ignacio Orbe García

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Quito, 11 de diciembre de 2024.

Universidad San Francisco de Quito USFQ.

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Hoja de calificación de trabajo de fin de carrera.

**OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CICLO EN LA PRODUCCIÓN DE
CONDIMENTOS EN INDUALTSA**

JUAN IGNACIO ORBE GARCÍA

Nombre del profesor, título académico

Kenya Velasco Tapia, MS

Quito, 11 de diciembre de 2024.

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Juan Ignacio Orbe García

Código: 321587

Cédula de identidad: 0201884269

Lugar y fecha: Quito, 11 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en: <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: Note: This work, in its entirety or any of its parts, should not be considered a publication, even though it is available without restriction through an institutional repository. This statement aligns with the practices and recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, available at: <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en la optimización de los procesos de tiempo de ciclo en la empresa INDUALTSA, reconocida por su marca de condimentos naturales Tsanto Sazón.

El objetivo principal del proyecto es aplicar la metodología DMAIC, parte de Lean Six Sigma, para poder identificar los cuellos de botella y optimizar los tiempos de ciclo en las etapas críticas de producción, sin comprometer la calidad el producto. El análisis se enfocará en cinco productos clave: Finas Hierbas, Pimienta Molida, Parrillero, Ajo en Polvo y Mix 4, los cuales se producen en tres formatos: Frascos, Day Pack y Kilo.

El enfoque de esta investigación no solo busca mejorar la capacidad de respuesta ante la creciente demanda, sino también identificar de manera precisa los cuellos de botella reales dentro del proceso de producción. Esto permitirá a INDUALTSA optimizar sus operaciones de manera más efectiva, fortaleciendo su competitividad en el mercado asegurando la calidad de sus productos a largo plazo.

Palabras clave: Optimización, codificado, sellado, INDUALTSA, Finas Hierbas, Pimienta Molida, Parrillero, Ajo en Polvo, Mix 4, Lean Six Sigma, DMAIC, SMED, eficiencia operativa.

ABSTRACT

This work focuses on optimizing the production processes at INDUALTSA, a company recognized for its natural condiment brand, Tsanto Sazón.

The main objective of the project is to apply the DMAIC methodology, part of Lean Six Sigma, to identify bottlenecks and optimize cycle times in critical production stages without compromising quality. The analysis will focus on five key products: Fine Herbs, Ground Pepper, Grill Seasoning, Garlic Powder, and Mix 4, which are produced in three formats: Bottle, Day Pack, and Kilo. In the production process, one worker operates for 4 hours in the morning, and another works for 4 hours in the afternoon. Each format has a specific production batch: 2 boxes per batch for the Bottle format, 10 boxes per batch for the Day Pack, and 1 box per batch for the Kilo format.

The goal of this investigation is not only to enhance the company's ability to meet growing demand but also to accurately identify the true bottlenecks within the production process. This will allow INDUALSTA to optimize its operations more effectively, strengthening its competitiveness in the market and ensuring the long-term quality of its products.

Keywords: Optimization, coding, sealing, INDUALTSA, Fine Herbs, Ground Pepper, Grill Seasoning, Garlic Powder, Mix 4, Lean Six Sigma, DMAIC, SMED, operational efficiency.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES.....	10
JUSTIFICACIÓN DE REALIZAR EL PROYECTO	10
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
REVISIÓN LITERARIA	12
METODOLOGÍA	14
PARTICIPANTES Y FUENTES DE INFORMACIÓN	15
MUESTRO Y RECOLECCIÓN DE DATOS: ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE DEL PROCESO	16
CONCLUSIÓN DE LA METODOLOGÍA	17
CASO DE ESTUDIO	17
DESCRIPCIÓN GENERAL DE INDUALTSA.....	17
DESPLIEGUE DEL DMAIC	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	47
ANEXOS	51

ANEXO DE FIGURAS

FIGURA 1: PARETO SOBRE LOS PRODUCTOS MÁS VENDIDOS EN LOS MESES AGOSTO-SEPTIEMBRE	19
FIGURA 2: FACTORES EN LA ETAPA DE DEFINIR	20
FIGURA 3: DEFINICIÓN DE CTQS	21
FIGURA 4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE INDUALTSA.	21
FIGURA 5: REGISTRO DE TIEMPOS DE CICLO POR PRESENTACIÓN Y TURNO EN EXCEL	23
FIGURA 6: REGISTRO DE TIEMPOS MUERTOS EN EXCEL	24
FIGURA 7: TIEMPOS DE CAMBIO EN EXCEL.	25
FIGURA 8: TASA DE DEFECTOS DAY PACK EN EXCEL.	26
FIGURA 9: CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA (CHP)	27
FIGURA 10: ISHIKAWA.	28
FIGURA 11: PARETO DE LAS RAZONES MÁS COMUNES PARA LOS DEFECTOS EN LOS PRODUCTOS. 29	29
FIGURA 12: GRÁFICA DE CONTROL TIEMPOS DE CICLO DAY PACK.	30
FIGURA 13: DIFERENCIA DE MEDIAS PARA TIEMPOS DE CICLO ENTRE TURNOS.	31
FIGURA 14: ANÁLISIS DE VARIANZA “P-VALUE”.	32
FIGURA 15: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE TIEMPOS DE CICLO Y PORCENTAJE DE DEFECTOS.	33
FIGURA 16: GRÁFICA I-MR DAY PACK ANTES.	36
FIGURA 17: GRÁFICA I-MR DAY PACK DESPUÉS	37
FIGURA 18: GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA TIEMPOS DE CICLO DE CODIFICADO DAY PACK	39
FIGURA 19: ANOVA TURNOS SOLO CODIFICADO DAY PACK	39
FIGURA 20: DIFERENCIA DE MEDIAS EN LOS TURNOS DE TIEMPO DE CICLO CODIFICADO DAY PACK	40
FIGURA 21: RESUMEN MANUAL KPIS #1	43

ANEXOS

ANEXO 1: PROJECT CHARTER	51
ANEXO 2: ANÁLISIS DE CAPACIDAD	52
ANEXO 2A: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS TIEMPOS DE CICLO PARA FRASCO	52
ANEXO 2B: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS TIEMPOS DE CICLO PARA DAY PACK	52
ANEXO 2C: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS TIEMPOS DE CICLO PARA KILO.	53
ANEXO 2D: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS TIEMPOS DE CAMBIO DE PRESENTACIÓN.	54
ANEXO 3: GRÁFICAS I-MR DE CONTROL	54
ANEXO 3A: GRÁFICA DE CONTROL PARA EL PORCENTAJE DEL NÚMERO DE DEFECTOS.	54
ANEXO 3B: GRÁFICA DE CONTROL PARA TIEMPOS MUERTOS.	55
ANEXO 3C: GRÁFICA DE CONTROL PARA TIEMPOS DE CAMBIO ENTRE PRESENTACIONES	55
ANEXO 4: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE TIEMPOS DE CICLO Y TIEMPOS MUERTOS.	56
ANEXO 5: TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE CICLO PARA CODIFICADO	57
ANEXO 5A: TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE CICLO PARA CODIFICADO ANTES	57
ANEXO 5B: TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE CICLO PARA CODIFICADO DESPUÉS	57
ANEXO 6A: T TEST MUESTRA PAREADA	58
ANEXO 6A: T TEST MUESTRA PAREADA ANTES VS DESPUÉS DAY PACK.....	58
ANEXO 6B: T TEST MUESTRA PAREADA ANTES VS DESPUÉS FRASCO	58
ANEXO 6C: T TEST MUESTRA PAREADA ANTES VS DESPUÉS KILO	58
ANEXO 7: GRÁFICA I-MR RESTANTES	58
ANEXO 7A: GRÁFICA I-MR FRASCO ANTES.	58
ANEXO 7B: GRÁFICA I-MR FRASCO DESPUÉS.	59
ANEXO 7C: GRÁFICA I-MR KILO ANTES.	60
ANEXO 7D: GRÁFICA I-MR KILO DESPUÉS.	60
ANEXO 8: 5S	61
ANEXO 8A: SEIRI (CLASIFICAR)5S	61
ANEXO 8B: SEITON (ORDENAR) 5S.....	61
ANEXO 8C: SEISO (LIMPIAR) 5S.	61
ANEXO 8D: SEIKETSU (ESTANDARIZAR) 5S.....	62
ANEXO 8E: SHITSUKE (DISCIPLINA) 5S.	62
ANEXO 9: RESUMEN MANUAL KPIS #2.....	63

Introducción

Antecedentes

En el contexto actual, la industria de alimentos en Ecuador juega un papel fundamental en el desarrollo económico del país, particularmente en el sector de la manufactura de especias y condimentos naturales. INDUALTSA, fundada en 2018, se ha destacado en el mercado ecuatoriano con su marca Tsanto Sazón, ofreciendo productos de alta calidad sin potenciadores de sabor ni ingredientes artificiales. Este compromiso con la calidad ha permitido que INDUALTSA se diferencie dentro del competitivo mercado de alimentos en el país, pero también ha enfrentado retos significativos a medida que la demanda por sus productos ha crecido.

Ecuador posee una ventaja competitiva en la producción de especias debido a su biodiversidad y el acceso a ingredientes frescos como la pimienta, adquirida de agricultores locales (Euromonitor International, 2022). Este entorno favorable ha permitido que empresas productoras de especias crezcan rápidamente, pero también como cualquier empresa de manufactura, han experimentado cuellos de botella tanto en el producto como en el proceso de producción. Estas problemáticas reflejan síntomas claros de ineficiencias operativas que deben ser abordadas para poder mejorar la competitividad de la empresa. Esta investigación se enfoca en la optimización de estos procesos para asegurar una respuesta más eficiente ante el aumento de la demanda.

Justificación de realizar el proyecto

La justificación del proyecto radica en la necesidad de INDUALTSA de mejorar su eficiencia operativa para mantener y ampliar su posición en el mercado de alimentos naturales. La optimización del tiempo de ciclo en la producción de condimentos es esencial

para garantizar la calidad del producto final y aumentar la capacidad de respuesta de la empresa ante picos de demanda, lo cual es crucial en un sector donde la frescura y disponibilidad son clave para la satisfacción del cliente. El uso de DMAIC en esta investigación permite abordar los problemas identificados mediante un enfoque estructurado que ha demostrado ser efectivo en la industria alimentaria. (Hakimi et al., 2018).

Además, herramientas como SMED y 5S, parte del enfoque Lean Six Sigma, han sido reconocidas por su capacidad para reducir tiempos de cambio, mejorar la organización del espacio de trabajo y aumentar la eficiencia operativa (Costa et al., 2018). En el caso específico de INDUALTSA, estos métodos permitirán abordar desafíos como los cuellos de botella en etapas críticas, optimizando los tiempos de ciclo y garantizando una operación más ágil y eficiente (George, 2002).

La industria alimentaria en Ecuador ha crecido considerablemente en los últimos años, con un aumento en la demanda de productos de alta calidad, naturales y sin aditivos artificiales (Costa et al., 2018). INDUALTSA, al posicionarse como un referente en la producción de condimentos naturales, enfrenta la necesidad urgente de optimizar sus procesos productivos para poder satisfacer esta creciente demanda. A medida que la empresa ha expandido sus operaciones, se han identificado ciertos problemas, particularmente quejas de clientes sobre no satisfacer sus pedidos en el tiempo óptimo, o la misma cantidad de defectos por lote que la empresa experimenta pérdidas y desperdicia productos por tener productos defectuosos. Este tipo de problemáticas limitan la capacidad de producción y afectan la eficiencia general del proceso, impactando negativamente en la satisfacción del cliente y en la competitividad de la empresa.

Objetivos del proyecto

El objetivo principal de esta investigación es analizar y mejorar estas problemáticas, aplicando técnicas de mejora continua para asegurar que la empresa pueda aumentar su capacidad de producción y responder eficazmente a las expectativas del mercado (INDUALTSA, 2024). En este sentido, la metodología DMAIC, que forma parte del enfoque Lean Six Sigma, proporciona un marco estructurado para identificar, analizar y corregir los problemas existentes, garantizando que las soluciones implementadas sean sostenibles a largo plazo.

Revisión Literaria

Diversos estudios de caso demuestran que la implementación de herramientas como DMAIC, 5S y SMED han resultado en mejoras significativas en la eficiencia y en la reducción de defectos. Estas metodologías han sido aplicadas exitosamente en la industria alimentaria para la optimización de procesos, reducción de costos, mejora de la calidad del producto y aumentar la satisfacción del cliente.

La metodología Lean Six Sigma ha demostrado ser una herramienta efectiva para la mejora continua en la industria alimentaria, combinando las filosofías Lean y Six Sigma para reducir desperdicios y mejorar la calidad de los procesos (Costa et al., 2018). En particular, Lean se enfoca en eliminar actividades que no agregan valor y optimizar el flujo de trabajo, mientras que Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para minimizar la variabilidad y defectos en los procesos (Montgomery, 2019). Esta combinación ha sido aplicada con éxito en varios sectores, incluyendo alimentos y bebidas, lo cual la convierte en una opción ideal para INDUALTSA en su búsqueda de optimizar sus procesos productivos.

Un ejemplo concreto es el estudio de Sodhi (2021), quien aplicó Lean Six Sigma en una empresa de confitería, utilizando la metodología DMAIC para reducir los niveles de

sobrellenado y el rework en un 20%, lo cual resultó en ahorros significativos y en la mejora de la eficiencia operativa. Este enfoque también se ha utilizado para reducir los tiempos de ciclo en procesos similares a los de INDUALTSA, donde la variabilidad en las etapas de proceso de producción representa un problema que afecta a la capacidad de producción. La aplicación de DMAIC en esta situación permite una identificación clara de las causas raíz y facilita la implementación de soluciones efectivas para optimizar estas etapas críticas.

Entre las soluciones más relevantes para problemas similares en la industria alimentaria destaca la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Dies), ampliamente reconocida por la industria alimentaria como una herramienta clave para la reducción de los tiempos de cambio entre lotes. Costa et al. (2018) documentan una mejora significativa en la capacidad de producción en una planta procesadora de alimentos tras la implementación de SMED, lo cual se logró mediante la reducción de los tiempos de cambio entre presentaciones de producto. Este tipo de resultados resalta la importancia de reducir el tiempo improductivo durante las transiciones, algo que es fundamental para INDUALTSA dado el cambio constante entre diferentes tipos de presentaciones, como frascos, Day Packs y Kilos.

La aplicación de la metodología 5S también ha sido determinante en la optimización del área de trabajo y la mejora del rendimiento del personal. En un estudio realizado por Hakimi et al. (2018), se demostró que la implementación de 5S en una planta de procesamiento de especias redujo los tiempos de ajuste entre lotes y mejoró la organización del entorno de trabajo, lo cual a su vez incrementó la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda. Estos resultados son relevantes para INDUALTSA, ya que la organización eficiente del área de trabajo es un factor clave para minimizar los tiempos muertos y aumentar la productividad.

Además de las herramientas técnicas, la capacitación del personal se ha identificado como un factor crítico para el éxito de la implementación de metodologías como Lean Six Sigma, 5S y SMED. La experiencia documentada en una planta de procesamiento de hierbas, descrita por Mestanza-Ramón et al. (2020), muestra que la capacitación en herramienta de mejora continua resultó en una disminución significativa de los errores operativos y un aumento en la eficiencia general del proceso. Este enfoque es aplicable a INDUALTSA, donde la variabilidad en la habilidad de los operarios puede impactar directamente la calidad del producto final.

Se destaca la importancia de la capacitación del personal como parte fundamental del éxito de la implementación de metodologías como Lean Six Sigma. En el caso de una planta de procesamiento de hierbas, la capacitación del personal en herramientas de mejora continua como 5S y DMAIC resultó en una disminución significativa de los errores operativos y un aumento en la eficiencia general del proceso. Este enfoque es clave para INDUALTSA, ya que la variabilidad en la habilidad de los operarios puede impactar directamente la calidad del producto final.

En conclusión, la revisión literaria indica que la aplicación de metodologías como DMAIC, y herramientas como SMED y 5S en la industria alimentaria han generado resultados positivos, tales como la reducción de tiempos de ciclo, la mejora de la capacidad de producción y la disminución de defectos. Estos enfoques, combinados con la capacitación continua del personal, son esenciales para optimizar los procesos productivos de INDUALTSA y mejorar su competitividad en el mercado.

Metodología

La metodología que se empleará para este proyecto es DMAIC, que forma parte del marco de mejora continua Lean Six Sigma. Esta metodología ha demostrado ser eficaz en proyectos de optimización de procesos, especialmente en la industria alimentaria, al combinar herramientas de análisis estadístico con un enfoque sistemático para la reducción de desperdicios y la mejora de la calidad (George 2002). La estructura del proyecto seguirá las cinco fases de DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Fase Definir

En esta fase, el propósito es identificar las necesidades del cliente y los problemas principales del proceso, estableciendo objetivos claros de mejora. Se realiza la definición de los CTQs (Critical to Quality), indicadores clave que direccionan el proceso hacia la satisfacción del cliente y los estándares de calidad esperados (Socconini, 2015).

Participantes y fuentes de información

También se identifican los KPIs (Indicadores Clave de Desempeño), los cuales permiten medir el progreso hacia los objetivos establecidos y se analizan las expectativas de las partes interesadas para garantizar alineación con los objetivos generales del proyecto (Montgomery, 2019).

Fase Medir

El propósito de esta etapa es recolectar datos específicos sobre el desempeño actual del proceso para establecer una línea base. El enfoque de muestreo puede ser probabilístico o no probabilístico, dependiendo de las condiciones del proceso y las limitaciones operativas (Breyfogle III, 2003).

Las herramientas utilizadas en esta fase incluyen hojas de verificación para registrar los datos de calidad, diagramas de flujo para mapear el proceso, y análisis de capacidad para

evaluar si el proceso cumple con los requisitos establecidos (George, 2002). Esta fase proporciona información crucial para identificar las brechas de rendimiento en el proceso.

Fase Analizar

Muestro y recolección de datos: Establecimiento de la línea base del proceso

El objetivo principal es identificar las causas raíz de los problemas que afectan el desempeño del proceso. Para ello, se emplean herramientas como el diagrama de Ishikawa (causa-efecto) para mapear posibles fuentes de variación y el análisis de Pareto para priorizar las causas más críticas (Arnold, 2014).

El análisis estadístico también juega un papel fundamental en esta etapa. Se realizan pruebas de hipótesis para validar si las diferencias observadas son significativas, así como análisis de capacidad del proceso (CPK) y análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la estabilidad y eficiencia del proceso (Montgomery, 2019). Estas técnicas permiten entender las dinámicas internas del sistema y enfocarse en las áreas con mayor potencial de mejora.

Fase Mejorar

Esta fase está orientada a implementar soluciones que eliminen las causas raíz identificadas en la etapa anterior. Una de las herramientas más comunes es el SMED (Single-Minute Exchange of Dies), que se utiliza para reducir los tiempos de cambio mediante la separación de tareas internas y externas, la estandarización de procesos y la optimización del flujo de trabajo (Costa et al., 2018).

Otra herramienta clave es la metodología 5S, que mejora la organización del espacio de trabajo a través de cinco principios: Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Sostener (Hakimi et al., 2018). Estas metodologías combinadas garantizan una reducción en los desperdicios y una mayor eficiencia en las operaciones.

Fase Controlar

La última etapa del DMAIC tiene como objetivo garantizar que las mejoras implementadas sean sostenibles a largo plazo. Para ello, se establecen controles estadísticos y operativos, como gráficas de control, auditorías periódicas y programas de capacitación continua para el personal (George, 2002).

Se desarrollan herramientas de soporte como manuales operativos, listas de verificación y sistemas de monitoreo para supervisar los indicadores clave del proceso (Breyfogle III, 2003). Además, se implementan sistemas de retroalimentación para identificar y resolver desviaciones antes de que se conviertan en problemas mayores.

Conclusión de la metodología

El enfoque DMAIC proporciona un marco técnico y estructurado para la mejora de proceso, permitiendo abordar problemas de manera sistemática y asegurando que las soluciones sean efectivas y sostenibles. Este método ha demostrado ser ampliamente aplicable en diferentes industrias y sectores, garantizando resultados significativos en términos de calidad, eficiencia y satisfacción del cliente (Hakimi et al., 2018).

Caso de Estudio

Descripción General de INDUALTSA

INDUALTSA es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de condimentos naturales bajo la marca Tsanto Sazón. Fundada en 2018, se ha posicionado en el mercado por ofrecer productos sin potenciadores de sabor ni ingredientes artificiales, destacándose por su compromiso con la calidad del producto. Sus principales productos incluyen Finas Hierbas, Pimienta Molida, Parrillero, Ajo en Polvo y Mix 4 Pimientas, los cuales se producen en 3

presentaciones: Frasco, Day Pack y Kilo. La empresa enfrenta retos significativos con su clientela, ya que han presentado quejas por no satisfacer a su demanda en el tiempo esperado y presentando defectos en sus productos por lote, estos problemas de eficiencia impactan la capacidad de producción y la satisfacción del cliente, afectando no solo a la marca sino al nombre de la empresa (INDUALTSA, 2024).

Despliegue del DMAIC

Fase 1 Definir

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la eficiencia operativa de INDUALTSA mediante la reducción de los tiempos de ciclo en etapas específicas del proceso de producción. El objetivo es identificar las áreas más críticas, las cuales afectan la capacidad de respuesta ante la creciente demanda de productos de la empresa.

Conversaciones previas con altos mandos de INDUALTSA determinaron que la etapa de codificado era el cuello de botella que retrasaba y afectaba a la producción, siendo el objetivo específico confirmar si esta etapa es el principal cuello de botella en el proceso de producción, implementando de la mano mejoras que optimicen los tiempos de ciclo y reduzcan los defectos.

La empresa ha reportado atrasos significativos en la entrega de los productos, debido a la demora en sus tiempos de ciclo. Estas demoras han generado un incremento en las quejas de los clientes y un aumento en la tasa de defectos.

Este proyecto se enfocará en la línea de producción de cinco productos clave: Finas Hierbas, Pimienta Molida, Parrillero, Ajo en Polvo y Mix 4 Pimientas en 3 formatos: Frasco, Day Pack y Kilo. Para priorizar los esfuerzos, se realizó un Diagrama de Pareto con los datos de ventas de las diferentes presentaciones durante los meses de agosto y septiembre. Este

análisis mostró que el formato Day Pack representa el 57.8% de las ventas totales como se indica en la (Figura 1), lo que lo convierte en la presentación más relevante a tomar en cuenta. Con base a estos resultados, el proyecto pondrá un énfasis especial en optimizar los procesos relacionados con esta presentación para maximizar su impacto en los objetivos de mejora.

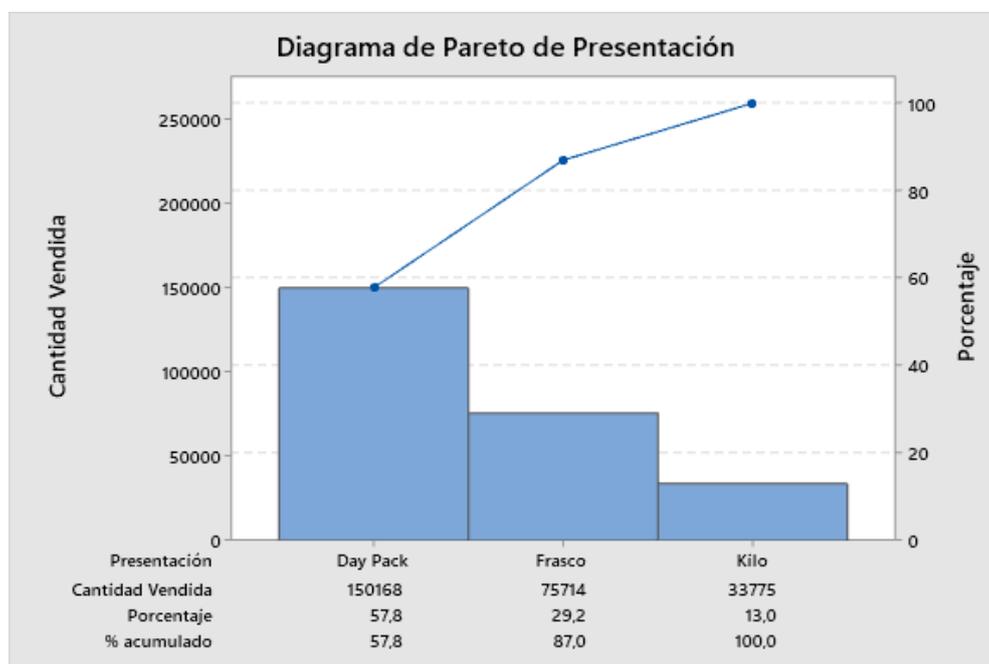


Figura 1: Pareto sobre los productos más vendidos en los meses Agosto-septiembre

A la luz de estos resultados, el formato Day Pack se consolida como el principal generador de ingresos, generando casi el 60% de las ventas totales en el período analizado. Esta alta demanda se debe a su practicidad y popularidad entre los consumidores, quienes prefieren un empaque que les resulte más cómodo y adaptado a sus necesidades cotidianas. Por este motivo, centrar los esfuerzos de mejora continua en la optimización de procesos asociados al Day Pack es un paso lógico y estratégico.

Las principales partes interesadas incluyen a directivos, personal operativo y clientes. Los directivos están interesados en la eficiencia y rentabilidad, mientras que los operarios

buscan mejorar las condiciones de trabajo y reducir el tiempo improductivo como se indica en la (Figura 2).

Preguntas	Factores
¿Quién?	Personal operativo y personal calificado por INDUALTSA.
¿Qué?	Tiempos de ciclo (frasco, Day Pack, kilo) Tiempos muertos Tasa de defectos Tiempos de cambio de presentación Capacidad de producción por hora
¿Cuándo?	SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DEL 2024
¿Dónde?	Fábrica de INDUALTSA.

Figura 2: Factores en la etapa de *DEFINIR*

Para obtener la voz del cliente se realizaron entrevistas con distribuidores y clientes finales, quienes indicaron que los tiempos de entrega y la calidad de algunas etiquetas son aspectos clave que requieren mejora urgente. Además, se llevaron a cabo conversaciones con los clientes internos (operarios y supervisores de línea) para obtener una visión más completa de los problemas.

De la voz del cliente se definieron los CTQs, que posteriormente se conectarán con los indicadores de la fase de controlar para poder asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas como se observa en la (Figura 3).

Problema Clave	Requerimientos Críticos del Cliente (CCR)	CTQ's
Los cuellos de botella en el proceso de codificado y etiquetado están limitando la capacidad de producción y afectando la eficiencia operativa.	Reducir los tiempos de ciclo y minimizar defectos en codificado y sellado.	Tiempos de ciclo menores y tasas de defectos dentro de los límites de calidad.
Cambios de presentación entre productos (frasco, Day Pack, kilo) generan tiempos muertos excesivos.	Reducir el tiempo de cambios de presentación entre productos.	Tiempos de cambio más cortos y consistentes.
La tasa de defectos es alta, lo que genera retrabajos y pérdida de capacidad.	Minimizar los defectos por presentación y reducir los retrabajos.	Mantener la tasa de defectos dentro de los límites establecidos.

Figura 3: Definición de CTQs

Como síntesis de la fase definir se desarrolló un Project Charter (Anexo 1) en el cual se documenta detalladamente el proyecto a implementarse en INDUALTSA.

Fase 2: Medir

Se desarrolló un diagrama de flujo del proceso (Figura 4), el cual permite visualizar las etapas desde la recepción de materias primas hasta el empaque final. Este esquema sirve de referencia para poder identificar las áreas clave y orientar el análisis posterior.

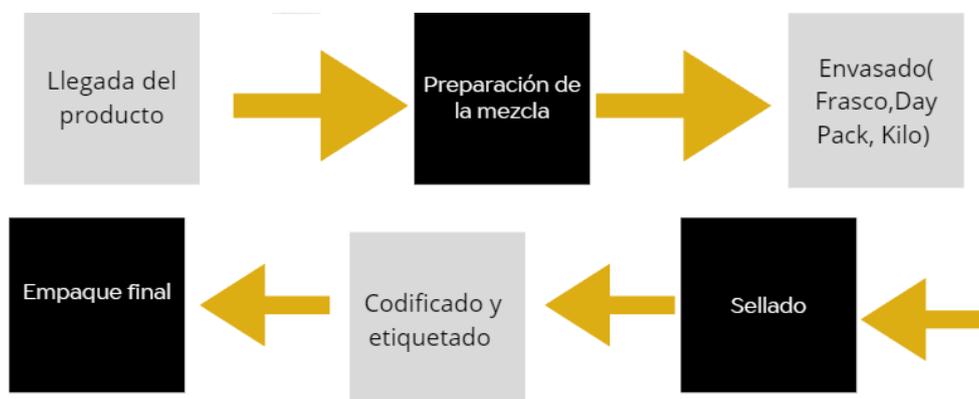


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de producción de INDUALTSA.

La representación gráfica del proceso como en la (Figura 4), ayuda a comprender la secuencia de tareas y a ubicar dónde podrían concentrarse demoras o ineficiencias, información que se utilizará en las fases de medición y análisis.

Para esta fase se recolectaron los tiempos de ciclo actuales, los tiempos muertos entre procesos, la tasa de defectos, y la capacidad de producción por hora para cada presentación (frasco, Day Pack y Kilo). Se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia para capturar la variabilidad del proceso, evitando afectar la operación regular, tomando mediciones por turno (mañana y tarde) para cada producto. Estas mediciones permitirán establecer una línea base que será fundamental para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Dentro de la toma de tiempos de ciclo, se tomaron 4 mediciones por turno para los 3 formatos de presentación (Frasco, Day Pack y Kilo). Las mediciones se realizaron por lote, con el objetivo de mantener un registro detallado y riguroso de la duración del ciclo como se muestra en la (Figura 5).

La (Figura 5), muestra la hoja de recolección de datos de tiempos de ciclo para las distintas presentaciones de producto y turnos. Estos datos permitirán establecer una línea base del desempeño actual, proporcionando información valiosa para la posterior etapa de análisis, donde se buscará identificar variaciones entre productos, formatos de presentación y turnos.

	A	B	C	D	E	F
	Producto	Presentación	Turno	Tiempo Inicio	Tiempo Fin	Duración Ciclo (minutos)
1						
2	Finas Hierbas	Frasco	Mañana	8:00	12:00	120
3	Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	288
4	Parrillero	Kilo	Mañana	8:00	12:00	8
5	Ajo en Polvo	Frasco	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	128
6	Mix 4	Day Pack	Mañana	8:00	12:00	300
7	Finas Hierbas	Kilo	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	10
8	Pimienta Molida	Frasco	Mañana	8:00	12:00	130
9	Parrillero	Day Pack	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	288
10	Ajo en Polvo	Kilo	Mañana	8:00	12:00	11
11	Mix 4	Frasco	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	160
12	Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	8:00	12:00	168
13	Pimienta Molida	Kilo	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	13
14	Parrillero	Frasco	Mañana	8:00	12:00	132
15	Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	300
16	Mix 4	Kilo	Mañana	8:00	12:00	12
17	Finas Hierbas	Frasco	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	160
18	Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	8:00	12:00	192
19	Parrillero	Kilo	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	13
20	Ajo en Polvo	Frasco	Mañana	8:00	12:00	96
21	Mix 4	Day Pack	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	342
22	Finas Hierbas	Kilo	Mañana	8:00	12:00	8
23	Pimienta Molida	Frasco	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	148
24	Parrillero	Day Pack	Mañana	8:00	12:00	192
25	Ajo en Polvo	Kilo	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	11
26	Mix 4	Frasco	Mañana	8:00	12:00	140
27	Finas Hierbas	Day Pack	Tarde	1:00 p. m.	5:00 p.m.	312
28	Pimienta Molida	Kilo	Mañana	8:00	12:00	11

Figura 5: Registro de tiempos de ciclo por presentación y turno en Excel.

Los tiempos de ciclo (Figura 5), evidencia una diversidad de condiciones entre productos y turnos, lo que facilitará la identificación de factores que influyan en la variabilidad del proceso. Esta información preliminar servirá para orientar las mejoras encaminadas a optimizar la eficiencia operativa.

Por otro lado, se registró el tiempo entre cada cambio de presentación y cualquier tiempo de inactividad debido a configuraciones de máquinas. Los tiempos muertos se midieron mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia y se realizaron las mediciones igualmente por lotes, como se muestra en la (Figura 6).

	A	B	C	D	E	F
	Producto	Presentación	Turno	Tiempo Muerto (minutos)	Razón Tiempo Muerto	
1	Finas Hierbas	Frasco	Mañana	9 min	Guardar todo lo que se uso para moler y dejar libre la mesa para empackado, de paso de etapas	
2	Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	7 MIN	Cambio de presentacion	
3	Parrillero	Kilo	Mañana	7 MIN	Guardar la materia prima para dejar vacia la mesa para empackado, de paso de etapas	
4	Ajo en Polvo	Frasco	Tarde	12 MIN	Se realiza el empackado en tandas de 15 a 20 unidades y se procede a limpiar para no el prodcto porque se humedece muy rapido, de paso de etapas	
5	Mix 4	Day Pack	Mañana	7 MIN	Cambio de presentacion	
6	Finas Hierbas	Kilo	Tarde	9 min	Cambio de presentacion	
7	Pimienta Molida	Frasco	Mañana	7 MIN	Guardar todo lo que se uso para moler y dejar libre la mesa para empackado,de paso de etapas	
8	Parrillero	Day Pack	Tarde	7 MIN	Cambio de presentacion	
9	Ajo en Polvo	Kilo	Mañana	12 MIN	Se realiza el empackado en tandas de 15 a 20 unidades y se procede a limpiar para no el prodcto porque se humedece muy rapido, de paso de etapas	
0	Mix 4	Frasco	Tarde	7 MIN	Cambio de presentacion	
1	Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	9 min	Cambio de presentacion	
2	Pimienta Molida	Kilo	Tarde	7 MIN	Cambio de presentacion	

Figura 6: Registro de tiempos muertos en Excel.

En la (Figura 6), se presenta el registro de tiempos muertos, junto con las razones asociadas a cada caso. Estos datos resultan esenciales para entender las pausas en el proceso y evaluar qué factores pueden estar influyendo en la ralentización de la producción. Este insumo será clave en la etapa de análisis para priorizar las acciones de mejora que reduzcan la inactividad y optimicen la eficiencia operacional.

Para los tiempos de cambio de presentación, se aplicó un muestreo similar al de tiempos muertos, registrando la duración de los ajustes en las máquinas al cambiar entre presentaciones de productos como se muestra en la (Figura 7).

	A	B	C	D	E	F
1	Turno	Cambio de	Cambio a	Tiempo Inicio	Tiempo Fin	Duración Cambio (minutos)
2	Mañana	Frasco	Day Pack	8:00	12:00	20 MIN
3	Tarde	Day Pack	Kilo	1:00 p. m.	5:00 p.m.	15 MIN
4	Mañana	Kilo	Frasco	8:00	12:00	25 MIN
5	Tarde	Frasco	Kilo	1:00 p. m.	5:00 p.m.	30 MIN
6	Mañana	Day Pack	Frasco	8:00	12:00	18 MIN
7	Tarde	Frasco	Day Pack	1:00 p. m.	5:00 p.m.	17 MIN
8	Mañana	Day Pack	Kilo	8:00	12:00	14 MIN
9	Tarde	Kilo	Frasco	1:00 p. m.	5:00 p.m.	22 MIN
10	Mañana	Frasco	Kilo	8:00	12:00	28 MIN
11	Tarde	Day Pack	Frasco	1:00 p. m.	5:00 p.m.	19 MIN
12						
13	Ciclo 2					
14	Turno	Cambio de	Cambio a	Tiempo Inicio	Tiempo Fin	Duración Cambio (minutos)
15	Mañana	Frasco	Day Pack	8:00	12:00	19 MIN
16	Tarde	Day Pack	Kilo	1:00 p. m.	5:00 p.m.	16 MIN
17	Mañana	Kilo	Frasco	8:00	12:00	25 MIN
18	Tarde	Frasco	Kilo	1:00 p. m.	5:00 p.m.	28 MIN
19	Mañana	Day Pack	Frasco	8:00	12:00	18 MIN
20	Tarde	Frasco	Day Pack	1:00 p. m.	5:00 p.m.	17 MIN
21	Mañana	Day Pack	Kilo	8:00	12:00	13 MIN

Figura 7: *Tiempos de cambio en Excel.*

Dentro de los indicadores clave del proceso, para registrar la tasa de defectos se utilizó la fórmula estadística para poder determinar el tamaño de muestra necesario para obtener una estimación precisa de la tasa de defectos:

$$n = \frac{Z^2 * P * (1 - P)}{E^2}$$

Donde:

Z es el valor Z para un nivel de confianza del 95% (1.96),

P es la proporción esperada de defectos,

E es el margen de error permitido.

Donde los resultados indicaron que se inspeccionaron entre 5 y 8 unidades por lote entre frascos, entre 8 y 13 unidades en Day Packs, y entre 5 y 8 unidades en kilos. Este

procedimiento permitió evaluar si el lote completo cumplía con los estándares de calidad establecidos.

Se utilizó una hoja de verificación en Excel para registrar los defectos durante el proceso de producción diaria como se muestra en la (Figura 8).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Producto	Presentación	Turno	Defectos Por Lote	Razón 1	Razón 2	Razón 3
2	Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	3	Codificado Incorrecto	Exceso o Falta de Producto	Fugas o Roturas en el Empaque
3	Mix 4	Day Pack	Mañana	1	Impresión Incorrecta		
4	Parrillero	Day Pack	Tarde	2	Exceso o Falta de Producto	Codificado Incorrecto	
5	Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	3	Fugas o Roturas en el Empaque	Codificado Incorrecto	Impresión Incorrecta
6	Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	0	No hubo		
7	Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	0	No hubo		
8	Mix 4	Day Pack	Tarde	0	No hubo		
9	Parrillero	Day Pack	Mañana	1	Codificado Incorrecto		
10	Finas Hierbas	Day Pack	Tarde	2	Impresión Incorrecta	Fugas o Roturas en el Empaque	
11	Ajo en Polvo	Day Pack	Mañana	1	Impresión Incorrecta		
12							
13	Ciclo 2						
14	Producto	Presentación	Turno	Defectos Por Lote	Razón 1	Razón 2	Razón 3
15	Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	1	Codificado Incorrecto		

Figura 8: Tasa de defectos Day Pack en Excel.

La capacidad de producción por hora (CHP) se midió para cada presentación. La CHP se calculó como N/T (número de unidades producidas por hora/tiempo total empleado) como se muestra en la (Figura 9). Se realizó un seguimiento continuo durante cada turno de trabajo para contar cuantos productos eran producidos en una hora completa, tomando 4 ciclos en total.

	A	B	C	D	E	F
	Producto	Presentación	Turno	Producción Total (unidades)	Duración (horas)	CPH (Capacidad de Producción por Hora)
1						
2	Finas Hierbas	Frasco	Mañana	40	1,5	26,67
3	Finas Hierbas	Frasco	Tarde	43	1,2	35,83
4	Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	56	2	28,00
5	Finas Hierbas	Day Pack	Tarde	60	2,3	26,09
6	Finas Hierbas	Kilo	Mañana	3	0,3	10,00
7	Finas Hierbas	Kilo	Tarde	4	0,4	10,00
8	Pimienta Molida	Frasco	Mañana	37	1,5	24,67
9	Pimienta Molida	Frasco	Tarde	39	1,8	21,67
10	Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	64	2	32,00
11	Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	67	2,3	29,13
12	Pimienta Molida	Kilo	Mañana	4	0,2	20,00
13	Pimienta Molida	Kilo	Tarde	3	0,3	10,00
14	Parrillero	Frasco	Mañana	39	1,3	30,00
15	Parrillero	Frasco	Tarde	42	1,5	28,00
16	Parrillero	Day Pack	Mañana	72	2	36,00
17	Parrillero	Day Pack	Tarde	76	2,5	30,40
18	Parrillero	Kilo	Mañana	3	0,3	10,00
19	Parrillero	Kilo	Tarde	3	0,3	10,00
20	Ajo en Polvo	Frasco	Mañana	32	1,3	24,62
21	Ajo en Polvo	Frasco	Tarde	35	1,2	29,17
22	Ajo en Polvo	Day Pack	Mañana	38	2	19,00
23	Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	40	2,3	17,39
24	Ajo en Polvo	Kilo	Mañana	3	0,3	10,00
25	Ajo en Polvo	Kilo	Tarde	2	0,15	13,33
26	Mix 4	Frasco	Mañana	47	1,5	31,33
27	Mix 4	Frasco	Tarde	45	1,6	28,13
28	Mix 4	Day Pack	Mañana	85	2,3	36,96

Figura 9: Capacidad de producción por hora (CHP).

Fase 3: Analizar

En la fase de análisis, se utilizaron diversas herramientas estadísticas y de calidad para poder evaluar la eficiencia del proceso y confirmar la hipótesis planteada en las fases anteriores. Este análisis incluye la capacidad del proceso, las causas raíz de los problemas, la priorización de defectos y el estudio de la variabilidad en el rendimiento. A continuación, se detallan las herramientas estadísticas aplicadas y los resultados obtenidos, con un enfoque particular en los análisis de capacidad, correlación, Pareto, y ANOVA, que proporcionan una comprensión completa del desempeño del proceso y sus ineficiencias.

Uno de los análisis relevantes que se llevó a cabo, fue el del análisis de capacidad del proceso (CPK), para poder evaluar la capacidad de las presentaciones para cumplir con los estándares de calidad. Dentro de los resultados del CPK que se pueden apreciar en el (Anexo 2), se determinó que la capacidad es insuficiente para las presentaciones de Frasco y Day Pack, con valores CPK inferiores a 1, lo cual indica alta variabilidad y poca conformidad con los límites de especificación.

En la (Figura 10), se despliega el diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto), en donde se identificó que las causas raíz de los problemas en el proceso de producción enfatizaba en la máquina de codificado, donde las fallas mecánicas eran frecuentes y la configuración inadecuada constante, el método señalaba una falta de estandarización en el cambio de lotes, la mano de obra no tenía capacitación suficiente en el uso de los equipos y no existía una calidad inconsciente en los insumos (etiquetas y tintas).

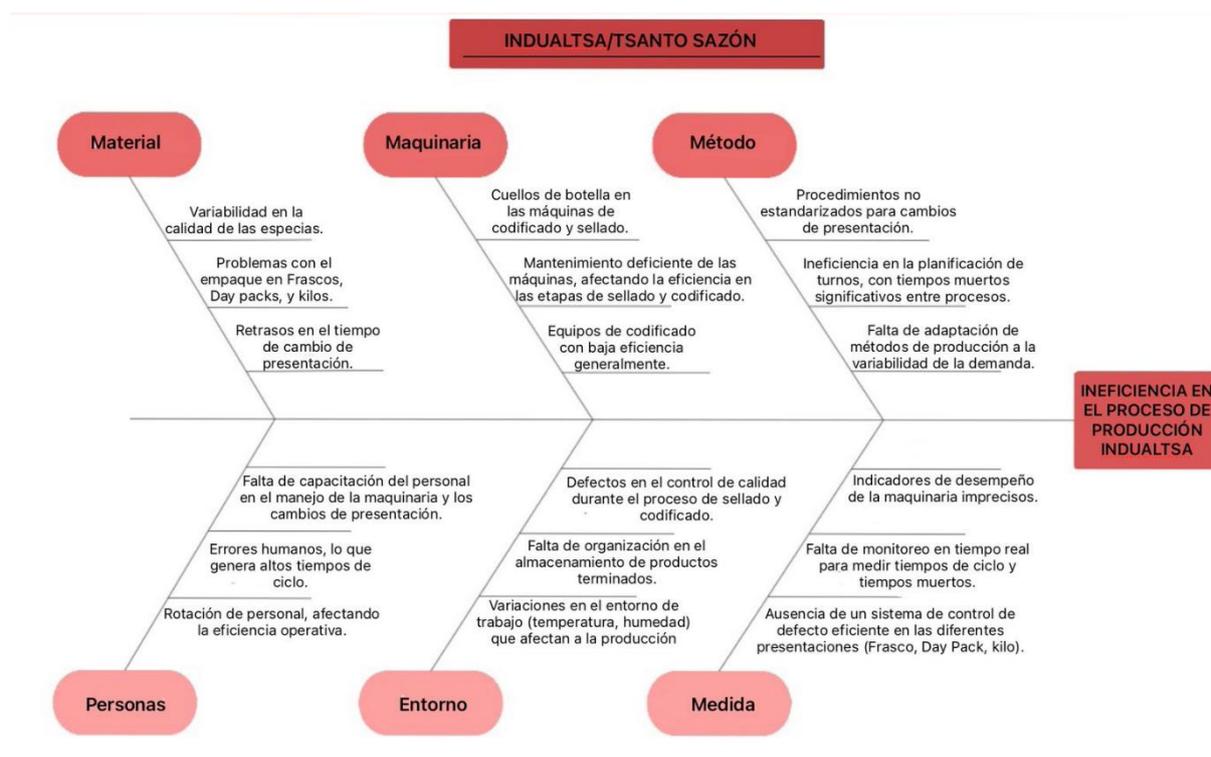


Figura 10: ISHIKAWA.

El análisis Pareto de la (Figura 11), identificó que el codificado incorrecto y los errores de impresión representaban el 65% de los defectos totales.

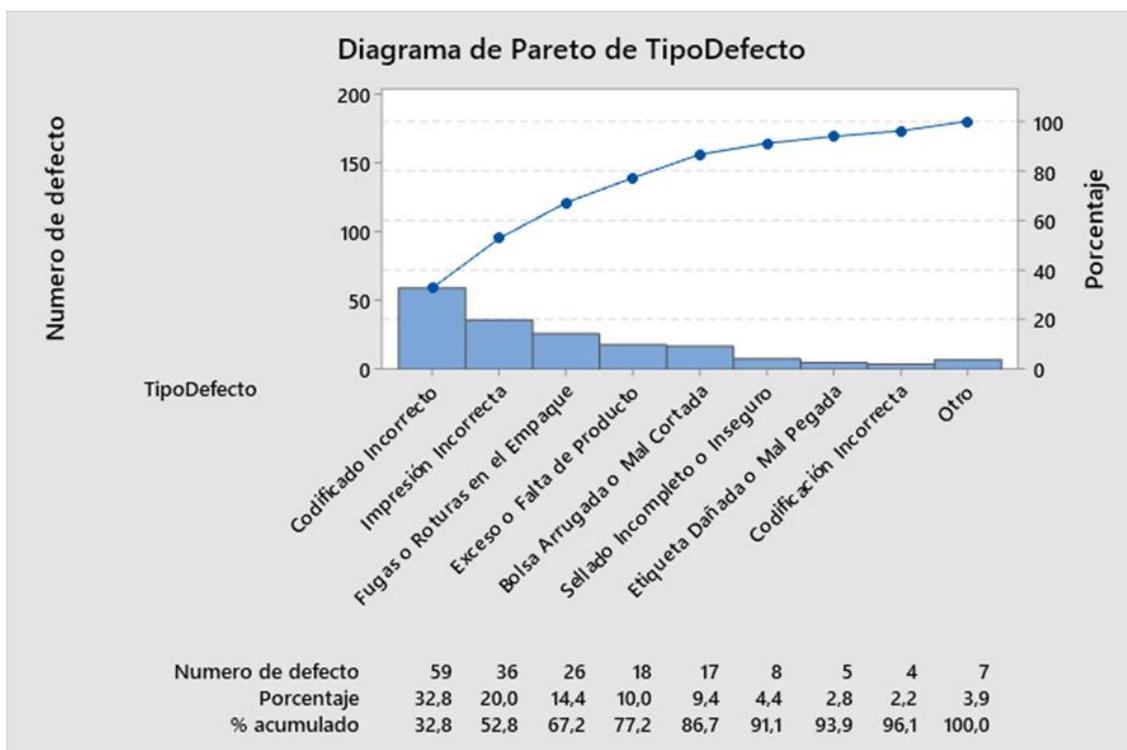


Figura 11: Pareto de las razones más comunes para los defectos en los productos.

Por otro lado, como se muestra en la (Figura 12), se realizaron gráficos de control I-MR para los tiempos de ciclo de la presentación Day Pack, donde se identificaron tres puntos fuera de los límites superiores de control en los valores individuales (29, 89, 119) y en el rango móvil, lo que evidencia la presencia de variaciones no atribuibles a causas comunes. Como se evidencia a su vez en el (Anexo 3), estos resultados sugieren que el proceso no está completamente bajo control estadístico y requieren acciones correctivas para reducir esta variabilidad.

A su vez, los patrones de la gráfica evidencian patrones y tendencias en los datos que ayudan a distinguir entre variaciones atribuibles a causas comunes y aquellas derivadas de causas especiales. En las gráficas de valores individuales, los datos que se encuentran dentro de los límites de control, que indican un proceso estable y predecible, mientras que los puntos fuera de estos límites evidencian situaciones que requieren atención. Pero los patrones

repetitivos, como la alternativa de valores altos y bajos o tendencias ascendentes y descendentes, reflejan posibles problemas sistemáticos o variaciones inherentes al proceso. Por ejemplo, en el análisis del tiempo de ciclo y defectos, los puntos fuera de control en las observaciones 29, 37 y 89 señalan desviaciones significativas, probablemente relacionadas con condiciones del turno o fallas en los equipos. Estas gráficas destacan la importancia de monitorear continuamente el proceso para detectar patrones como estos y poder tomar acciones correctivas oportunas, asegurando que el proceso sea estable y eficiente.

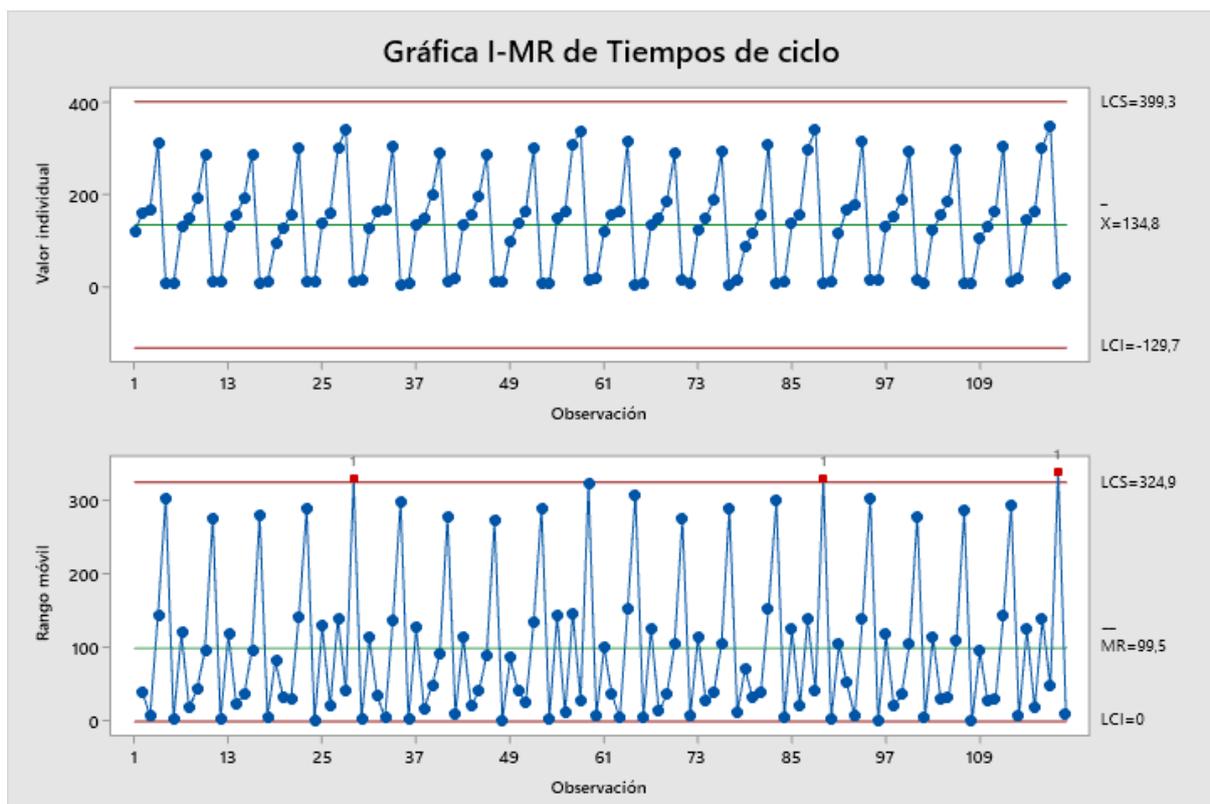


Figura 12: Gráfica de control tiempos de ciclo Day Pack.

Se realizaron pruebas de diferencia de medias para comparar los tiempos de ciclo entre los diferentes turnos en la mañana y en la tarde y se encontraron diferencias significativas (Figura 13) ($p < 0.05$), confirmando que existen factores específicos que afectan el rendimiento del proceso.

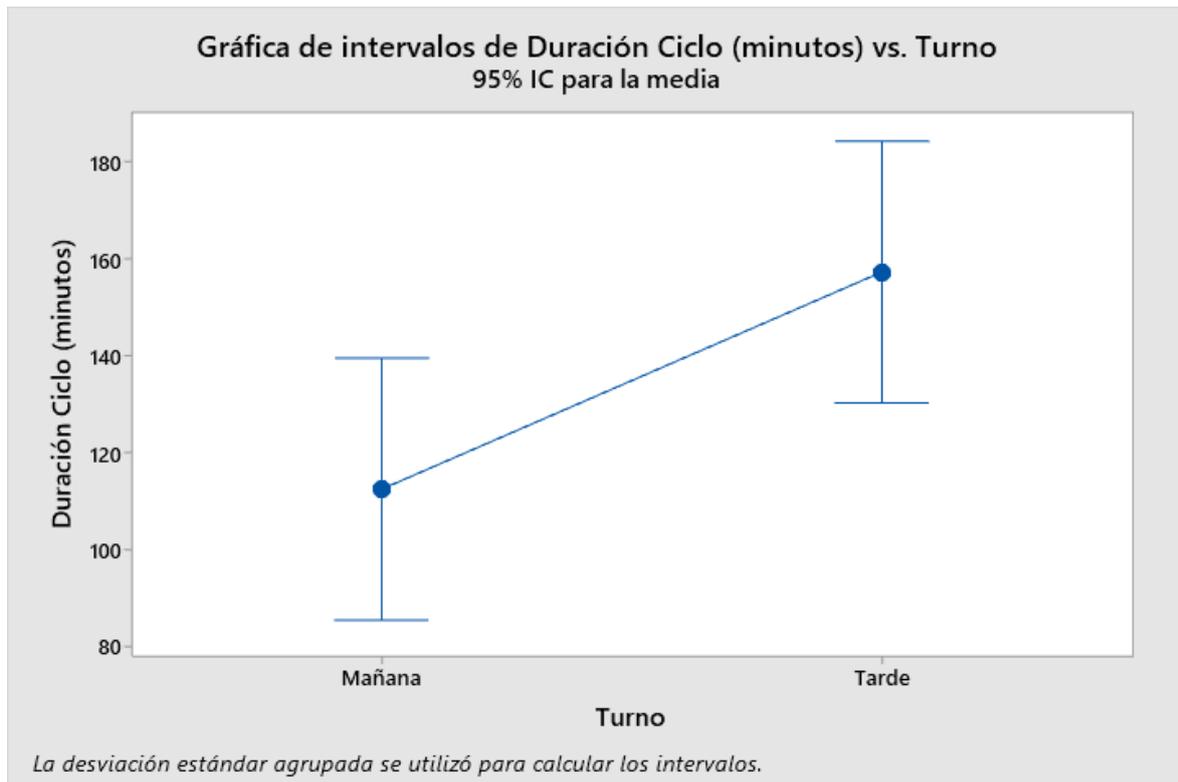


Figura 13: *Diferencia de medias para tiempos de ciclo entre turnos.*

Se realizó a la par un ANOVA como se puede observar el resultado del p-value en la (Figura 14), el cual evalúa el impacto del factor “Turno” (Mañana y Tarde) sobre las medias de los tiempos de ciclo. Bajo las hipótesis planteadas, donde la hipótesis nula establece que las medias son iguales y la hipótesis alternativa indica que no todas las medias son iguales, se observó un p-valor de 0.022, menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los turnos en términos de los tiempos de ciclo. Este hallazgo evidencia que los turnos de trabajo influyen directamente en el rendimiento en el proceso, siendo necesario investigar las causas específicas que generan estas diferencias para implementar mejoras operativas.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Turno	1	60211	60211	5,40	0,022
Error	118	1315809	11151		
Total	119	1376021			

Figura 14: *Análisis de varianza “p-value”.*

Por último, se realizó un análisis de correlación entre los tiempos muertos y los tiempos de ciclo, (y también entre la tasa de defectos y las diferentes presentaciones como se puede visualizar en el (Anexo 4)). Dando como resultado, que no se encontraron correlaciones significativas (Figura 15), lo que indica que los tiempos muertos no están necesariamente relacionados con la variabilidad del tiempo de ciclo, pero sí se observaron patrones de defectos recurrentes por presentaciones específicas, lo que indica que el proceso de producción en INDUALTSA tiene una alta variabilidad que afecta la eficiencia y la calidad del producto, puede estar ligado a una etapa en específico.

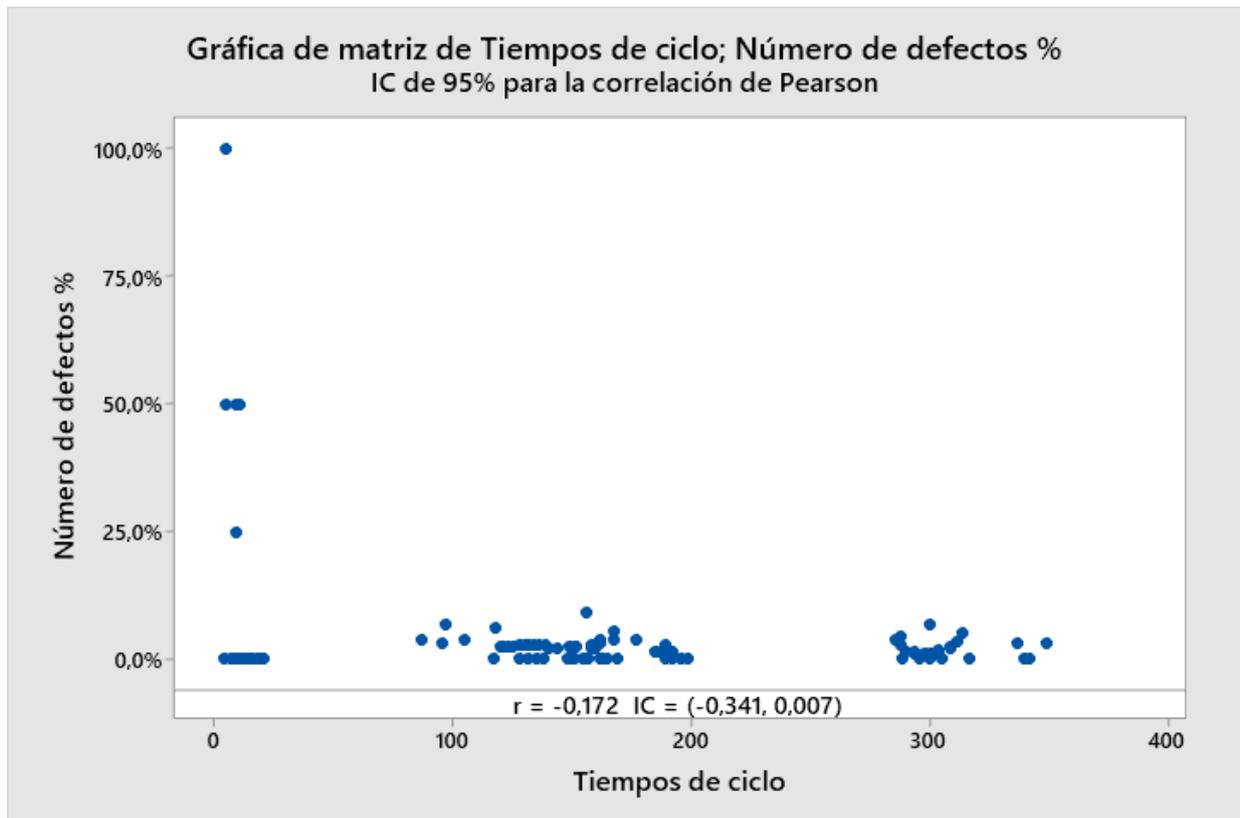


Figura 15: *Análisis de correlación entre tiempos de ciclo y porcentaje de defectos.*

Los resultados de la fase de análisis confirmaron que la etapa de codificado es el principal cuello de botella en el proceso de producción. Las pruebas de diferencias de medias y ANOVA, las gráficas de control y los índices de capacidad (CPK) mostraron claramente una alta variabilidad en el rendimiento, especialmente para los formatos de frasco y Day Pack.

Fase 4: Mejorar

En esta fase, se procedió a implementar las acciones correctivas necesarias para mitigar los cuellos de botella identificados previamente, con un enfoque particular en la etapa de codificado. Se confirmó que esta etapa presentaba las mayores deficiencias en términos de tiempos de ciclo y defectos, lo cual fue respaldado por los gráficos de control y análisis estadísticos realizados durante la fase de análisis. Las mejoras se realizaron en dos etapas

principales: primero, la implementación de la técnica SMED, y luego la aplicación de la metodología 5S para garantizar la sostenibilidad de las mejoras.

La implementación de la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio en la etapa de codificado. Primero, se clasificó las tareas en internas y externas, identificando qué actividades podrían realizarse con la máquina operativa. Luego, se convirtió algunas tareas internas a externas, como la preparación de la información del lote y la limpieza del área de trabajo.

Además, se implementó la estandarización de ajustes eliminando movimientos innecesarios y utilizando un codificador con memoria para almacenar parámetros, lo que permitió eliminar pruebas repetitivas. También se incluyeron herramientas estandarizadas, marcadores visuales y la eliminación de pruebas de impresión previas, optimizando el proceso de codificado mejorando la capacidad de producción.

Durante la implementación de la técnica de SMED en la etapa de “Mejorar”, se llevó a cabo una identificación detallada de las actividades internas y externas relacionadas con los cambios de formato.

En primer lugar, se clasificaron las actividades en dos categorías principales: tareas internas (realizadas con la máquina parada) y tareas externas (realizadas con la máquina operativa). Las tareas internas incluían la limpieza del área de trabajo tras finalizar el lote y la preparación de la información del nuevo lote (código, fecha, entre otros). Por otro lado, las tareas externas abarcan la impresión y corte de etiquetas necesarias para el nuevo lote, así como la organización y almacenamiento de las etiquetas impresas para su aplicación manual.

Tras este análisis, se implementaron acciones específicas para convertir ciertas actividades internas en externas. Por ejemplo, la preparación de la información del lote y la limpieza del codificador y el área de trabajo se programaron para realizarse mientras el lote

actual aún estaba en proceso, reduciendo así los tiempos improductivos. Adicionalmente, se incorporaron herramientas y técnicas de cambio rápido, como cajas de herramientas estandarizadas que contenían rollos de etiquetas preparados, tijeras y otros implementados necesarios, y marcadores visuales para identificar áreas clave en la estación de trabajo.

La estandarización y simplificación de ajustes también jugaron un papel fundamental. Se eliminaron tareas innecesarias, como ajustes físicos repetitivos, y se introdujo un codificador con memoria que almacenaba los parámetros de cada lote, lo que permitió reducir el tiempo de configuración. Además, durante el tiempo de espera, se realizaron ajustes y revisiones visuales para evitar pruebas de impresión innecesarias, optimizando aún más el proceso.

El análisis estadístico de diferencias pareadas entre los tiempos de antes y después de implementar el cambio demuestra una mejora significativa en las presentaciones evaluadas. En la presentación Day Pack (la presentación con más enfoque), se obtuvo una reducción promedio de 30.65% minutos, mientras que, en Frasco y Kilo, se lograron reducciones de 17.85 y 1.63 minutos respectivamente como se puede admirar en los (Anexos 6). Los valores p asociados fue 0.00 en todos los casos, confirmando la significancia estadística de las mejoras implementadas, validando el impacto positivo de las estrategias aplicadas en el proceso de codificado. Este análisis refuerza la efectividad de SMED y resalta cómo la segmentación de los datos por presentación permite evidenciar mejoras específicas que contribuyan al rendimiento general del proceso.

Después de implementar las mejoras exitosamente con SMED, se realizó un análisis comparativo específico del rendimiento del proceso de codificado y se almacenaron los datos dentro de una hoja de recolección de datos en Excel como se puede apreciar en el (Anexo 5).

Este análisis incluyó una comparación detallada entre el estado inicial del proceso (antes de las mejoras) y el estado posterior a la implementación de SMED que se visualizan en las (Figuras 16 y 17). Se utilizaron gráficas de control para las 3 presentaciones con un análisis de variabilidad para confirmar que la etapa de codificado era efectivamente el principal cuello de botella que impactaba negativamente la capacidad de producción y la eficiencia operativa, donde nuevamente se observaron patrones de defectos recurrentes por presentaciones específicas, lo que indica que el proceso de producción en INDUALTSA tiene una alta variabilidad que afecta la eficiencia y la calidad del producto. Los análisis I-MR sobre las presentaciones restantes se pueden apreciar dentro del (Anexo 7).

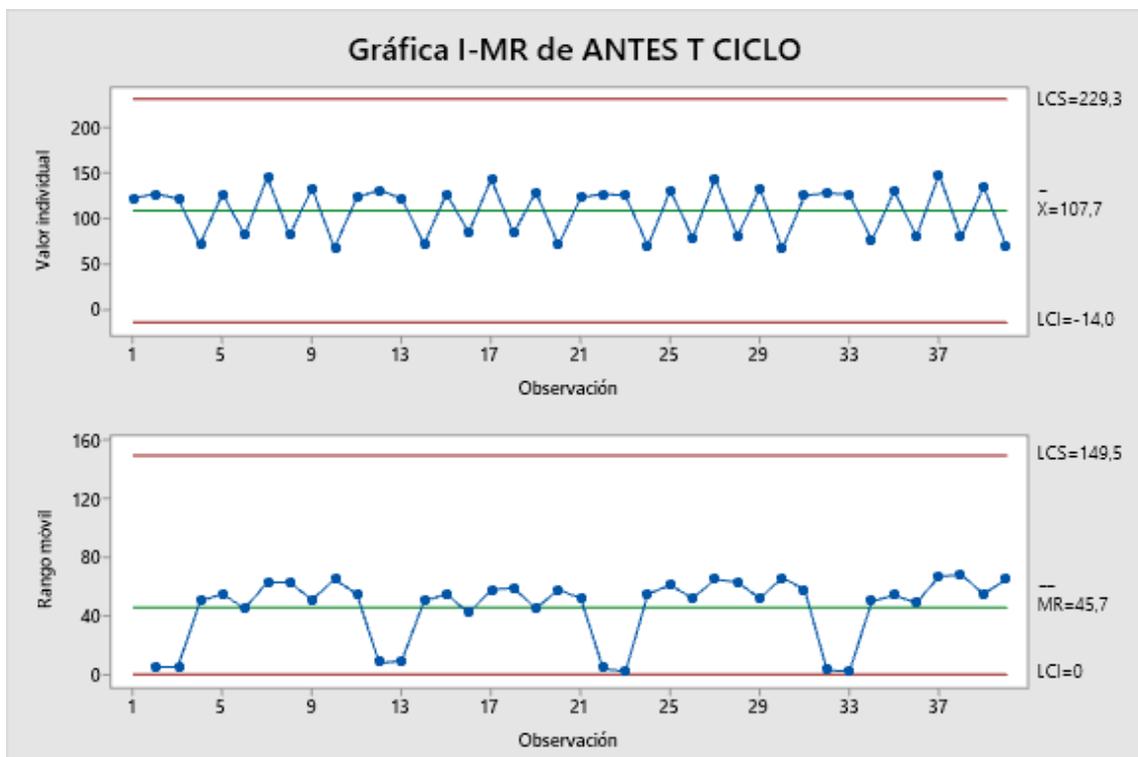


Figura 16: Gráfica I-MR Day Pack Antes.

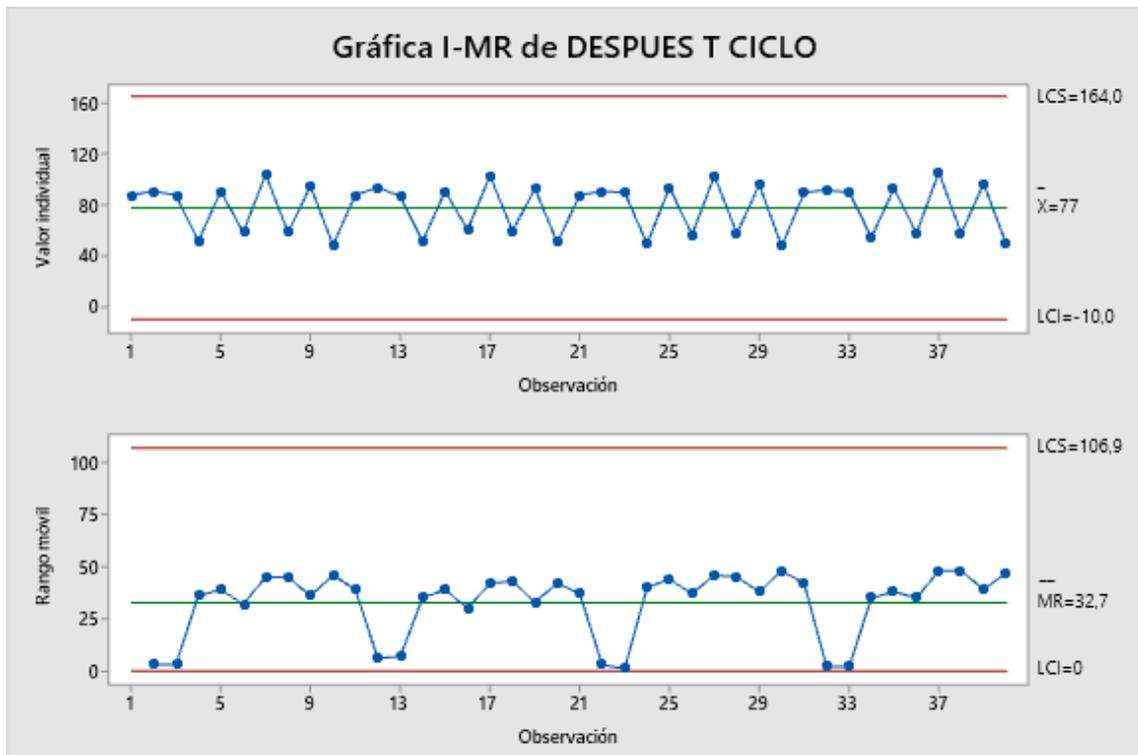


Figura 17: Gráfica I-MR Day Pack Después.

Por último, se realizó un ANOVA en el área de codificado, considerando los turnos como factor (Mañana y Tarde) como sus niveles al igual que los tiempos como factor (Antes y Después) como sus niveles, específicamente en la presentación de Day Pack que como se mostró en un inicio es la presentación que más énfasis hay que hacer por su demanda alta. Este análisis planteó las hipótesis:

H_0 : Los turnos no influyen directamente en el rendimiento del proceso de producción (tiempos de ciclo).

H_a : Los turnos si influyen directamente en el rendimiento del proceso de producción (tiempos de ciclo).

Los resultados del ANOVA mostraron un p-value de 0.000 para el factor “Tiempo” y un p-value de 0.488 para el factor “Turno”, lo que indica que los tiempos “Antes” y “Después” presentan diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de ciclo,

mientras que los turnos a su vez no tienen un impacto significativo por si mismos. Como se observa en la gráfica 20, las diferencias de medias entre los tiempos “Antes” y “Después” validan que las acciones implementadas generaron mejoras significativas en los tiempos de ciclo.

Adicionalmente, las gráficas de residuos confirmaron que los datos cumplen con los supuestos del modelo estadístico, validando la confiabilidad del análisis. Como se ve en la (Figura 18), los valores de residuos se distribuyen normalmente, reforzando la validez del ANOVA. Esto sugiere que las mejoras implementadas tras identificar y transformar actividades internas y externas durante el proceso de cambio han contribuido a reducir los tiempos de ciclo promedio.

En consecuencia, se procedió a estandarizar los procedimientos operativos y aumentar la capacitación de los operarios para garantizar una consistencia en el rendimiento tras los cambios. Este enfoque asegura que las mejoras operativas se mantengan en el tiempo y permite identificar nuevas oportunidades de optimización, como se evidencia en la (Figura 19), donde se validan los patrones de estabilidad y control del proceso.

Este enfoque permite evidenciar los resultados estadísticos t respaldar las acciones correctivas, asegurando que las mejoras operativas se mantengan en el tiempo.

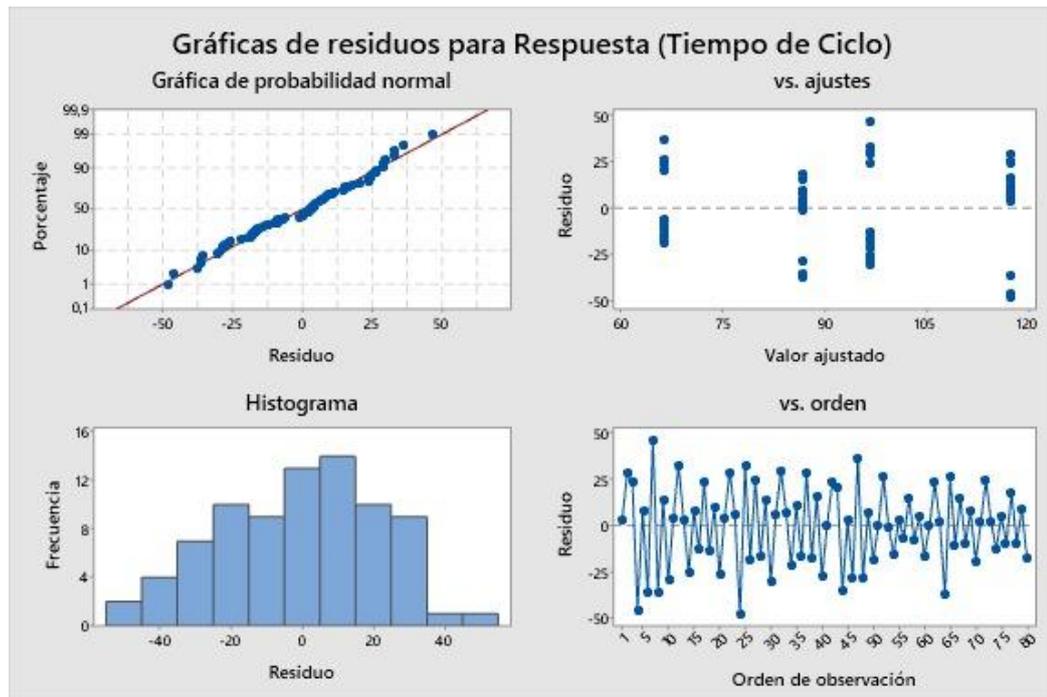


Figura 18: Gráficas de residuos para tiempos de ciclo de codificado Day Pack

INFORMACION DEL FACTOR

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	2	Antes; Después
Turno	Fijo	2	Mañana; Tarde

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	1	18788,4	18788,4	39,31	0,000
Turno	1	8440,5	8440,5	17,66	0,000
Error	77	36798,6	477,9		
Falta de ajuste	1	234,2	234,2	0,49	0,488
Error puro	76	36564,5	481,1		
Total	79	64027,5			

Figura 19: ANOVA Turnos solo codificado Day Pack.

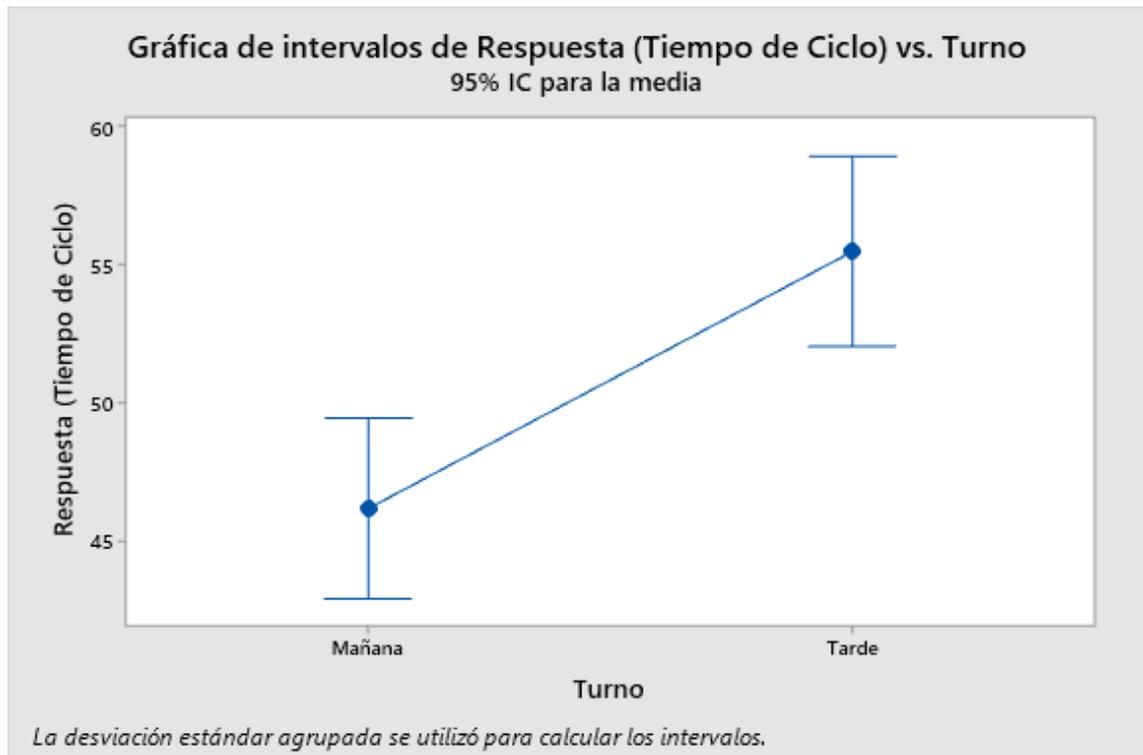


Figura 20: *Diferencia de medias en los turnos de tiempo de ciclo codificado Day Pack*

Se implementó la metodología 5S en el área de codificado para mejorar la organización y reducir los tiempos muertos, asegurando así la sostenibilidad de las mejoras logradas con SMED.

En primer lugar, se aplicó (SEIRI), con su traducción (Clasificar) como se puede ver en el (Anexo 8A), con la cual se eliminó el material innecesario del área de trabajo. Después, Ordenar (Seiton) como se puede ver en el (Anexo 8B), donde se establecieron lugares específicos para cada herramienta y material. Por otro lado, Limpiar (Seiso) como se puede ver en el (Anexo 8C), donde se implementó rutinas diarias de limpieza para poder asegurar un entorno de trabajo seguro y eficiente. Estandarizar (Seiketsu) como se puede ver en el (Anexo 8D), donde se crearon estándares visuales para mantener la organización. Por último, Sostener (Shitsuke) como se puede ver en el (Anexo 8E), donde se desarrolló un plan de auditorías internas para poder asegurar la continuidad de esta metodología. Como resultado,

la implementación de 5S permitió reducir los tiempos muertos en un 15%, mejorando la eficiencia del área de trabajo.

Se llevaron a cabo talleres prácticos para capacitar a los operarios en el uso de SMED y las 5S, así como en la operación de los codificadores. Observando una disminución en la tasa de errores operativos, mejorando la calidad del codificado significativamente.

La implementación de las herramientas y metodologías correctivas permitió una mejora tangible en la eficiencia del proceso de codificado. Las gráficas de comparación antes y después confirman que el cuello de botella identificado fue mitigado, logrando una reducción en los tiempos de ciclo y en la tasa de defectos, así como una estabilización general del proceso. Estas mejoras incrementaron la capacidad de respuesta de INDUALTSA y la calidad de sus productos, sentando una base sólida para la sostenibilidad futura.

Fase 5: Controlar

En la fase de controlar, se busca garantizar que las mejoras implementadas durante la fase de Mejorar, particularmente las relacionadas con SMED y 5S, sean sostenibles a largo plazo y se mantengan los resultados obtenidos. La correcta implementación de controles estadísticos y operativos es fundamental para evitar regresiones en el proceso y asegurar una operación consistente y eficiente. Se enfoca en el monitoreo de los KPIs críticos del proceso y la estandarización de los procedimientos operativos.

Para el control de SMED, se implementaron herramientas y técnicas específicas como la estandarización de cambios rápidos, la eliminación de ajustes innecesarios en las máquinas y el uso de sistemas de memoria en el codificador para agilizar los procesos de configuración. Estas medidas han permitido garantizar que los tiempos de cambio se mantengan dentro de los parámetros establecidos, minimizando la variabilidad y aumentando la eficiencia operativa. En cuanto al control del 5S, se implementaron auditorías periódicas para asegurar

que el área de trabajo se mantenga organizada, limpia y eficiente, y que todos los operarios cumplan con los estándares visuales y operativos establecidos.

Además, se realizó una estandarización clara en los procedimientos operativos y se aumentó la capacitación de los operarios para garantizar una consistencia en el rendimiento de los diferentes turnos (mañana y tarde). La implementación de protocolos de trabajo específicos y el monitoreo constante de los KPIs permitirá identificar cualquier desviación en el proceso que esté relacionada con el turno de trabajo.

Se desarrolló un manual como nos muestra un ejemplar reducido del manual en la (Figura 21) y (Anexo 9), para guiar al personal en la correcta organización y seguimiento de estos. Este manual incluye descripciones detalladas de cómo se debe mantener cada KPI. De la mano con el manual, se desarrolló una hoja de verificación, como se ve en el (Anexo 8D), en donde los operarios deben completar semanalmente para asegurar que cumplan los estándares de las 5S.

Los KPIs definidos en la fase de definir (tasa de defectos, capacidad de producción, tiempos de ciclo, tiempos muertos, frecuencia de cambio de presentación) se deben monitorear semanal y mensualmente para asegurar la continuidad de las mejoras.

Tasa de defectos: Se realiza un seguimiento continuo para identificar cualquier aumento en los defectos producidos durante las diferentes etapas del proceso. Los resultados se comparan con los límites de calidad establecidos, y cualquier desviación se aborda de inmediato.

Capacidad de Producción por Hora (CHP): Se mide el rendimiento de la producción para cada presentación (Frasco, Day Pack, Kilo), comparando la cantidad de unidades producidas con el tiempo total invertido. Este KPI asegura que la capacidad de producción se mantenga en niveles óptimos.

Tiempos de ciclo: Se monitorea la duración de cada ciclo de producción, con especial atención a las variaciones entre turnos (mañana y tarde). Esto garantiza la consistencia en el rendimiento, y permite ajustar procedimientos operativos cuando sea necesario.

Tiempos muertos: Se analizan los tiempos de inactividad para detectar oportunidades de mejora y reducir el tiempo improductivo.

Frecuencia de cambio de presentación: Se registra la frecuencia y el tiempo empleado en los cambios de presentación, con el objetivo de mantener estos tiempos dentro de los estándares establecidos tras la implementación del SMED.

◈ CÓMO MONITOREAR Y GESTIONAR LOS KPIS EN INDUALTSA: MANUAL Y CHECKLIST ◈

Este manual proporciona los pasos esenciales para monitorear y gestionar los indicadores clave de desempeño (KPIs) de la planta de producción de INDUALTSA, y asegura que el proceso de mejora continua se mantenga.

TASA DE DEFECTOS

Realizar inspecciones diarias y documentar cualquier defecto encontrado. Comparar los resultados con los límites de calidad especificados.

Si se observa un aumento en la tasa de defectos, se deben implementar de inmediato acciones correctivas para abordar las causas subyacentes.

CHP

Medir la cantidad de unidades producidas cada hora y compararla con el tiempo total invertido. Registrar estos datos para cada presentación.

Revisar semanal y mensualmente los resultados de la CHP, asegurándose de que se mantenga dentro de los niveles planificados.

TIEMPOS DE CICLO

Tomar mediciones del tiempo de ciclo en los turnos de mañana y tarde, y documentar cualquier variación. Si se detecta una variabilidad significativa, se deben ajustar los procedimientos operativos.

Aumentar la capacitación de los operarios y estandarizar los protocolos de trabajo para mantener la consistencia entre turnos.

TIEMPOS MUERTOS

Registrar cada evento de inactividad y su duración, identificar patrones y determinar las causas de los tiempos muertos.

Implementar cambios en los procedimientos y mejorar la coordinación entre los operarios para reducir la ocurrencia de tiempos muertos.

Juan Ignacio Orbe IIN

Figura 21: Resumen manual KPIs #1.

Por otro lado, se estableció un plan de control que incluye revisiones periódicas de los procesos y la actualización de los procedimientos operativos según sea necesario. Se realizarán auditorías mensuales para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan y se identifiquen nuevas oportunidades de mejora de la mano con un sistema de recompensas, el cual sirve para motivar a los operarios a cumplir con los estándares de calidad y de eficiencia. Este plan de control debe ir de la mano con gráficos I-MR para monitorear la estabilidad del proceso y detectar causas de variación y SPC para controlar en tiempo real que el codificado y etiquetado cumplan con los límites.

Por último, se desarrolló un plan de capacitación continua para asegurar que el personal mantenga las mejoras implementadas y que nuevos empleados reciban la información adecuada.

Conclusiones y Recomendaciones

La implementación del proyecto DMAIC en IDNUALTSA permitió identificar y mitigar los cuellos de botella presentes en las etapas de codificado del proceso de producción. A lo largo de las diferentes fases del proyecto, se logró evidenciar que la etapa de codificado era el principal obstáculo para alcanzar la eficiencia operativa deseada.

A través de los análisis estadísticos, incluyendo ANOVA y CPK, se confirmó que la etapa de codificado representaba un importante cuello de botella debido a su alta variabilidad y a los defectos recurrentes. La implementación de la técnica SMED no solo permitió reducir los tiempos de cambio entre presentaciones, sino que también reorganizó de manera efectiva las tareas internas y externas, reduciendo los tiempos improductivos y optimizando el flujo de trabajo lo cual contribuyó a mitigar este problema de manera significativa.

Las gráficas de control antes y después de las mejoras mostraron una clara reducción de la variabilidad en los tiempos de ciclo. El proceso, que inicialmente presentaba puntos fuera de control y comportamientos inestables, se estabilizó gracias a las acciones correctivas implementadas, como SMED y 5S. Adicionalmente, la tasa de defectos se redujo de manera considerable, lo que mejoró la calidad del producto final y aumentó la satisfacción del cliente.

Se identificó una variabilidad significativa entre los turnos de la mañana y de la tarde. Con la estandarización de los procedimientos operativos y la capacitación del personal, se logró una mayor consistencia en el rendimiento de ambos turnos, asegurando una operación más uniforme y eficiente. La capacitación continua resultó ser un factor clave para garantizar la sostenibilidad de las mejoras, reduciendo errores operativos y aumentando la habilidad del personal para enfrentar futuros desafíos.

Por último, la capacidad de producción por hora (CHP) aumentó debido a la reducción en los tiempos de ciclo y tiempos muertos. Estas mejoras permitieron a INDUALTSA incrementar su capacidad de respuesta ante la creciente demanda de sus productos, logrando un proceso de producción más eficiente y ágil.

Por otro lado, como medida de optimización se recomienda la compra de un codificador automático. Este nuevo equipo, al integrarse con los procedimientos estandarizados implementados, permitirá no solo reducir los errores de impresión, sino también incrementar la velocidad y precisión del proceso, reforzando la estabilidad operativa. A mediano plazo, se esperaría que esta adquisición genere una reducción sostenida en los tiempos de ciclo promedio por lote en un gran porcentaje, lo que aumentará la capacidad de respuesta en la producción. Asimismo, se proyecta una disminución de los defectos relacionado con el codificado, lo que incrementa la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la demanda en el mercado.

Para mantener la consistencia lograda entre los turnos de la mañana y de la tarde, es crucial implementar protocolos de trabajo bien definidos y realizar auditorías periódicas. Esto permitirá detectar cualquier desviación del proceso y tomar acciones correctivas de manera oportuna. Además, el monitoreo continuo con herramientas avanzadas, como gráficas SPC (Control Estadístico de Procesos), facilitará una detección temprana de problemas, ayudando a mantener el control de calidad y estabilidad en el codificado.

Es fundamental que el personal operativo reciba capacitación continua sobre las herramientas de mejora implementadas, como SMED y 5S, garantizando que las mejoras se mantengan al largo plazo y que el equipo de trabajo esté preparado para enfrentar futuros retos operativos.

Se recomienda el monitoreo constante de los indicadores clave de desempeño establecidos: Tiempo de ciclo, tasa de defectos, capacidad de producción, tiempos muertos y frecuencia de cambio entre presentaciones. Permitiendo evaluar de forma continua la efectividad de las mejoras y realizar ajustes cuando sea necesario.

Se sugiere que INDUALTSA continúe explorando nuevas tecnologías y equipos que puedan ayudar a mejorar aún más la eficiencia del proceso productivo. La inversión en tecnología de última generación, como el nuevo codificador, representa un paso importante hacia la modernización de la planta y la mejora continua de la calidad del producto final.

Referencias

Albliwi, S. A., Antony, J., & halim Lim, S. A. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665-691.

https://www.researchgate.net/publication/279743768_A_systematic_review_of_Lean_Six_Sigma_for_the_manufacturing_industry

Arnold, B. C. (2014). Pareto distribution. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1-10.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781118445112.stat01100.pub2>

Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. John Wiley & Sons.

<https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=leQvoUXM9L0C&oi=fnd&pg=PR7&dq=%22Implementing+Six+Sigma:+Smarter+Solutions+Using+Statistical+Methods%22&ots=w5hmXnWt0F&sig=DD4wdr-UoN7IaSfiDIN7I09YnrM#v=onepage&q=%22Implementing%20Six%20Sigma%3A%20Smarter%20Solutions%20Using%20Statistical%20Methods%22&f=false>

Caicedo Solano, N. E., & Mahecha Bernal, L. J. (2015). Método de evaluación de las reglas de cambio entre planes de inspección normal y reducida con base en tablas Military Standard 105e. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 23(1), 98-106.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052015000100012&script=sci_arttext&tlng=pt

Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Paredes, F. J. G. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends*

in *Food Science & Technology*, 82, 122-133.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418301730>

Euromonitor International. (2022). *Sauces, Dressings and Condiments in Ecuador*.

<https://www.euromonitor.com/sauces-dips-and-condiments-in-ecuador/report>

Furia, T. E. (Ed.). (2019). *Handbook of Flavor Ingredients: Volume I*. CRC Press.

<https://www.imarcgroup.com/spices-seasonings-market>

George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with lean Production Speed*.-McGrow-Hill Co.-.

https://books.google.com.ec/books/about/Lean_Six_Sigma.html?id=PIFzgiznTp8C&redir_esc=y

Hakimi, S., Zahraee, S. M., & Rohani, J. M. (2018). Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six*

Sigma, 9(4), 562-578. [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLSS-11-2016-](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLSS-11-2016-0069/full/html?journalCode=ijlss&utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=International_Journal_of_Lean_Six_Sigma_TrendMD_1&WT.mc_id=Emerald_TrendMD_1)

[0069/full/html?journalCode=ijlss&utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=International_Journal_of_Lean_Six_Sigma_TrendMD_1&WT.mc_id=Emerald_TrendMD_1](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLSS-11-2016-0069/full/html?journalCode=ijlss&utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=International_Journal_of_Lean_Six_Sigma_TrendMD_1&WT.mc_id=Emerald_TrendMD_1)

Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International journal of operations & production management*, 24(10), 994-1011.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01443570410558049/full/html>

Ismail, A., Ghani, J. A., Ab Rahman, M. N., Md Deros, B., & Che Haron, C. H. (2014).

Application of lean six sigma tools for cycle time reduction in manufacturing: case study in biopharmaceutical industry. *Arabian Journal for Science and*

Engineering, 39, 1449-1463. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-013-0678-y>

Mestanza-Ramón, C., Henkanaththegedara, S. M., Vásconez Duchicela, P., Vargas Tierras, Y., Sánchez Capa, M., Constante Mejía, D., ... & Mestanza Ramón, P. (2020). In-situ and ex-situ biodiversity conservation in Ecuador: A review of policies, actions and challenges. *Diversity*, 12(8), 315. <https://www.mdpi.com/1424-2818/12/8/315>

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons. https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=YWLNEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=montgomery+%22Introduction+to+Statistical+Quality+Control%22.&ots=hEZO-ro8yh&sig=AL3rPdWP3_uGiDfqNRx8jvtXFc#v=onepage&q=montgomery%20%22Introduction%20to%20Statistical%20Quality%20Control%22.&f=false

Neubauer, D. V., & Luko, S. N. (2012). Comparing acceptance sampling standards, part 1. *Quality Engineering*, 25(1), 73-77. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08982112.2013.738146>

Patil, N. V., Komala, S., Nayakawade, S., & Karajagikar, J. S. (2022). The Lean-Based DMAIC Methodology for Optimization of Product Development Process (PDP). In *Recent Advances in Manufacturing Modelling and Optimization: Select Proceedings of RAM 2021* (pp. 265-273). Singapore: Springer Nature Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-9952-8_25

Smith, B. (2023). Lean and Six Sigma--a one-two punch. *Quality progress*, 36(4), 37. <https://www.proquest.com/openview/020fd2f471316addde1d7d9c780b272b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34671>

- Socconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. Marge books. <https://www.socconini.com/lean-six-sigma-green-belt>
- Sodhi, H. S. (2021). Lean Six Sigma in food industry: a case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 34(3), 336-349.
<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPQM.2021.119765>
- Tobi, R. C., Harris, F., Rana, R., Brown, K. A., Quaife, M., & Green, R. (2019). Sustainable diet dimensions. Comparing consumer preference for nutrition, environmental and social responsibility food labelling: a systematic review. *Sustainability*, 11(23), 6575.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/23/6575>
- Wang, B., Tao, F., Fang, X., Liu, C., Liu, Y., & Freiheit, T. (2021). Smart manufacturing and intelligent manufacturing: A comparative review. *Engineering*, 7(6), 738-757.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809920302502>
- Wetherill, G. B. (2014). *Sampling inspection and quality control* (Vol. 129). Springer.
<https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=MdoFCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=En+Sampling+Inspection+and+Quality+Control+Wetherill&ots=EiOt0t6zvX&sig=EnpKwNTRS2Vn3jYsj3uFzXkGqT8#v=onepage&q=En%20Sampling%20Inspection%20and%20Quality%20Control%20Wetherill&f=false>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile. (*No Title*). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282272434187264>

Anexos

Anexo 1: Project Charter

Project Charter

Optimización del tiempo de ciclo en la producción de condimentos en INDUALTSA

Problem Statement

El proceso de codificado y sellado en INDUALTSA ha sido identificado preliminarmente como un cuello de botella que genera retrasos significativos en la producción. Esto ha afectado la capacidad de la empresa para responder a la creciente demanda de la línea de condimentos Tsanto Sazón, impactando tanto la eficiencia operativa como la satisfacción del cliente. Se ha observado un incremento en los tiempos de entrega y una pérdida de confianza por parte de los distribuidores y supermercados.

Business Case & Benefits

Optimizar los procesos de codificado y sellado permitirá a INDUALTSA mejorar su capacidad de producción sin comprometer la calidad del producto. La implementación de mejoras Lean y la metodología DMAIC reducirá el tiempo de ciclo, permitiendo a la empresa satisfacer la demanda creciente de Tsanto Sazón. Además, se espera una mejora en la relación con los distribuidores debido a una mayor puntualidad en las entregas, incrementando la satisfacción del cliente y las ventas a largo plazo.

Goal Statement

Reducir el tiempo de ciclo de los procesos de codificado y sellado en un 30%, mejorando la eficiencia general del proceso de producción de INDUALTSA. Aumentar la capacidad de producción para satisfacer la demanda sin comprometer la calidad del producto final y disminuir la tasa de defectos en un 20%.

Timeline

Phase	Planned Completion Date
Define:	15/9/2024
Measure:	22/9/2024
Analyze:	1/11/2024
Improve:	15/11/2024
Control:	1/12/2024

Scope - First/Last and In/Out

1st Process Step	Inicio del proceso de codificado.
Last Process Step	Sellado y etiquetado del producto terminado.

In Scope: Optimización del proceso de codificado y sellado, reducción de tiempos de ciclo, mejora de la eficiencia en el cambio de presentaciones de producto, capacitación del personal y mantenimiento preventivo de las máquinas.

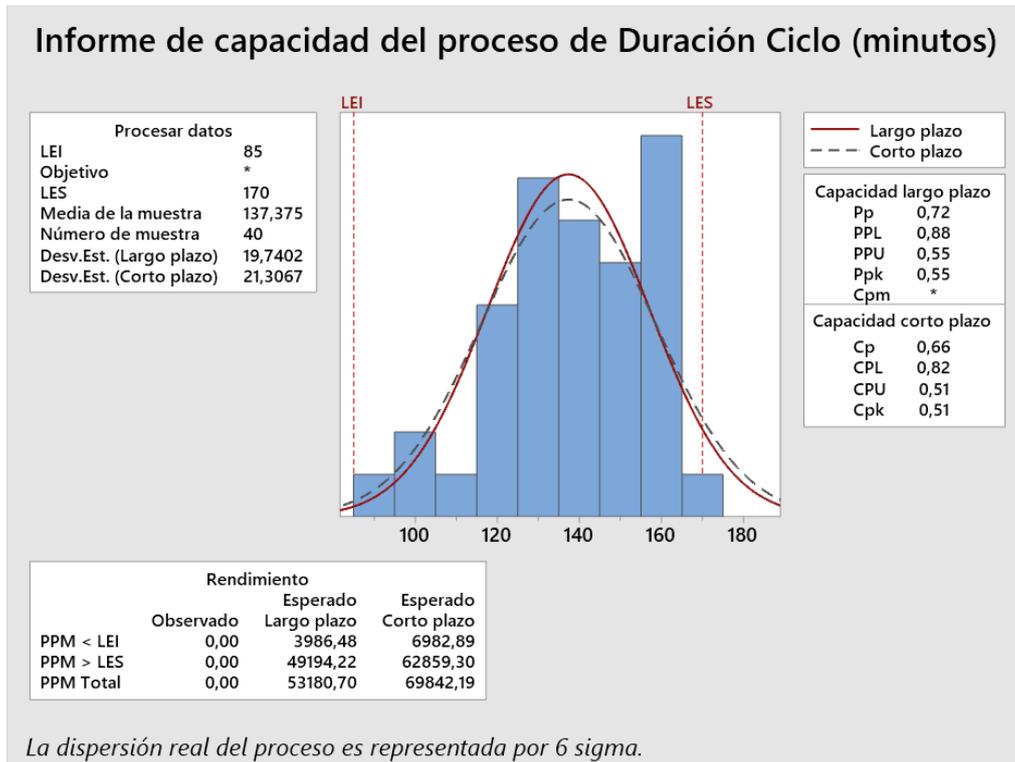
Out of Scope: Cambios en el diseño del producto, modificaciones en otras áreas de la planta fuera de codificado y sellado, y cambios en la política de distribución de INDUALTSA.

Team Members

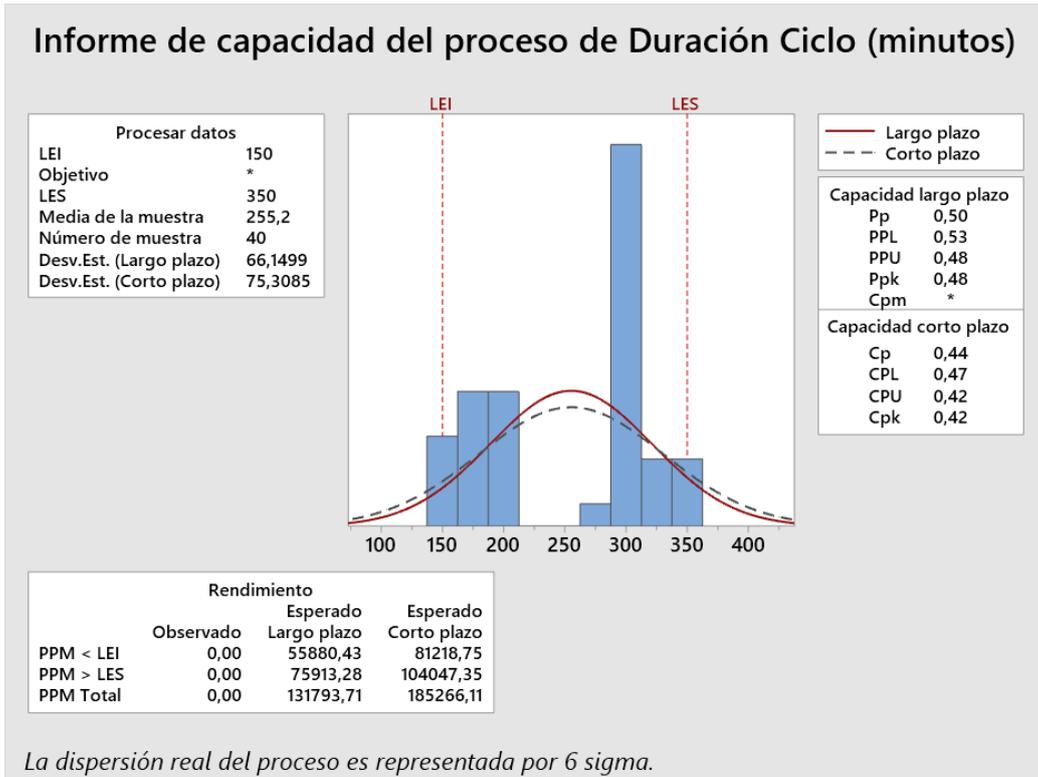
Position	Person	Title	% of Time
Team Lead	Salim Abedrabbo	Project Manager	30%
Team Member	Juan I Orbe	Ingeniero Industrial	40%
Team Member	Jorge Farha	Ingeniero Comercial.	30%

Anexo 2: Análisis de Capacidad

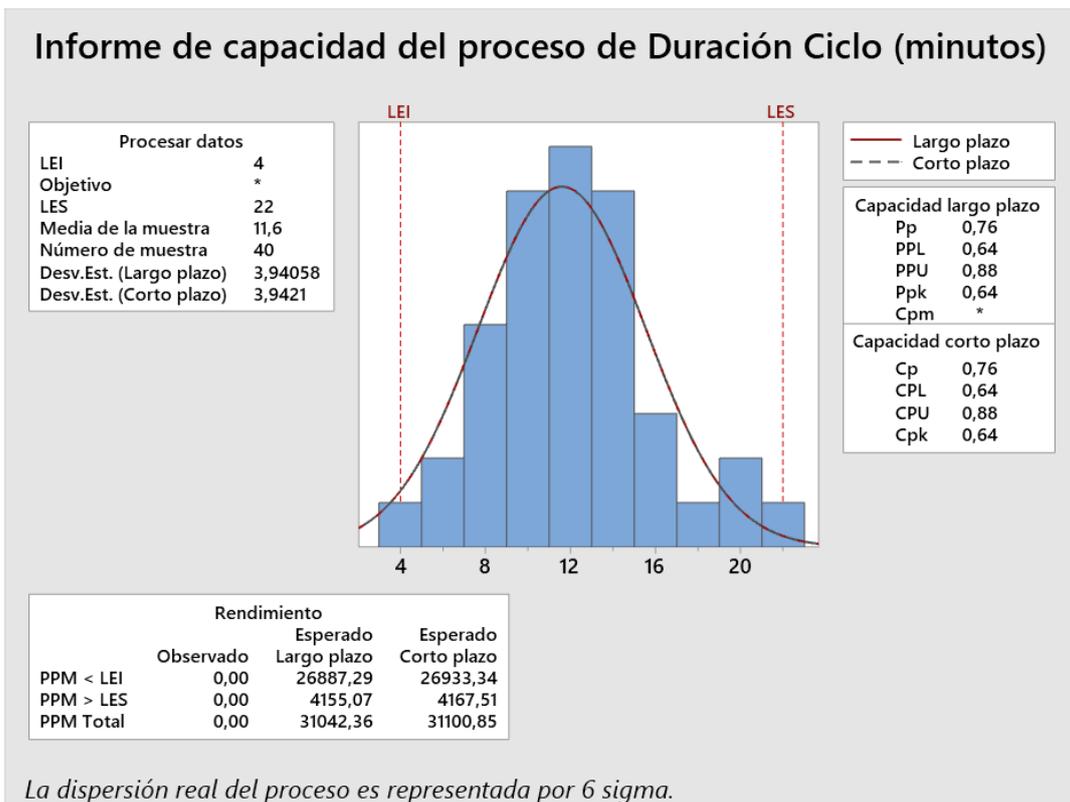
Anexo 2A: Análisis de capacidad de proceso para los tiempos de ciclo para frasco



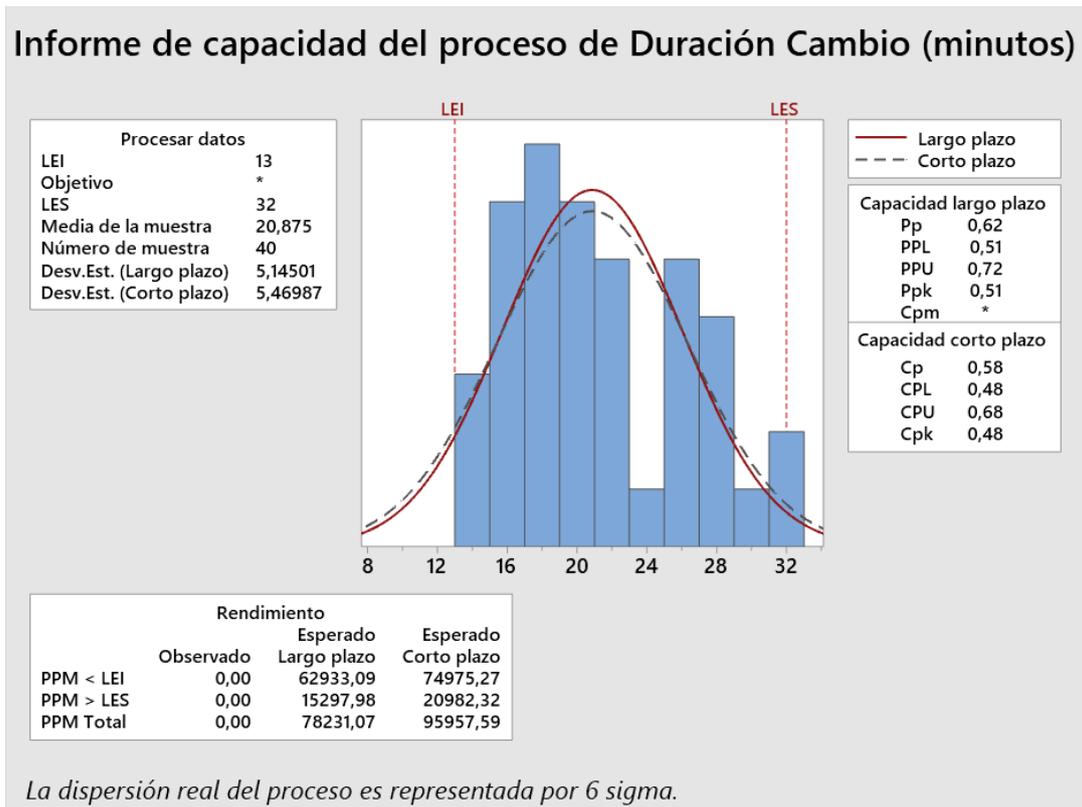
Anexo 2B: Análisis de capacidad de proceso para los tiempos de ciclo para Day Pack



Anexo 2C: *Análisis de capacidad de proceso para los tiempos de ciclo para Kilo.*

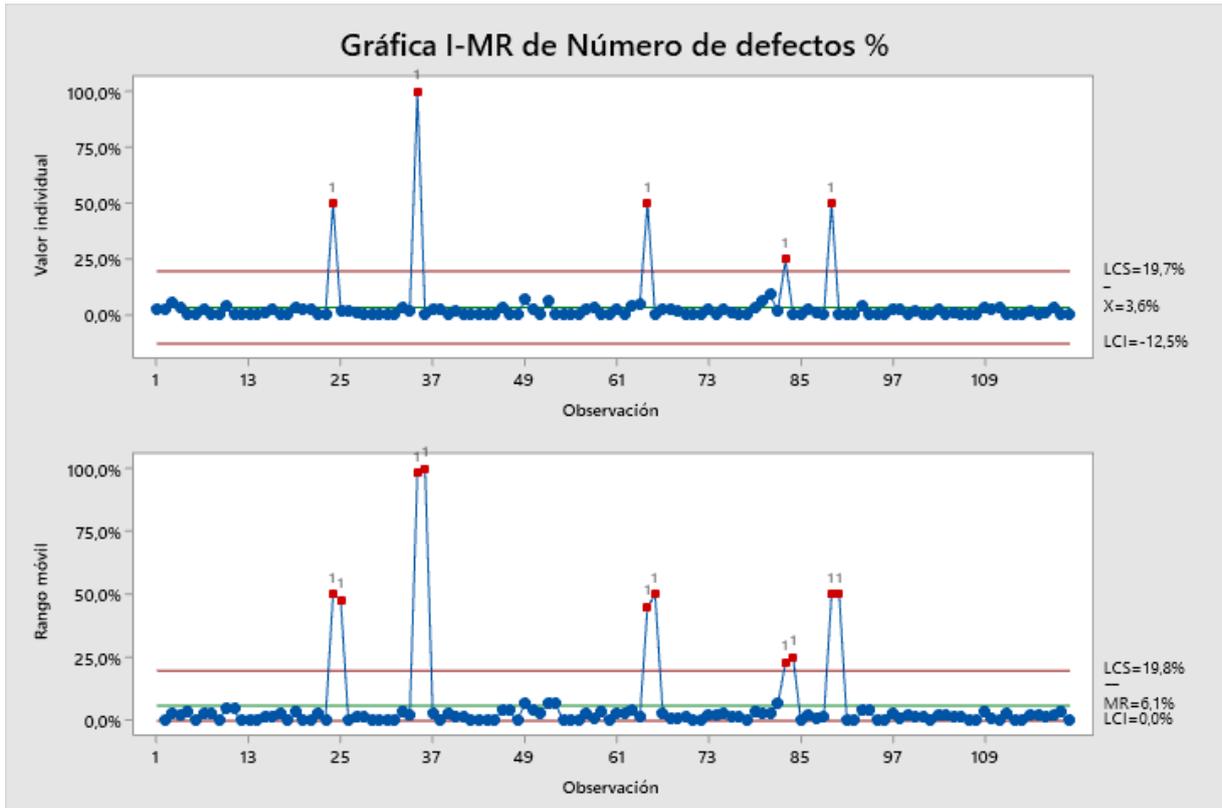


Anexo 2D: *Análisis de capacidad de proceso para los tiempos de cambio de presentación.*

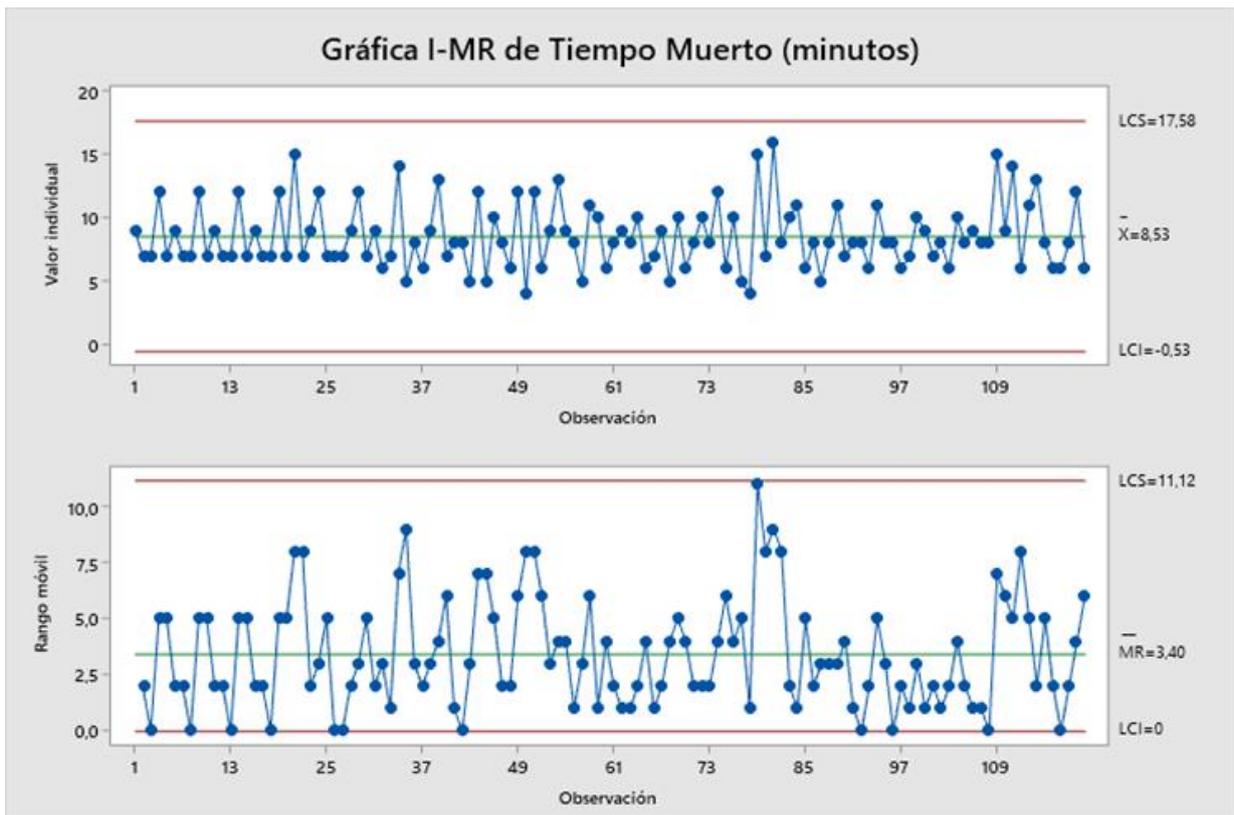


Anexo 3: *Gráficas I-MR de control*

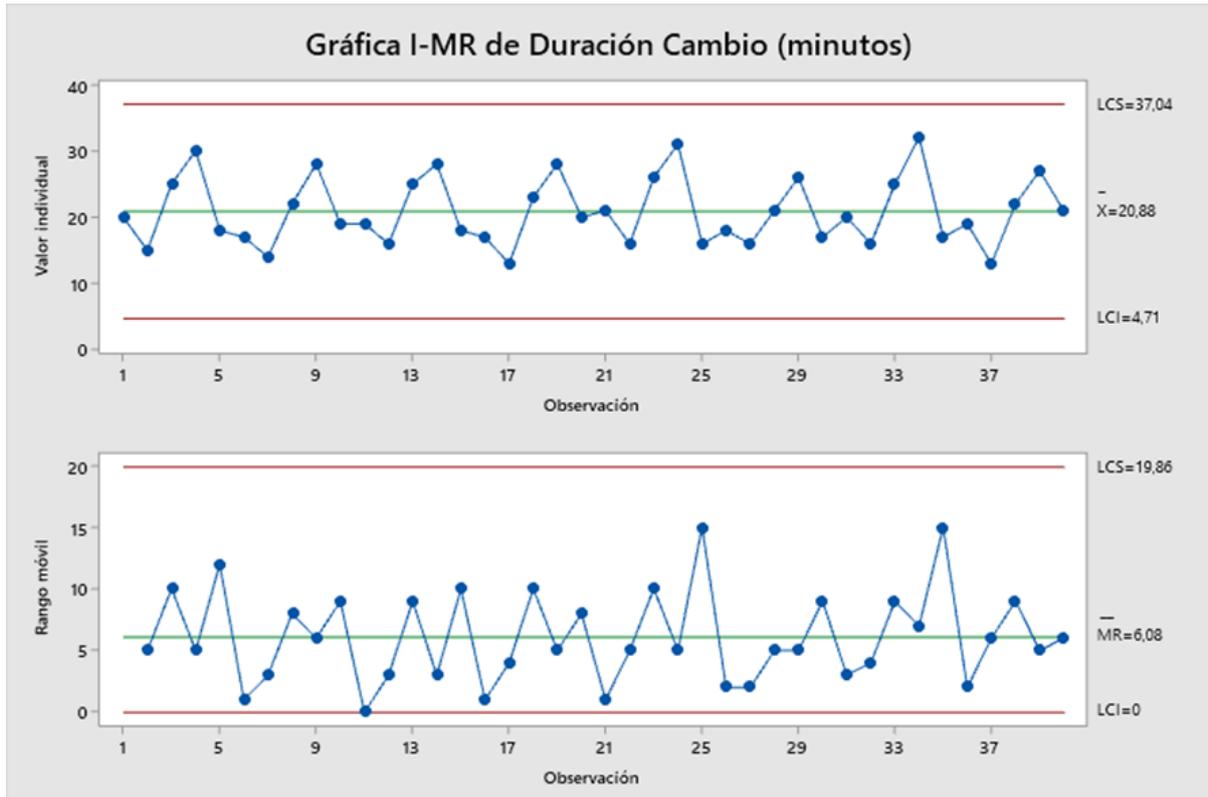
Anexo 3A: *Gráfica de control para el porcentaje del número de defectos.*



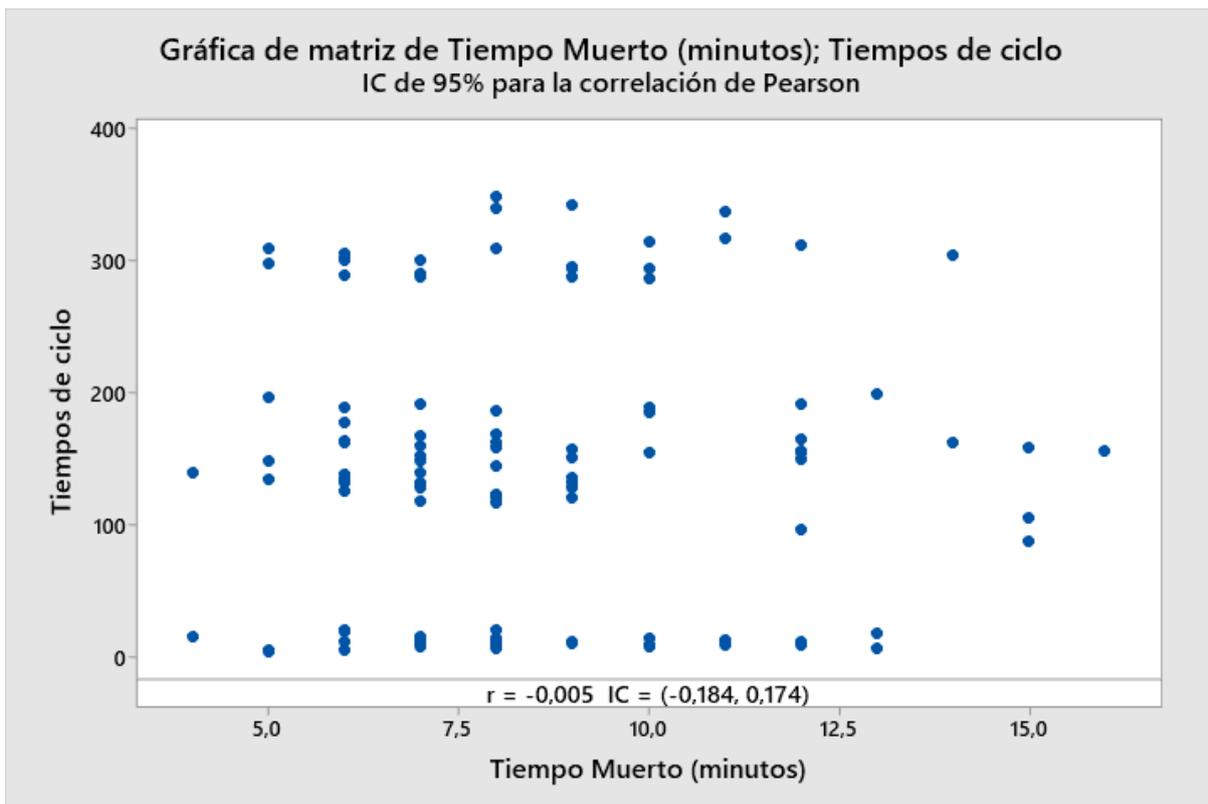
Anexo 3B: Gráfica de control para tiempos muertos.



Anexo 3C: Gráfica de control para tiempos de cambio entre presentaciones



Anexo 4: *Análisis de correlación entre tiempos de ciclo y tiempos muertos.*



Anexo 5: Toma de datos del Tiempo de Ciclo para codificado

Anexo 5A: Toma de datos del Tiempo de Ciclo para codificado ANTES

Day Pack			
Producto	Presentación	Turno	Duración Ciclo (minutos)
Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	121
Mix 4	Day Pack	Mañana	126
Parrillero	Day Pack	Tarde	121
Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	71
Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	126
Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	81
Mix 4	Day Pack	Tarde	144
Parrillero	Day Pack	Mañana	81
Finas Hierbas	Day Pack	Tarde	132
Ajo en Polvo	Day Pack	Mañana	67
Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	122
Mix 4	Day Pack	Mañana	130
Parrillero	Day Pack	Tarde	121
Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	71
Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	126
Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	84

Anexo 5B: Toma de datos del Tiempo de Ciclo para codificado DESPUÉS

Day Pack			
Producto	Presentación	Turno	Duración Ciclo (minutos)
Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	87
Mix 4	Day Pack	Mañana	90
Parrillero	Day Pack	Tarde	87
Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	51
Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	90
Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	58
Mix 4	Day Pack	Tarde	103
Parrillero	Day Pack	Mañana	58
Finas Hierbas	Day Pack	Tarde	94
Ajo en Polvo	Day Pack	Mañana	48
Pimienta Molida	Day Pack	Tarde	87
Mix 4	Day Pack	Mañana	93
Parrillero	Day Pack	Tarde	86
Finas Hierbas	Day Pack	Mañana	51
Ajo en Polvo	Day Pack	Tarde	90
Pimienta Molida	Day Pack	Mañana	60

Anexo 6A: *T test muestra pareada*

Anexo 6A: *T test muestra pareada antes vs después Day Pack*

Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar	IC de 95% de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
30,65	7,88	1,25	(28,13; 33,17)	

diferencia_μ: media de (ANTES T CICLO - DESPUES T CICLO)

Anexo 6B: *T test muestra pareada antes vs después Frasco*

Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar	IC de 95% de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
17,850	2,646	0,418	(17,004; 18,696)	

diferencia_μ: media de (ANTES T CICLO - DESPUES T CICLO)

Anexo 6C: *T test muestra pareada antes vs después Kilo*

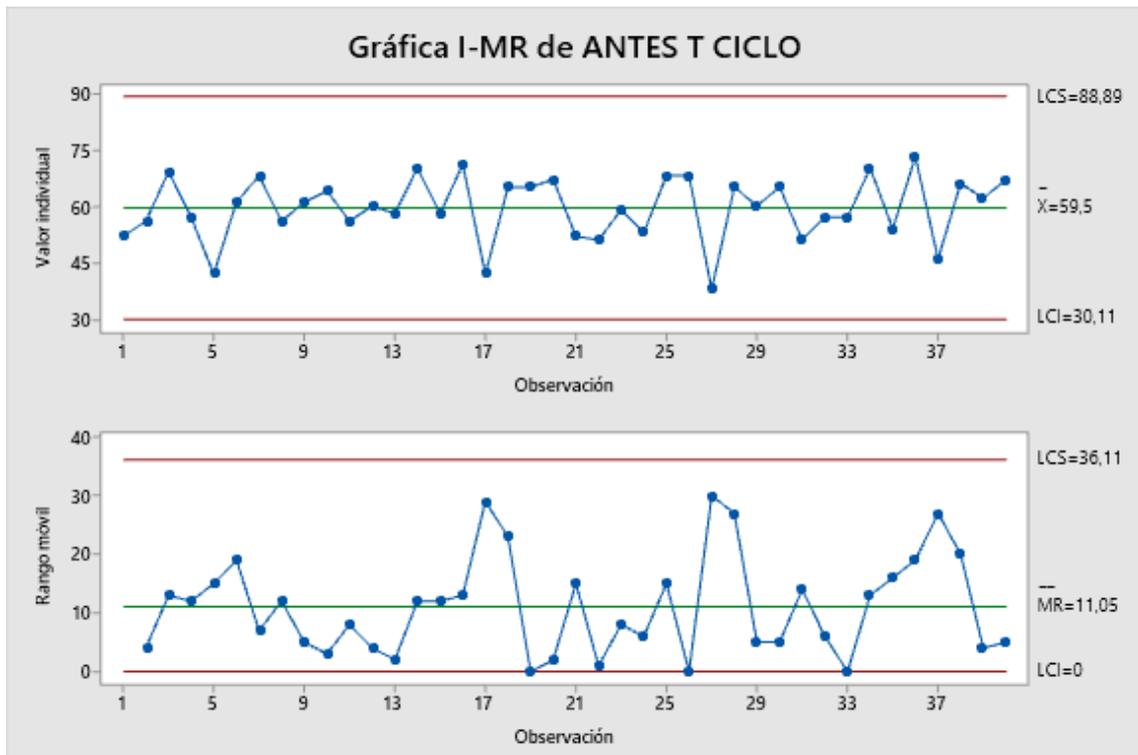
Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar	IC de 95% de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
1,625	0,705	0,111	(1,400; 1,850)	

diferencia_μ: media de (ANTES T CICLO - DESPUES T CICLO)

Anexo 7: *Gráfica I-MR restantes*

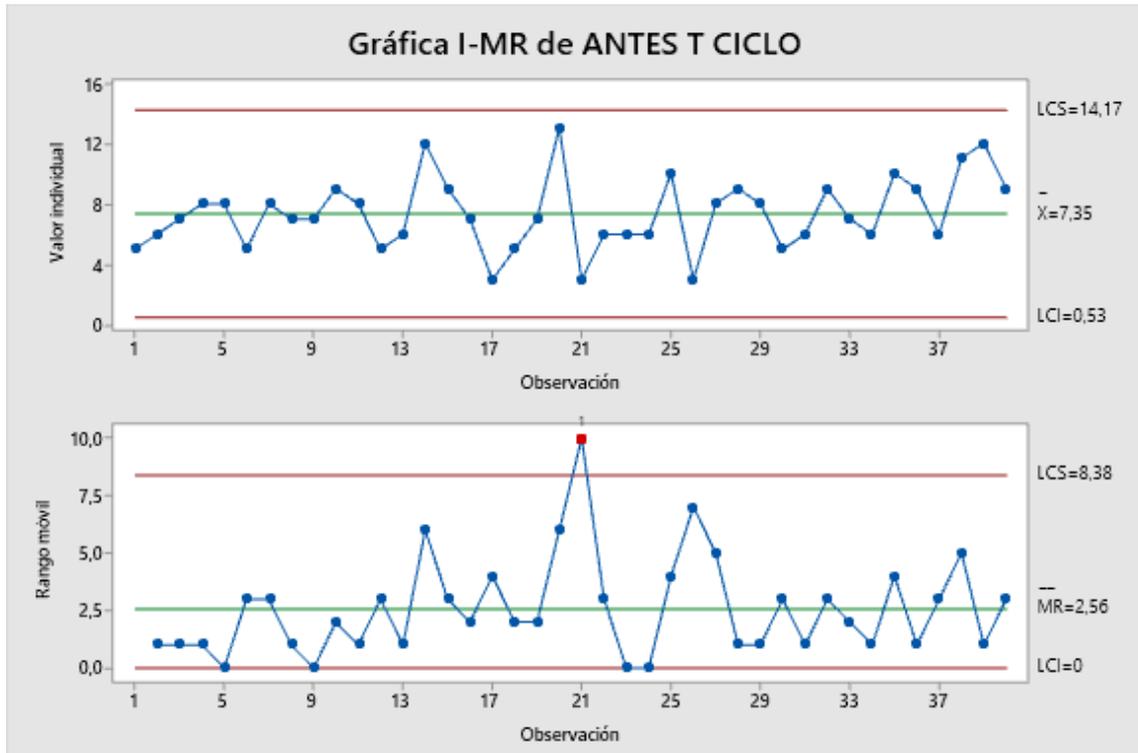
Anexo 7A: *Gráfica I-MR Frasco Antes.*



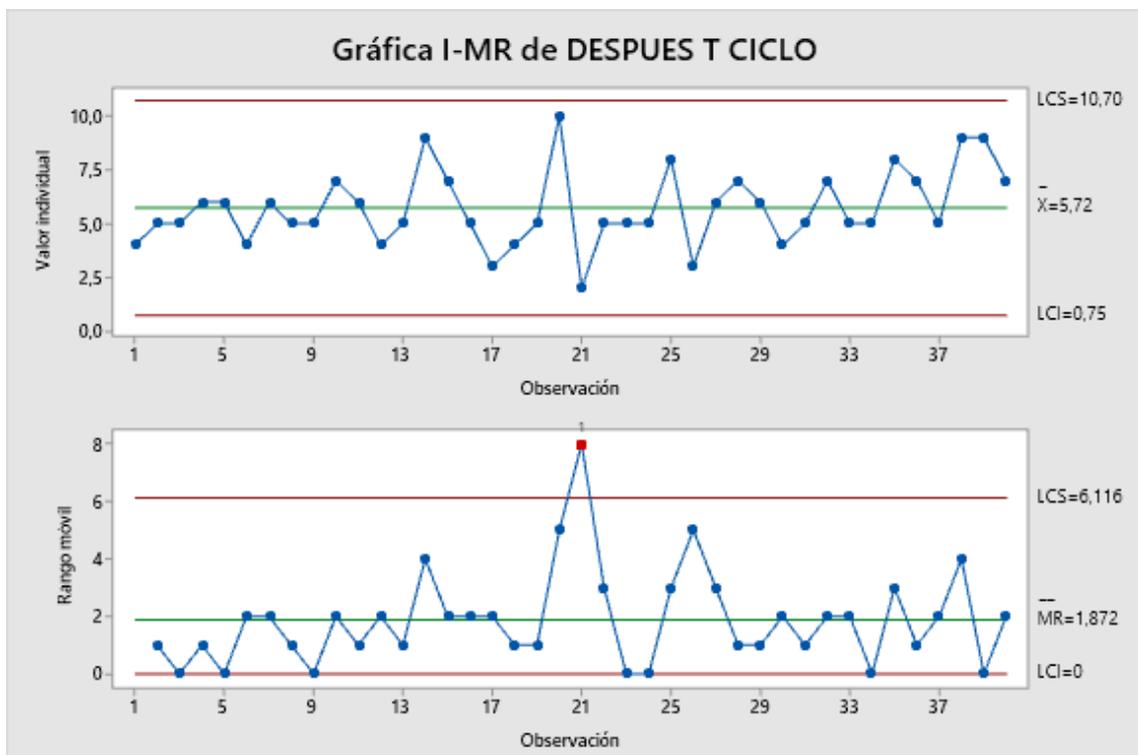
Anexo 7B: *Gráfica I-MR Frasco Después.*



Anexo 7C: *Gráfica I-MR Kilo Antes.*



Anexo 7D: *Gráfica I-MR Kilo Después.*

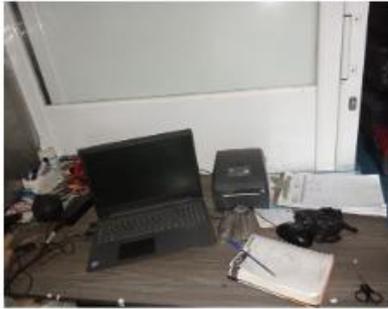


Anexo 8: 5S

Anexo 8A: Seiri (Clasificar) 5S

Seiri (Clasificar)

Antes y Después del Área de Trabajo



**Materiales
Eliminados**



la eliminación de elementos innecesarios

(INDUALTSA, 2024)

Anexo 8B: Seiton (Ordenar) 5S.

Seiton (Ordenar)

Herramientas Organizadas

Marcadores Visuales



Ubicación de Cada Herramienta



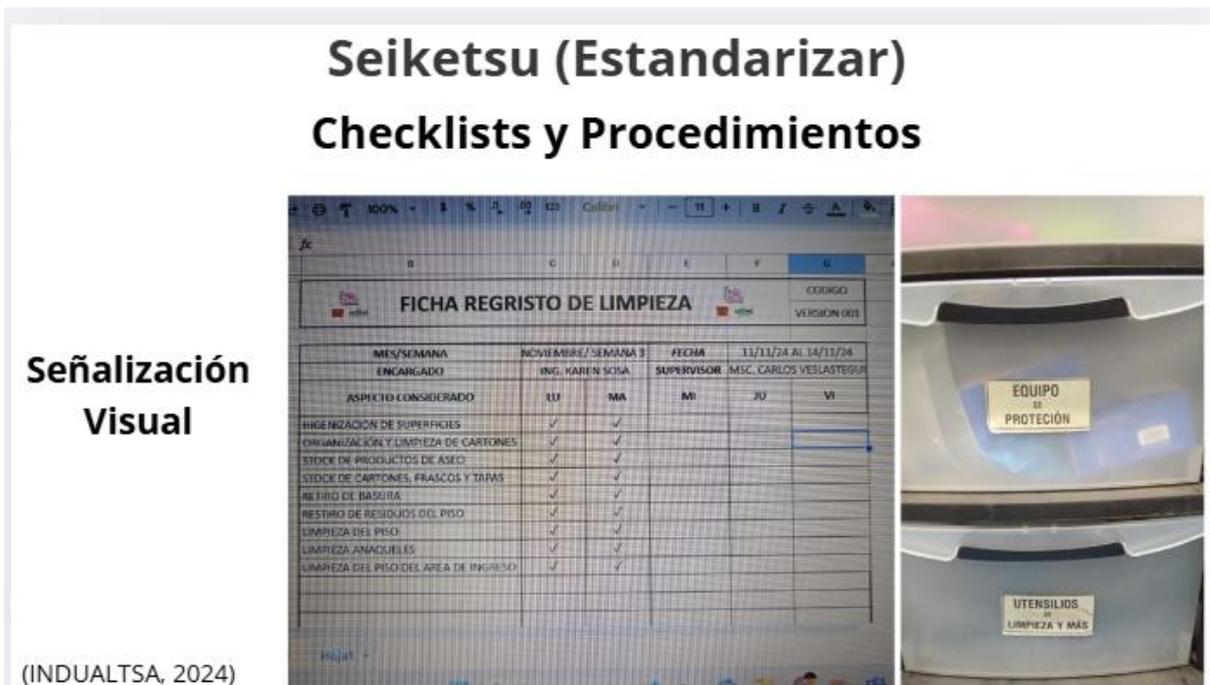
las herramientas y materiales en sus lugares específicos.

(INDUALTSA, 2024)

Anexo 8C: Seiso (Limpiar) 5S.



Anexo 8D: *Seiketsu (Estandarizar) 5S.*



Anexo 8E: *Shitsuke (Disciplina) 5S.*

Shitsuke (Disciplina)



Operarios Aplicando las 5S

(INDUALTSA, 2024)

Anexo 9: Resumen manual KPIs #2.

◊ **CÓMO MONITOREAR Y GESTIONAR LOS KPIS EN INDUALTSA: MANUAL Y CHECKLIST** ◊

Este manual proporciona los pasos esenciales para monitorear y gestionar los indicadores clave de desempeño (KPIs) de la planta de producción de INDUALTSA, y asegura que el proceso de mejora continua se mantenga.

FRECUENCIA DE CAMBIO DE PRESENTACIÓN

Registrar cada cambio de presentación, la duración y cualquier dificultad encontrada. Comparar con los tiempos establecidos tras la implementación del SMED.

Realizar capacitaciones adicionales sobre SMED y mejorar la preparación de herramientas y materiales para reducir el tiempo empleado en los cambios de presentación.

CHECKLIST SEMANAL DE 5S

- Clasificar (Seiri): ¿Hay materiales innecesarios en el área de trabajo?
- Ordenar (Seiton): ¿Todas las herramientas y materiales están en sus lugares designados?
- Limpiar (Seiso): ¿El área de trabajo está limpia y libre de residuos?

CHECKLIST SEMANAL DE 5S

- Estandarizar (Seiketsu): ¿Se siguen los estándares visuales establecidos?
- Sostener (Shitsuke): ¿Se mantienen las auditorías internas para asegurar la continuidad de la metodología?

FRECUENCIA DE MONITOREO

Los KPIs definidos (tasa de defectos, capacidad de producción, tiempos de ciclo, tiempos muertos, frecuencia de cambio de presentación) se deben monitorear semanal y mensualmente para garantizar la continuidad de las mejoras implementadas. Cualquier desviación debe ser identificada y corregida de inmediato para mantener la eficiencia y calidad del proceso de producción.