

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA
LÍNEA DE ZEPOL UNGÜENTO ADULTO
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC EN
LABORATORIOS ZEPOL EN CURRIDABAT
DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DE 2024

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: CALEB DAVID ARROYO MORA

TUTOR: ROLANDO JOSÉ MOLINA SOLÍS

SAN JOSÉ, 2024

Declaración Jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo Caleb David Arroyo Mora, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-12700846 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente aperebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE ZEPOL UNGÜENTO ADULTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LABORATORIOS ZEPOL EN CURRIDABAT DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DE 2024 es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 28 días del mes de Abril del año dos mil veinticinco.



Firma del estudiante

Cédula 1-12700846

Carta Del Tutor

CARTA DEL TUTOR

Cartago 8 de marzo de 2025

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante Caleb David Arroyo Mora, cédula de identidad número 1 1270 0846, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Mejora del proceso de producción en la línea de Zepol ungüento adulto mediante la metodología DMAIC en Laboratorios Zepol en Curridabat durante el tercer cuatrimestre de 2024", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19
	TOTAL		94

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

**ROLANDO
 JOSE MOLINA
 SOLIS (FIRMA)**
 Firmado digitalmente por
 ROLANDO JOSE MOLINA
 SOLIS (FIRMA)
 Fecha: 2025.03.08
 10:10:11 -06'00'

Rolando José Molina Solís
Cédula identidad: 1 0957 0454

Carta Del Lector

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Facultad de Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante Caleb David Arroyo Mora, cédula de identidad: 1-1270-0846, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el Proyecto de Graduación denominado *"MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE ZEPOL UNGÜENTO ADULTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LABORATORIOS ZEPOL EN CURRIDABAT DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DE 2024"*, el cual ha elaborado para obtener su grado de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Atte. **JOAN CARLOS
SANCHEZ
CASCANTE**
Firma: **(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por JOAN CARLOS
SANCHEZ CASCANTE
(FIRMA)
Fecha: 2025.04.22
21:06:12 -06'00'

Nombre: **Joan Carlos Sanchez Cascante**

Cédula: **108560903**

Autorización Cenit

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 28 de abril del 2025

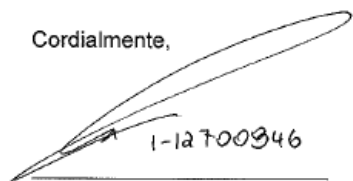
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito Caléb David Arroyo Mora con número de identificación 1-1270-0846 autor del trabajo de graduación titulado MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE ZEPOL UNGÜENTO ADULTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LABORATORIOS ZEPOL EN CURRIDABAT DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DE 2024 presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de BACHILLERATO; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



1-12700846

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.

b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana

c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querida esposa, Jerlyn Jara Mora, quien siempre estuvo a mi lado brindándome el apoyo necesario en cada paso de este camino, así como un ancla, me ha mantenido firme en los momentos de incertidumbre. A mis amados hijos, Isabella Arroyo Jara, Sebastián Arroyo Jara y Sara Arroyo Jara: aunque aún son pequeños y quizás no comprendan estas palabras, este logro es para ustedes, pues su amor y la inspiración que me brindan me impulsaron a seguir adelante en todo momento.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, porque sin Su amor y dirección, este camino no habría sido posible. Ha sido Él quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y las oportunidades para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Agradezco de corazón a mis padres, Ana Cecilia Mora Aguilar y Gerardo Arroyo Chávez, por inculcarme valores sólidos y por ser el ejemplo de esfuerzo, integridad y dedicación que siempre me ha guiado. Su apoyo incondicional me ha permitido alcanzar cada meta, recordándome que los desafíos se pueden superar con determinación y amor.

También quiero expresar mi profunda gratitud a mi hermana, Yorleny Arroyo Mora, cuya fe en mí y su ejemplo de perseverancia han sido mi inspiración constante. Su convicción de que todo es posible me impulsó a luchar por mis sueños en cada etapa de este camino.

A mis hermanos Mauricio Arroyo Mora, Karen Arroyo Mora y Raybel Arroyo Mora, mi sobrino Kenny Drummond Arroyo por su apoyo y compañía en esta travesía.

A Alonso Araya, quien, como jefe, no solo me desafió a creer en mí mismo, sino que también me brindó su guía y apoyo en momentos clave.

A todos ustedes, gracias por ser mi faro y mi fortaleza.

Epígrafes

“Los planes bien pensados: ¡pura ganancia! Pero el que se apresura, seguramente va a la pobreza”.

Proverbios 21:5

Índice

ÍNDICE

Capítulo I. Planteamiento del proyecto.....	24
Descripción general del proyecto.....	25
Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.....	26
Descripción general de la organización.....	27
Antecedentes del contexto de la empresa o institución.....	29
Análisis del crecimiento acumulado en ventas y producción.....	29
Planteamiento del problema.....	30
Definición y medición del problema.....	30
Justificación del proyecto.....	32
Objetivos del proyecto.....	35
Objetivo general.....	35
Objetivos específicos.....	36
Alcances y limitaciones.....	36
Alcances.....	36
Limitaciones.....	36
Acceso limitado a información.....	36
Dependencia de datos aproximados.....	37
Capítulo II. Marco teórico.....	38
Marco conceptual general relativo a la carrera.....	39
Ingeniería Industrial.....	39
Optimización.....	41
Productividad.....	41

Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	41
Metodología DMAIC	42
Entrevista.....	43
Diagrama de flujo	44
Diagrama de recorrido.....	45
Observación directa.....	46
Diagrama de Ishikawa	47
Análisis de tiempos y movimientos.....	48
Análisis de los 5 por qué	49
Marco conceptual referente al impacto del proyecto	50
Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	52
Capítulo III. Metodología de trabajo	55
Metodología para la definición del problema	56
Recopilación de datos históricos	56
Identificación de la Variabilidad	56
Análisis causal	57
Priorización de problemas	57
Establecimiento de objetivos claros	58
Documentación y aprobación del problema definido.....	58
Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	60
Definición de métricas clave	60
Herramientas de medición.....	60
Respaldo cualitativo	61

Evaluación continua	61
Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	62
Análisis de la situación actual	62
Propuestas de mejora.....	62
Evaluación de la viabilidad	63
Planificación de la implementación.....	63
Metodología para la implementación del proyecto	64
Ejecución de las soluciones propuestas.....	64
Capacitación y comunicación.....	65
Monitoreo de la implementación.....	65
Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	66
Verificación de los resultados	66
Aseguramiento de la sostenibilidad.....	66
Control continuo.....	67
Seguimiento de los resultados	67
Capítulo IV. Análisis de causas raíz	69
Descripción general de la situación actual	70
Identificación de la variabilidad en el proceso.....	73
Variabilidad observada.....	73
Variabilidad en horas de mano de obra	75
Factores de variabilidad identificado.....	77
Análisis de las causas raíz	79

	14
Herramientas utilizadas	79
Resultados del análisis.....	79
Diagrama de Ishikawa	80
Justificación de las causas identificadas en el Diagrama de Ishikawa.....	80
Diagrama de priorización	84
Diagrama de Pareto.....	85
5 Porqués.	86
Inestabilidad técnica del equipo.	87
Falta de estandarización.	87
Conclusiones de la situación actual.....	88
Capítulo V. Diseño e implementación de la solución.....	90
Introducción	91
Identificación de problemas y soluciones propuestas	91
Implementación de un plan de mantenimiento preventivo.....	92
Diagnóstico y análisis de fallas	92
Identificación de problemas	92
Indicadores clave	93
Implementación de TPM en la tapadora	93
Mantenimiento autónomo.....	93
Mantenimiento planificado.....	93
Mejoras enfocadas (Kaizen)	94
Implementación de software de mantenimiento.....	94
Seguimiento y evaluación	94

	15
Auditorías y control de indicadores.....	94
Cultura de mantenimiento y reconocimiento	94
Cronograma de Implementación mantenimiento preventivo	95
Costos de Implementación mantenimiento preventivo	96
Documentación y estandarización de procedimientos	97
Generación de procedimiento	97
Costos de implementación documentación y estandarización de procedimientos	98
Solución 5.2.3 Capacitación estructurada para operarios	98
Programa de capacitación.....	98
Materiales y recursos.....	99
Cronograma de capacitación	100
Costo de implementación de la capacitación estructurada para operarios	100
Solución 5.2.4 Herramientas de control y seguimiento	101
Registro de Cumplimiento del SOP	102
Cronograma y reuniones de seguimiento	102
Costo de implementación del plan de control y seguimiento.....	103
Resumen con los costos de implementación	103
Análisis costo beneficio	104
Implementación de la Solución	105
Etapa de control.....	105
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones	107
Conclusiones	108
Recomendaciones.....	110

Bibliografía	112
ANEXOS	115
Anexo 1. Plantilla de Recolección de Datos Históricos.....	116
Anexo 2. Plantilla para gráfico de control	117
Anexo 3. Diagrama de Ishikawa	118
Anexo 4. Matriz de priorización	119
Anexo 5. Registro de capacitación.....	120
Anexo 6. Procedimiento Estandar para uso de Tapadora.....	121

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de la Empresa	28
Figura 2 Variabilidad de la cantidad de horas invertidas en los lotes.....	31
Figura 3 Costo de mano obra.....	32
Figura 4 Variabilidad del proceso vs limites de especificación.....	35
Figura 5 Entrevista.....	44
Figura 6 Diagrama de flujo.....	45
Figura 7 Diagrama de recorrido.....	46
Figura 8 Observación directa	47
Figura 9 Diagrama de Ishikawa	48
Figura 10 Análisis de tiempos y movimientos.....	49
Figura 11 Análisis de los 5 por qué	50

Índice de tablas

Tabla 1 Definición del problema	59
Tabla 2 Medición y respaldo cualitativo.....	61
Tabla 3 Propuesta de mejora.....	63
Tabla 4 Implementación del proyecto.....	65
Tabla 5 Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	67
Tabla 6 Datos históricos.....	74
Tabla 7 Horas invertidas en lotes.....	75
Tabla 8 Distribución de datos por encima del límite superior	76
Tabla 9 Calculo capacidad de proceso.....	77
Tabla 10 Diagrama de priorización.....	84
Tabla 11 Relación de problemas y soluciones propuestas.....	91
Tabla 12 Cronograma de implementación mantenimiento preventivo.....	95
Tabla 13 Costos de implementación mantenimiento preventivo	96
Tabla 14 Costos de implementación estandarización de procedimientos.....	98
Tabla 15 Programa de capacitación	98
Tabla 16 Cronograma de capacitación.....	100
Tabla 17 Implementación de la capacitación.....	100

Tabla 18 Cronograma y reuniones de seguimiento.....	102
Tabla 19 Costo de implementación del plan de control y seguimiento	103
Tabla 20 Resumen Costos de implementación	103
Tabla 21 Análisis costo Beneficio	104
Tabla 22 Fases de implementación de la solución.....	105
Tabla 23 Indicadores clave	106

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Presentación Zepol Ungüento Adulto. Fuente: página web oficial	26
Ilustración 2 Presentación Ungüento Infantil. Fuente: página web oficial	26
Ilustración 3 Presentación Zepol Muscular. Fuente: página web oficial	27
Ilustración 4 Presentación Manzatín. Fuente: página web oficial	27
Ilustración 5 Presentación Zepol Inhalador. Fuente: página web oficial	27
Ilustración 6 Imagen Empresa. Fuente: página web oficial	29

Acrónimos y siglas

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar).

Resumen ejecutivo

El presente proyecto aborda la problemática de variabilidad en los costos operativos y tiempos de producción en la línea de Zepol Ungüento Adulto, específicamente en la presentación de 30 g, identificando sus principales causas y proponiendo soluciones mediante la metodología DMAIC.

Los objetivos del proyecto incluyen la reducción de costos operativos y la optimización de los procesos productivos mediante la aplicación de herramientas de mejora continua. Se establecen alcances centrados en la línea de producción de la empresa y limitaciones asociadas a la disponibilidad de datos y restricciones operativas.

El proceso metodológico consistió en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Se realizaron análisis estadísticos, gráficos de control y diagramas de Ishikawa para determinar la variabilidad en los tiempos de producción. La evaluación de la capacidad del proceso (C_p) indicó un valor de 0.12, evidenciando una baja capacidad del proceso para cumplir con los estándares establecidos.

Las principales causas raíz detectadas incluyen fallos técnicos en la tapadora automática, falta de capacitación del personal, procedimientos no estandarizados y ausencia de un mantenimiento preventivo adecuado.

Las soluciones propuestas comprenden la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, estandarización de procedimientos, capacitación estructurada para operarios y herramientas de control y monitoreo. Se estima una reducción del 10% en costos operativos y una mejora del 15% en eficiencia productiva.

La implementación de estas soluciones permitirá estabilizar el proceso de producción, garantizar la calidad del producto y mejorar la competitividad de la empresa. En conclusión, la aplicación de la metodología DMAIC contribuye a una mejora significativa en la gestión de costos y eficiencia operativa en la línea de producción de Zepol Ungüento Adulto.

Capítulo I. Planteamiento del proyecto

Descripción general del proyecto

En junio de 2022, se implementó un proyecto en la línea de producción de Zepol Ungüento Adulto, que consistió en la instalación de una tapadora automática. Este cambio tenía como objetivo principal reducir el tiempo de mano de obra y mejorar la eficiencia del proceso. Sin embargo, con el paso del tiempo, se ha evidenciado una considerable variabilidad en los resultados, lo que indica que el proceso no está controlado de manera adecuada.

La alta demanda de la presentación de 30 g intensifica cualquier ineficiencia en el proceso, generando costos variables difíciles de predecir. Esta situación resalta la urgencia de establecer un control más riguroso y constante en el proceso de producción, especialmente en relación con la carga de horas de mano de obra. Es crucial identificar las causas de esta variabilidad y aplicar las medidas correctivas necesarias para estabilizar los costos y mejorar la eficiencia general de la producción.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es reducir la variabilidad en los costos operativos y optimizar la eficiencia del proceso de producción mediante la aplicación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Esta metodología permitirá estabilizar los costos, aumentar la consistencia del producto y, en última instancia, mejorar la competitividad de la empresa.

La investigación se enmarca en la línea de investigación de procesos de producción, con un enfoque particular en la implementación de la metodología DMAIC para abordar los desafíos actuales del proceso.

Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

Laboratorios Zepol, fundada en 1950, está ubicada en Curridabat, San José, Costa Rica, 75 metros al norte del Servicentro La Galera. Es una empresa especializada en la fabricación de productos farmacéuticos y de cuidado personal, con capital 100% costarricense. Esta organización cuenta con certificaciones ISO 9001 e ISO 14001, reflejando su compromiso con la calidad y el ambiente. Además, posee la licencia de la FDA para ventas en EE. UU., lo cual destaca su proyección internacional y su compromiso con los estándares globales. La compañía ofrece una gama de productos de uso general, como ungüentos, inhaladores nasales y otros productos para el cuidado muscular y de la piel. Entre las marcas más importantes se resaltan:

Ilustración 1 Presentación Zepol Ungüento Adulto. Fuente: página web oficial



Ilustración 2 Presentación Ungüento Infantil. Fuente: página web oficial



Ilustración 3 Presentación Zepol Muscular. Fuente: página web oficial



Ilustración 4 Presentación Manzatin. Fuente: página web oficial



Ilustración 5 Presentación Zepol Inhalador. Fuente: página web oficial



Descripción general de la organización

Laboratorios Zepol tiene una misión orientada a “Gente disfrutando la vida”, centrada en promover la salud y el bienestar en el hogar mediante productos confiables y accesibles. Su visión

es ser una empresa siempre R.I.C.A.: Rentable, Innovadora, Competitiva y Atractiva, buscando ser reconocida como una compañía innovadora y sostenible tanto a nivel regional como internacional.

La estructura organizativa de Zepol incluye los departamentos de manufactura, calidad, distribución y desarrollo de productos. Actualmente, la empresa cuenta con aproximadamente 95 colaboradores. Su modelo empresarial opera de manera eficiente, liderado por una junta directiva y un CEO. Este último es respaldado por la dirección de operaciones, dirección técnica, dirección de talento humano, dirección financiera, dirección comercial y un departamento de asuntos regulatorios.

En el presente trabajo de investigación, el enfoque se centrará en el área cubierta por la dirección de operaciones, específicamente en el departamento de Producción, dentro de la línea de producción denominada Zepol Ungüento Adulto.

Figura 1 Organigrama de la Empresa



Fuente: Elaboración propia.

Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Ilustración 6 Imagen Empresa. Fuente: página web oficial



Desde su fundación, Zepol ha evolucionado de una pequeña operación a una compañía reconocida en el mercado centroamericano. Su expansión incluyó no solo el desarrollo de productos tradicionales como el ungüento, sino también la incorporación de servicios de manufactura por contrato para terceros. Esto permite a la empresa producir para clientes en áreas como medicamentos OTC y productos cosméticos. En cuanto a innovación, Zepol ha diversificado su portafolio adaptándose a las necesidades de cada mercado, con productos diseñados específicamente para el contexto de cada país.

Análisis del crecimiento acumulado en ventas y producción

En el período de estudio, comprendido entre los años fiscales 2007 y 2024, la empresa ha experimentado un crecimiento significativo en sus Ventas Totales y su Margen total, así como en los kilogramos producidos. Durante los 17 años analizados, las ventas totales de la empresa han aumentado un impresionante 2143.74%, pasando de \$350K en 2007 a \$7,844K en 2024. Este notable incremento no solo resalta la capacidad de la empresa para adaptarse a las condiciones

del mercado, sino también su éxito en la expansión de su base de clientes y en la diversificación de sus productos.

Paralelamente, el margen total ha mostrado un crecimiento acumulado significativo del 1134.96% en el mismo período. Este margen se elevó de \$350K en 2007 a \$4,317K en 2024, lo que indica una mejora en la rentabilidad de la empresa. Este aumento sugiere que, además de incrementar sus ventas, la empresa ha logrado gestionar sus costos de manera efectiva, lo cual es fundamental para mantener la sostenibilidad a largo plazo.

En cuanto a la producción, desde 2007, la empresa ha visto un crecimiento acumulado de aproximadamente 107.06%, aumentando su producción de 128,720 kg a 266,418 kg en 2024. Este crecimiento en la producción refleja una expansión significativa de la capacidad productiva durante los últimos 16 años. Sin embargo, se han observado ciertas variaciones en la producción que podrían atribuirse a factores internos, como la eficiencia en la planta, o externos, como la demanda fluctuante del mercado.

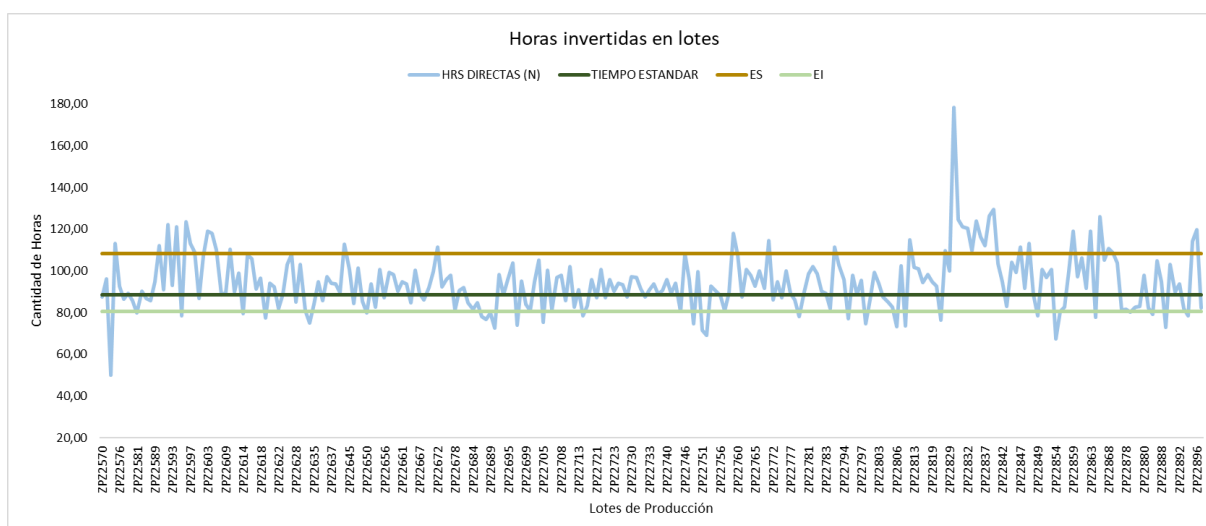
Planteamiento del problema

Definición y medición del problema

En junio de 2022, la empresa implementó un proyecto que incorporó una tapadora automática en la línea de producción del producto Zepol Ungüento Adulto, buscando reducir el tiempo dedicado a la mano de obra y mejorar la eficiencia general del proceso. Esta línea de producción trabaja con distintas presentaciones (450g, 295g, 90g, 60g y 30g), de las cuales la presentación de 30g es la más producida debido a su alta demanda, convirtiéndose en el producto principal de la compañía.

A pesar de esta mejora tecnológica, se ha observado una considerable variabilidad en los resultados del proceso a lo largo del tiempo, lo que sugiere que el control del proceso no es adecuado. Es importante aclarar que todos los lotes considerados durante el análisis mantienen un tamaño un tamaño estándar, con la misma cantidad de unidades. Para efectos de planificación, producción y análisis operativo, se contempla un lote teórico de 884 kilogramos, que corresponde aproximadamente a 29.466 unidades de 30 g cada una. Esto asegura que las diferencias observadas en los tiempos y costos de producción no están asociadas a variaciones en el tamaño de los lotes, sino a otros factores del proceso.

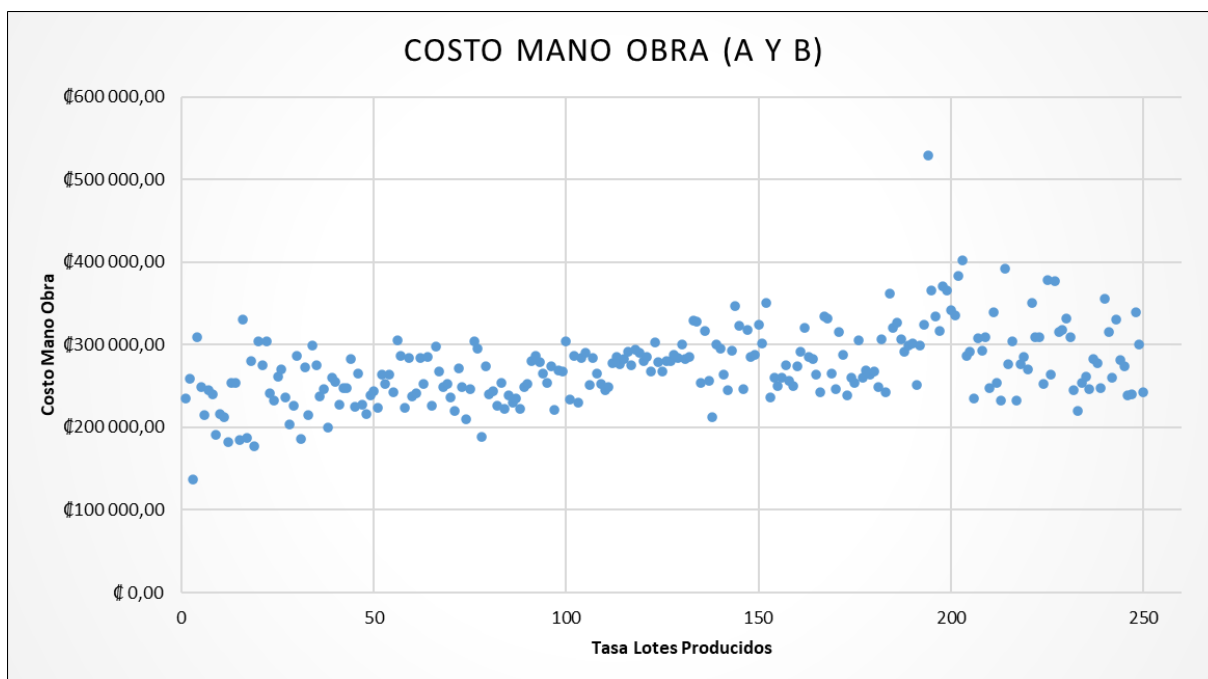
Figura 2 Variabilidad de la cantidad de horas invertidas en los lotes



Fuente: Elaboración propia.

Esta variabilidad impacta directamente en los costos operativos, generando fluctuaciones significativas en la cantidad de horas de mano de obra cargadas por lote, particularmente en la presentación de 30g.

Figura 3 Costo de mano obra



Fuente: Elaboración Propia.

Justificación del proyecto

El proyecto propuesto tiene como propósito resolver la variabilidad observada en los costos de mano de obra asociados a la producción de la presentación de 30g de Zepol Ungüento Adulto, la cual es el producto principal de la empresa debido a su alta demanda. Esta iniciativa generará beneficios significativos para la organización, tanto a nivel económico como operativo, y se alinea con objetivos estratégicos clave.

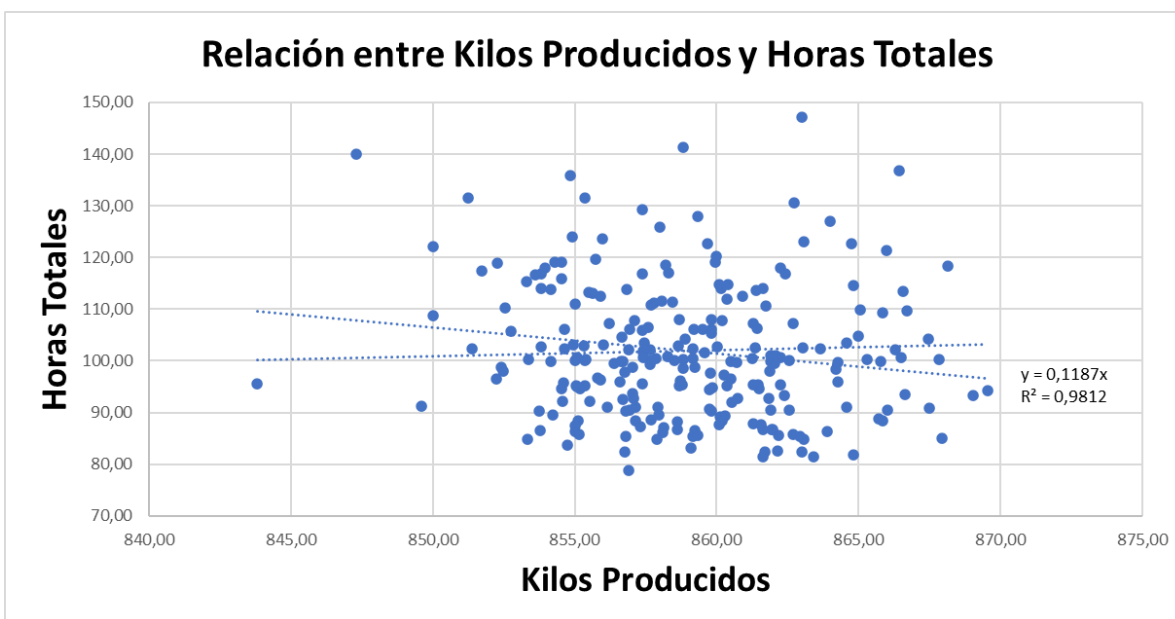
Se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando datos históricos del tiempo de mano de obra en la producción de la presentación de 30g de Zepol Ungüento Adulto. Los límites de especificación del proceso están definidos en un rango de 79 a 89 horas, con una desviación estándar calculada de 13.74 horas.

Adicionalmente, se exploró si existía una relación significativa entre los kilogramos producidos y las horas invertidas, a través de un análisis de regresión lineal simple sobre lotes históricos. El resultado arrojó la siguiente ecuación:

$$y = 0.5020x + 533.56 \text{ con } R^2 = 0.0226$$

Este coeficiente de determinación indica que solo el 2.26 % de la variación en las horas puede explicarse mediante los kilogramos producidos. Por lo tanto, se concluye que la variabilidad del proceso no está relacionada con el volumen de producción, el cual permanece relativamente constante por lote, sino con otros factores internos como la eficiencia operativa, el desempeño del personal y el aprovechamiento parcial del equipo automatizado. En la figura siguiente se presenta el gráfico de dispersión que muestra la relación entre los kilogramos producidos por lote y las horas totales trabajadas. Como se puede observar, no existe una tendencia definida que relacione ambas variables, lo cual concuerda con el bajo valor del coeficiente de determinación (R^2).

Figura 4 Relación entre kilogramos producidos y horas trabajadas por lote (regresión lineal)



Fuente: Elaboración Propia.

Dado que se confirma la existencia de una variabilidad significativa, se procedió a calcular el índice de capacidad del proceso (C_p), como se muestra a continuación:

$$C_p = \frac{\text{Límite Superior} - \text{Límite Inferior}}{6 \cdot \text{Desviación Estandar}}$$

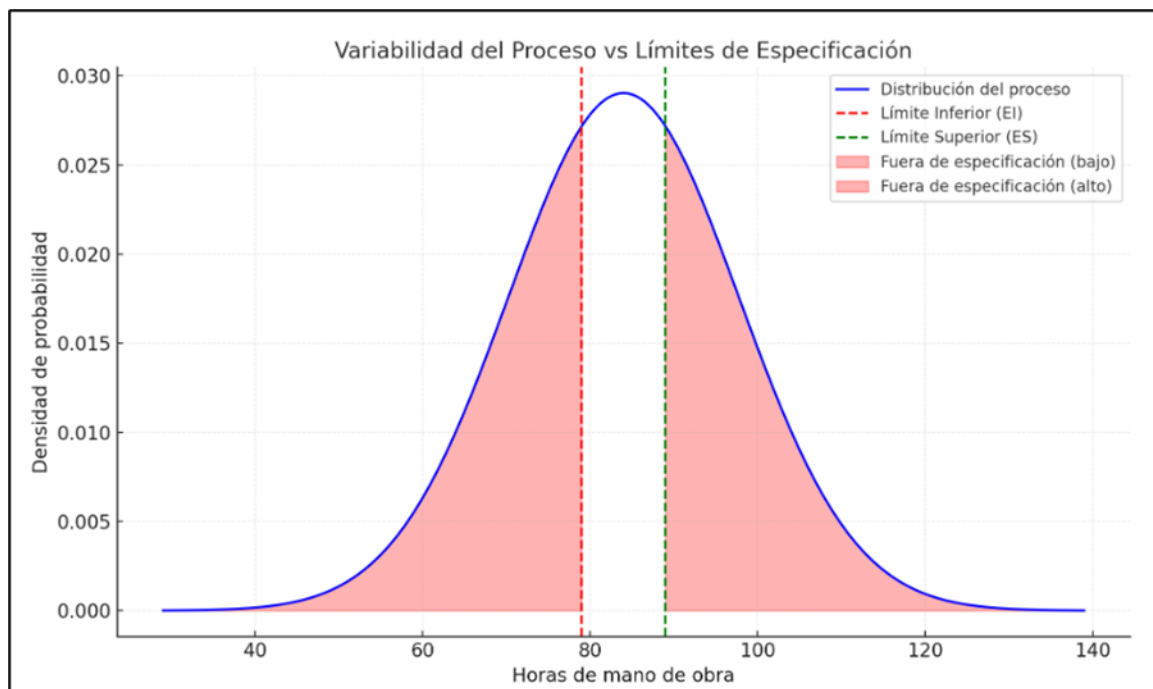
Sustituyendo:

$$C_p = \frac{89-79}{6 \cdot 13,74} = 0,12$$

El valor de (C_p) obtenido es 0.12, lo cual indica que la variabilidad

del proceso excede significativamente los límites de especificación. Este valor demuestra que el proceso no está en capacidad para cumplir con los estándares definidos y que existe una alta probabilidad de que los resultados estén fuera de especificación.

Figura 4 Variabilidad del proceso vs límites de especificación



Fuente: Elaboración propia.

El índice $C_p = 0.12$ evidencia una grave ineficiencia en el proceso, lo que se traduce en inconsistencias operativas y económicas. Esta variabilidad afecta directamente los costos de producción y genera problemas en la planificación, enfatizando la necesidad de implementar controles más estrictos y medidas correctivas para estabilizar el proceso.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Reducir la variabilidad en los costos operativos del proceso de producción de Zepol Ungüento Adulto mediante la aplicación de la metodología DMAIC durante el III cuatrimestre del 2024.

Objetivos específicos

1. Analizar los datos históricos del proceso de producción de Zepol Ungüento Adulto para identificar las principales fuentes de variabilidad en los costos operativos
2. Determinar la capacidad del proceso mediante el cálculo de índices que evalúen su cumplimiento con los límites de especificación establecidos..
3. Implementar soluciones orientadas a reducir la variabilidad en los tiempos o costos de producción.
4. Diseñar un plan de control que asegure la sostenibilidad de las mejoras mediante métricas clave y procedimientos estandarizados.
5. Evaluar los resultados del proyecto a través de la comparación entre las métricas iniciales y finales, para verificar la mejora en eficiencia y estabilidad operativa.

Alcances y limitaciones

Alcances

El análisis y la implementación de mejoras se centrarán exclusivamente en la línea de producción de Zepol Ungüento Adulto, específicamente en la presentación de 30g, que se produce en la planta de Zepol ubicada en Curridabat. Esta presentación, al ser el producto más vendido de la compañía y el que genera mayor utilidad, presenta el mayor volumen de producción y es el más afectado por la variabilidad en los costos operativos, lo que refuerza su importancia dentro del proyecto.

Limitaciones

Acceso limitado a información. Una de las principales dificultades enfrentadas fue el

acceso restringido a ciertos datos críticos del proceso, debido a políticas de confidencialidad interna de la empresa. Esto impidió contar con un panorama completo y detallado de algunas variables relevantes, como los costos específicos asociados al mantenimiento de equipos o los indicadores de eficiencia histórica en ciertas líneas de producción.

Dependencia de datos aproximados. Dado que algunos registros históricos presentaban inconsistencias o estaban incompletos, fue necesario recurrir a aproximaciones basadas en la experiencia del personal operativo y a estimaciones calculadas a partir de datos parciales. Esto, aunque permitió avanzar con el análisis, pudo introducir cierto grado de incertidumbre en las conclusiones obtenidas, especialmente en relación con los tiempos de parada y la capacidad efectiva de los equipos.

Capítulo II. Marco teórico

Marco conceptual general relativo a la carrera

En la ingeniería, especialmente en el campo de la ingeniería industrial, el análisis y la mejora de procesos son pilares esenciales para optimizar recursos, reducir costos y aumentar la eficiencia de los sistemas productivos. Según (Pérez&Sánchez, 2019) “la ingeniería industrial combina herramientas analíticas y prácticas para diseñar, mejorar e implementar procesos en las organizaciones”.

El análisis de líneas de producción y la identificación de sus cuellos de botella son temas recurrentes en la literatura de la ingeniería industrial. Autores como (Slack, Chambers, & Johnston, 2021) mencionan que “la capacidad de una línea de producción depende de la sincronización de sus elementos, siendo clave el balance de las actividades”. Esto es relevante para este proyecto, ya que busca optimizar la producción de ungüento Zepol en su presentación más demandada, la de 30 g.

Por otro lado, herramientas como el análisis de tiempos y movimientos, propuesto inicialmente por los estudios de Taylor y perfeccionado por Gilbreth como se citó en (Niebel & Freivalds, 2020), son fundamentales para identificar oportunidades de mejora en los procesos productivos.

Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial se define generalmente como “los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad” (Baca *et al.*, 2014, p.1).

La implementación de la ingeniería industrial en un proyecto puede variar ampliamente dependiendo de la naturaleza del mismo, pero siempre contempla pasos en específico que permiten la incorporación de las herramientas ingenieriles; tales como por ejemplo DMAIC.

De manera fundamental para lograr el éxito de un proyecto es darle un enfoque sistemático y basado en datos que permitan definir, medir, analizar, implementar y controlar de forma efectiva.

La Ingeniería Industrial, como toda carrera profesional, puede colaborar de forma diversa en las diferentes áreas de una organización, tales como:

- Administración Industrial.
- Calidad.
- Gestión Tecnológica.
- Sostenibilidad Industrial.
- Procesos de producción.
- Operaciones industriales.

En donde este proyecto responde a la línea de Administración Industrial, donde dicha disciplina combina principios y prácticas de ingeniería industrial con conceptos de gestión empresarial para optimizar la eficiencia y la productividad de las organizaciones industriales y de manufactura.

Optimización

El estudio de la optimización se encarga de mejorar los resultados dentro de un conjunto de procesos, métodos o procesos, como bien indica Rojas (2013) “optimizar es un término que proviene del latín “optimun”, que significa “lo mejor”“. La optimización es una herramienta que permite minimizar los costos y maximizar los recursos, con el fin de llegar a ser tan eficientes y funcionales como sea posible para alcanzar los objetivos deseados.

Para poder optimizar, se debe considerar la planificación de los métodos, diseño de las implementaciones, análisis de los recursos necesarios y la toma de decisiones en el ámbito operativo y gerencial.

Productividad

La función principal de la productividad es obtener una mayor cantidad de productos finales o servicios con la misma cantidad de recursos; o bien, producir la misma cantidad con menores recursos; por lo cual, se define que es una medida económica que evalúa la eficiencia con la que se trabaja los productos finales o servicios (Sevilla, 2024).

Dentro de la productividad se deben considerar diversos factores y entender la interacción entre ellos, tales como el recurso humano en su estado de capacitación, educación y desarrollo de habilidades, la tecnología que permita tener procesos eficientes y medibles, y la infraestructura adecuada que permita la eficiencia operativa.

Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

La gestión del proyecto se apoya en metodologías probadas como el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), utilizado en Six Sigma. Según (George,

Rowlands, & Kastle, 2020), “DMAIC es una metodología estructurada que permite abordar problemas complejos mediante un enfoque basado en datos”.

En este proyecto, se emplearán estas fases para analizar y proponer mejoras en la producción del ungüento Zepol, iniciando con la definición del problema, seguida de la recolección de datos sobre los tiempos y los costos involucrados. Posteriormente, se analizarán las causas de la variabilidad en los costos operativos, para finalmente implementar y controlar las mejoras.

Otra metodología relevante es la del PMBOK, la cual establece procesos de planeación, ejecución y control del proyecto, asegurando un desarrollo ordenado y medible (Project, Management, & Institute, 2021).

Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es utilizada por la amplitud de investigación que brinda para el desarrollo del proyecto; debido a que busca instaurar el punto de origen de las variaciones o problemas y proponer e iniciar las mejoras que se establezcan. El método del DMAIC es una de las herramientas ingenieriles más estructuradas y utilizadas en la resolución de problemas; sus componentes DMAIC son las fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar; una fase depende de la anterior para dar correcta dirección a la resolución del problema.

A continuación, se describe lo más importante de cada fase de acuerdo con lo mencionado por Acuña (2012):

- Definir: Es “refinar el entendimiento del problema por solucionar por parte del equipo de trabajo y definir las expectativas del cliente para el proceso.” (p.793).

- Medir: Consiste en la caracterización del proceso, identificando los requisitos clave de los clientes, las características claves del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. (p.794).
- Análisis: “Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto, utilizando las herramientas estadísticas pertinentes.” (p.794).
- Mejora: “El equipo de trabajo desarrolla, implementa y valida alternativas de mejora que rectifican el proceso.” (p.795).
- Control: “Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios.” (p.796).

Entrevista

La entrevista es un método de comunicación que permite la recolección de información mediante un diálogo entre dos o más personas, el objetivo es recolectar datos detallados y opiniones sobre un tema en específico por medio de preguntas que pueden ser preparadas con anterioridad o de forma espontánea para llegar al objetivo requerido. Díaz-Bravo (2013) afirma que “La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar.”

Las entrevistas son utilizadas de múltiples maneras, pero para que sea efectiva, se debe considerar tener una preparación cuidadosa para lograr el objetivo, habilidades sólidas de comunicación y la capacidad de adaptarse a situaciones imprevistas.

Figura 5 Entrevista



Fuente: Tomado de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

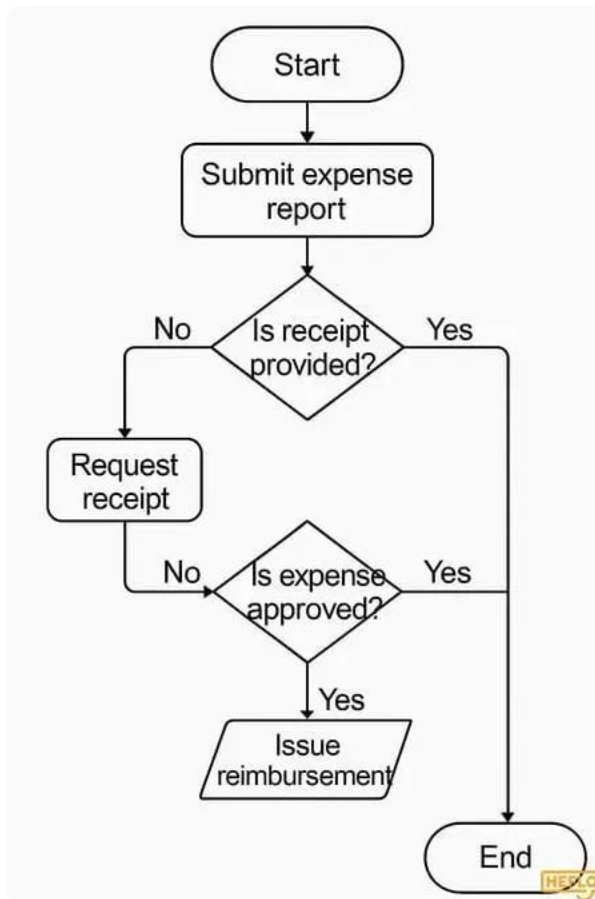
Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender. Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

Según Benjamín (2004), el diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso. Muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y

los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones interdepartamentales (p.31).

Figura 6 Diagrama de flujo



Fuente: Tomado de (Reynolds, 2016)

Diagrama de recorrido

El Diagrama de Recorrido es una representación visual de cada paso de un proceso específico, donde cada actividad es representada con un símbolo definido de acuerdo con su significado, para facilitar la comprensión y tener una visión más clara de la acción en estudio. Este diagrama se utiliza para obtener mayor productividad y encontrar cuellos de botella que afectan el buen funcionamiento del proceso. Como bien menciona Salazar (2019), “el diagrama de recorrido complementa la información consignada en los diagramas del proceso; este consiste

en un plano (que puede ser o no a escala), de la planta o sección donde se desarrolla el proceso objeto del estudio.”

Figura 7 Diagrama de recorrido

Diagrama de flujo del proceso		Resumen			
Ubicación: Dorben Ad Agency		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Operación	4		
Fecha 1-26-98		Transporte	4		
Operador: J.S.	Analista: A. F.	Retrasos	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Inspección	0		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Almacenamiento	2		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Tiempo (min)			
Comentarios:		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◇ D □ ▽				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ◇ D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ◇ D □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	○ ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ D □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ◇ D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	○ ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ D □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ◇ D □ ▽		20		
Poner la grapa	○ ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ D □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ◇ D □ ▽		200		
Colocar la dirección	○ ◇ D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				

Fuente: Tomado de (W. Niebel & Freivalds, 2009)

Observación directa

La técnica de observación directa es una manera de obtener información de comportamientos, eventos y situaciones de forma natural en la ejecución de un proceso, permitiendo así validez y fiabilidad de los datos en primera mano para realizar planificaciones y definir claramente puntos de mejora.

Existen dos maneras de proceder con la observación directa de un proceso, de forma encubierta o de forma presencial, en donde Cajal (2020) nos apoya indicando que: “Al momento de realizar la observación directa, se puede proceder de dos maneras: de forma encubierta (si el objeto no sabe que está siendo observado) o de forma manifiesta (si el objeto es consciente de estar siendo observado).”

Figura 8 Observación directa

● **Tabla 12.2** Un ejemplo de anotaciones resumidas

Resumen	Anotación de la observación directa
El paciente fue sumamente hostil con el médico, tanto verbal como no verbalmente.	Eran las 14:30 horas, cuando en la recepción del hospital, el médico que estaba uniformado con bata blanca, le pidió al paciente que por favor pasara a la sala de espera, con el fin de que se alistara para el chequeo de rutina (su tono fue amable y su comunicación no verbal, afable; miró al paciente directamente a los ojos). El paciente le gritó al médico, con firmeza: “no voy a pasar, váyase a la mierda”, y golpeó la pared. No hizo contacto visual con el médico.
El médico respondió con la misma hostilidad, verbal y no verbal.	El médico le respondió al paciente (que por cierto vestía informal): “el que se va a la mierda es usted, púdrase en el infierno” y lanzó el expediente al suelo.
Se inició una escalada de violencia verbal.	El paciente contestó: “mire, matasanos de cuarta categoría, últimamente no me ha dado nada, ni ayudado en nada. Se olvida de los pacientes. No dudo que también lo haga con sus amigos. Ojalá se muera...”
El paciente evadió la interacción.	El paciente visiblemente molesto salió de la recepción del hospital hacia la calle.

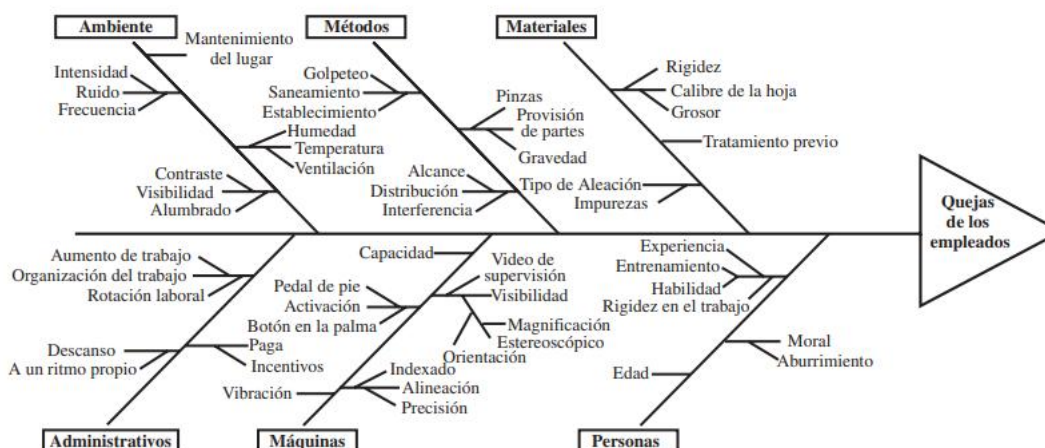
Fuente: Tomado de (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la investigación, 2014)

Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa nos afirma la Gestión de Calidad (2017): “Identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con mayor detalle en subcausas. Esto último resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.”

Este diagrama se implementa trazando una línea horizontal que representa el problema que se está analizando y sus causas se trazan con líneas inclinadas conectándose a la línea principal. Las causas se clasifican en diferentes categorías para facilitar el análisis y organización de los datos representativos como causas del problema.

Figura 9 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Tomado de (W.Niebel & Freivalds, 2009)

Análisis de tiempos y movimientos

El análisis de los tiempos y movimientos es un concepto fundamental de la Ingeniería Industrial, cuyo mayor objetivo es aumentar la eficiencia en los procesos y la productividad de los recursos. Este análisis se basa en estudiar un proceso de forma específica, paso a paso, para identificar las áreas en las que se pueden implementar mejoras prácticas (Cuevas, González, Torres & Valladares, 2020).

Figura 10 Análisis de tiempos y movimientos**Tabla 13.1** Resumen de los datos de MTM-1

Distancia recorrida (pulgada)	Tabla I: Alcanzar: R						Caso y descripción
	Tiempo (TMU)				Mano en movimiento		
	A	B	C o D	E	A	B	
1/2 o menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A Alcanzar un objeto en posición fija, o un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano.
1	2.5	2.5	3.6	2.4	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	5.9	3.8	3.5	2.7	B Alcanzar un solo objeto en una posición que puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	
4	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3	
5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0	C Alcanzar un objeto mezclado con otros en un grupo, de manera que es necesario buscar y seleccionar.
6	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	D Alcanzar un objeto muy pequeño o donde se requiere un agarre preciso.
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	
9	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9	E Alcanzar una posición indefinida para poner la mano en posición con el fin de equilibrar el cuerpo o para el movimiento siguiente o fuera de la trayectoria.
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
14	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	
16	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
30	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	

Fuente: Tomado de (W. Niebel & Freivalds, Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo, 2009)

Análisis de los 5 por qué

El Análisis de los 5 porqués es una técnica utilizada para la identificación de causas raíz, ampliamente aplicada en metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing y Six Sigma. Esta herramienta fue desarrollada originalmente por Sakichi Toyoda, uno de los pioneros de Toyota, y formalizada como parte esencial del Sistema de Producción Toyota (Ohno, 1988).

Consiste en realizar una serie de preguntas del tipo "¿por qué?" de forma iterativa, generalmente cinco veces, hasta encontrar el origen fundamental del problema. A diferencia de una inspección superficial que se enfoca en los síntomas, esta técnica permite explorar las relaciones causa-efecto que subyacen a los problemas en un proceso productivo.

Según Team & Infraspak (2023), el objetivo de esta herramienta es eliminar las causas subyacentes que generan ineficiencias o errores, y no únicamente corregir las consecuencias visibles. De esta forma, se contribuye al fortalecimiento de la estabilidad operativa y la calidad de los procesos.

El análisis de los 5 por qué permite desglosar problemas para llegar a su causa raíz, estableciendo interrogantes de forma iterativa para eliminar las causas subyacentes que afectan el proceso.

Figura 11 Análisis de los 5 por qué

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
¿Por qué está sucediendo esta situación?	Razón 1					Solución 1
	Razón 2					Solución 2
	Razón 3					Solución 3

Fuente: Tomado de (Cárdenas, 2021)

Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El impacto de este proyecto puede analizarse desde varios puntos de vista. En términos económicos, (Mejía, 2020) señala que “la mejora en los procesos productivos puede generar ahorros significativos al reducir desperdicios y optimizar recursos”. Este es uno de los principales objetivos del proyecto, considerando que el formato de 30 g es el más vendido y, por ende, el que más contribuye al margen de utilidad de la compañía. Desde la perspectiva metodológica, la aplicación de herramientas como el ciclo DMAIC permite no solo la solución puntual de

problemas, sino también la implementación de mejoras sostenibles que aseguran resultados en el corto, mediano y largo plazo

- **Impacto a Corto Plazo (Identificación del Problema):** En esta primera fase, el impacto se relaciona con la visibilización de ineficiencias existentes en los procesos. A través de herramientas como la observación directa, análisis de datos históricos, y mapeo de procesos, se identifican áreas donde se generan desperdicios de tiempo, material o recursos humanos. Este diagnóstico inicial es clave, ya que permite tomar decisiones basadas en evidencia y establecer prioridades de acción inmediatas.
- **Impacto a Mediano Plazo (Desarrollo del Proyecto Implementado):** Durante la fase de mejora e implementación, el impacto del proyecto se manifiesta mediante la reducción de los costos operativos, el incremento de la eficiencia y la estandarización de tareas críticas. Se espera que el uso de indicadores como el índice de capacidad del proceso (C_p) y la medición de eficiencia por lote permitan evaluar la evolución de los resultados. Asimismo, se promueve una cultura organizacional orientada a la mejora continua, que fortalece la comunicación entre áreas, la formación del personal y el enfoque hacia la calidad.
- **Impacto a Largo Plazo (Proceso Controlado y Cumpliendo las Metas):** Una vez que se consolidan las mejoras, el proyecto genera un impacto estructural. Se alcanza un proceso controlado y predecible, con reducción de variabilidad y capacidad para sostener el rendimiento en el tiempo. Esto permite a la empresa mantener su competitividad en el mercado, asegurar la estabilidad del sistema productivo y adaptarse con agilidad a cambios en la demanda. Además, fomenta una cultura interna de análisis de causa raíz, control estadístico de procesos y toma de decisiones basada en datos.

En términos de sostenibilidad, Elkington (2018) destaca que “la eficiencia en la producción no solo beneficia económicamente a las organizaciones, sino que también reduce el impacto ambiental al minimizar el uso de recursos”. En este sentido, el proyecto también tiene una implicación ambiental positiva, ya que la optimización del proceso implica un menor consumo de materias primas, energía y recursos auxiliares, lo cual reduce la huella ecológica del producto y contribuye al cumplimiento de estándares internacionales.

Finalmente, el impacto también puede observarse desde una dimensión estratégica: el proyecto contribuye al alineamiento entre las operaciones y los objetivos corporativos, refuerza la cultura de calidad y posiciona a la empresa como referente en prácticas responsables, eficientes y sostenibles dentro del sector.

Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

A nivel internacional, Estudios realizados en el sector farmacéutico y de bienes de consumo han demostrado que la optimización de líneas de producción puede aumentar la capacidad instalada entre un 15 % y un 25 %, sin necesidad de realizar grandes inversiones en infraestructura física (Smith & Brown, 2020). Estas mejoras han sido logradas mediante la reconfiguración de procesos, estandarización de tareas críticas y eliminación de actividades que no agregan valor.

Por ejemplo, en un estudio de caso desarrollado en una planta farmacéutica de Canadá, la implementación de un proyecto Lean basado en el ciclo DMAIC permitió reducir los tiempos de

cambio de formato en un 35 % y disminuir los desperdicios en más de un 20 %, generando un retorno sobre la inversión en menos de seis meses (Johnson, Clark, & Barnes, 2019).

Asimismo, el sector automotriz japonés, pionero en la adopción del enfoque Kaizen y la cultura de mejora continua, ha demostrado cómo la aplicación sistemática del análisis de causa raíz, junto con la estandarización y el control visual, puede consolidar procesos altamente eficientes y sostenibles a largo plazo.

En el contexto costarricense, diferentes industrias han reportado mejoras significativas mediante la adopción de metodologías como Lean Manufacturing, Six Sigma y el enfoque DMAIC. Según Ramírez (2019), “la aplicación de herramientas como el mapa de flujo de valor ha permitido identificar actividades que no agregan valor, eliminándolas y mejorando significativamente la eficiencia”.

Un ejemplo destacado es el caso de la empresa costarricense Metalco, donde se implementó un proyecto de mejora para reducir el sobreconsumo de zinc en bobinas galvanizadas. En dicha iniciativa, documentada por Ocampo (2020), se aplicaron herramientas de análisis de procesos y control estadístico, lo que permitió disminuir el costo por unidad procesada y estandarizar los criterios de aplicación del recubrimiento metálico.

Otro antecedente nacional relevante es la tesis desarrollada por Soto (2018), quien aplicó la metodología DMAIC para optimizar el proceso de envasado de alcoholes en la Fábrica Nacional de Licores. A través del uso de gráficos de control, análisis de Pareto y acciones de mejora correctiva, se logró reducir la variabilidad en el proceso, aumentar el rendimiento de la línea y mejorar la trazabilidad de los lotes.

Estos casos demuestran que la aplicación de un enfoque ingenieril y sistemático —como el propuesto en este proyecto mediante la metodología DMAIC— no solo es viable, sino efectiva para resolver problemáticas reales de producción. Además, permiten reafirmar que no es necesario realizar grandes inversiones para obtener resultados significativos; basta con gestionar adecuadamente los recursos existentes, capacitar al personal, y aplicar metodologías estructuradas.

En resumen, la metodología DMAIC se consolida como una herramienta poderosa que permite a las organizaciones mejorar sus procesos, reducir costos, aumentar la calidad, y alcanzar un desempeño sostenible. Al considerar tanto referentes internacionales como experiencias nacionales, se valida la importancia y aplicabilidad de esta herramienta en el contexto específico de Laboratorios Zepol.

Capítulo III. Metodología de trabajo

Metodología para la definición del problema

La definición del problema es una etapa crucial para entender las causas subyacentes de la variabilidad en los costos operativos y para establecer una base sólida para las acciones que se tomarán durante el proyecto. En esta fase, se identifican los problemas clave que afectan la eficiencia del proceso de producción y se establecen los objetivos específicos del proyecto.

Recopilación de datos históricos

- Se recopilarán datos históricos del proceso de producción del producto Zepol Ungüento Adulto. Esto incluirá información sobre:
 - Costos operativos por unidad de producción.
 - Tiempos de ciclo de producción.
 - Variabilidad observada en los costos y tiempos.
 - Incidentes recurrentes o puntos de fallo.
- Los datos pueden provenir de informes financieros, registros operativos y bases de datos de producción.
- Ver **Anexo 1**: Plantilla de Recolección de Datos Históricos

Identificación de la Variabilidad

- A través del análisis de los datos recopilados, se identificarán las fuentes de variabilidad que afectan los costos operativos. Las variabilidades pueden estar relacionadas con:

- Tiempos de procesamiento ineficientes.
- Desperdicios o defectos en la producción.
- Desviaciones en los materiales utilizados.
- Para esto, se utilizarán herramientas como los gráficos de control, que permitirán visualizar las fluctuaciones en el desempeño del proceso y detectar patrones inusuales.
- Ver **Anexo 2**: Plantilla para gráfico de control

Análisis causal

- Utilizando técnicas de análisis de causa raíz, como los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa, se investigarán las causas fundamentales de la variabilidad. En este paso, se busca identificar no solo los síntomas del problema, sino las causas subyacentes.
- Se enfocará en áreas como:
 - Problemas en el equipo o maquinaria.
 - Ineficiencias en la capacitación del personal.
 - Deficiencias en los procesos de producción.
 - Problemas con los proveedores o materiales.
 - Ver **Anexo 3**: Diagrama de Ishikawa

Priorización de problemas

- Una vez identificadas las causas, se llevará a cabo un análisis de priorización, utilizando herramientas como la matriz de priorización. Esto ayudará a determinar cuáles problemas

son los más críticos y cuáles tienen el mayor impacto en los costos operativos y en la eficiencia del proceso.

- Se asignarán prioridades a los problemas a abordar, estableciendo un orden de intervención que permita abordar las causas con mayor impacto primero.
- Ver **Anexo 4**: Matriz de priorización

Establecimiento de objetivos claros

- Con base en la información obtenida durante la fase de definición del problema, se establecerán objetivos claros y medibles para el proyecto. Estos objetivos estarán alineados con la reducción de la variabilidad y la mejora de la eficiencia. Algunos de los objetivos clave incluyen:
 - Reducir los costos operativos por unidad.
 - Optimizar los tiempos de ciclo de producción.
 - Mejorar los índices de capacidad del proceso.
- Cada objetivo será medido con indicadores específicos, como el costo por unidad, el tiempo de producción por lote, y el grado de cumplimiento de los límites de especificación.

Documentación y aprobación del problema definido

- Finalmente, se documentará la definición del problema en un informe detallado que incluirá:
 - La descripción clara del problema identificado.

- Las causas que contribuyen al problema.
- La priorización de los problemas a resolver.
- Los objetivos del proyecto, alineados con la mejora del proceso y la reducción de la variabilidad.
- Este informe será presentado y aprobado por los interesados clave del proyecto, asegurando que todos los involucrados tengan una comprensión común del problema y las metas del proyecto.

Tabla 1 Definición del problema

Elemento	Descripción
Problema identificado	Variabilidad en los costos operativos y tiempos de producción en el proceso de fabricación de Zepol Ungüento Adulto.
Fuente de variabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Desviaciones en los tiempos de producción. - Ineficiencias en la utilización de materiales. - Deficiencias en la capacitación del personal. - Incidencias recurrentes de fallos en la maquinaria.
Datos históricos utilizados	Registros de costos operativos, tiempos de producción, calidad de producto, y fallos de equipo durante el último año.
Datos históricos utilizados	Registros de costos operativos, tiempos de producción, calidad de producto, y fallos de equipo durante el último año.
Análisis realizado	Se utilizó un análisis de causa raíz con herramientas como los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa.
Impacto del problema	Aumento de los costos operativos en un 15% debido a la variabilidad en la producción, lo que

reduce la eficiencia del proceso y afecta la competitividad del producto.

Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Para medir el desempeño y la eficacia del proyecto, se utilizarán herramientas cuantitativas y cualitativas que permitan obtener un respaldo sólido de los resultados obtenidos.

Definición de métricas clave

- Se definirán métricas clave de rendimiento (KPI), tales como:
- Costos de producción por unidad.
- Tiempos de ciclo de producción.
- Índices de capacidad (Cp, Cpk).
- Grado de cumplimiento de los límites de especificación.
- Reducción de costos operativos.
- Estas métricas se medirán antes y después de implementar las mejoras.

Herramientas de medición

- Se utilizarán gráficos de control para monitorear la variabilidad en el proceso Ver **Anexo 2: Plantilla para gráfico de control**
- Se emplearán estadísticas descriptivas (promedios, desviación estándar, etc.) para evaluar la consistencia y desempeño de los procesos. Ver **Anexo 2: Plantilla para gráfico de control**

- Análisis de causa raíz para identificar fuentes de variabilidad, utilizando herramientas cualitativas como el diagrama de Ishikawa y los 5 porqués. Ver **Anexo 3**: Diagrama Ishikawa

Respaldo cualitativo

- Realización de entrevistas con operadores y personal clave para identificar posibles áreas de mejora no cuantificadas.
- Observación directa en el lugar de trabajo para identificar cuellos de botella o ineficiencias operativas que no siempre se reflejan en los datos cuantitativos.

Evaluación continua

- Se implementará un sistema de seguimiento continuo que permitirá evaluar tanto los aspectos cuantitativos (como costos y tiempos) como los cualitativos (como satisfacción del equipo de trabajo con los procesos implementados).

Tabla 2 Medición y respaldo cualitativo

Elemento	Descripción
Métricas clave	Costos por unidad de producción, tiempo de ciclo de producción, tasa de defectos, utilización de material.
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis estadístico de los datos históricos. - Gráficos de control para identificar fluctuaciones en el proceso. - Cálculo de índices de capacidad (Cp, Cpk) para evaluar el cumplimiento de los límites de especificación.

Datos recopilados	Costos operativos históricos, tiempos de producción, tasas de defectos, cantidad de materiales utilizados.
Herramientas utilizadas	- Análisis de Pareto.

Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Análisis de la situación actual

- A través de la medición y el análisis de datos históricos, se identificará la variabilidad en los procesos que contribuyen a los costos operativos. Las principales fuentes de variabilidad serán documentadas y priorizadas según su impacto en el desempeño del proceso. Ver **Anexo 4** : Matriz de Priorización

Propuestas de mejora

- Aplicando la metodología DMAIC, en la fase de Mejorar, se desarrollarán y evaluarán varias soluciones potenciales para abordar las fuentes de variabilidad identificadas. Las posibles soluciones pueden incluir:
- Mejoras tecnológicas: Automatización de algunos procesos o adquisición de herramientas más eficientes.
- Optimización de procesos: Rediseño de los flujos de trabajo para reducir tiempos muertos o ineficiencias.

- Capacitación del personal: Formación específica en las áreas que presentan mayor variabilidad.

Evaluación de la viabilidad

- Se realizará un análisis de costo-beneficio para cada propuesta, evaluando tanto la viabilidad técnica como la viabilidad financiera de la solución. Las soluciones seleccionadas serán aquellas que mejor se alineen con los objetivos del proyecto y los recursos disponibles.

Planificación de la implementación

- Se elaborará un plan de acción detallado, que incluirá las actividades a realizar, los recursos necesarios, los tiempos estimados y los responsables de ejecutar las soluciones. Además, se diseñarán procedimientos estandarizados para asegurar que las mejoras se implementen de forma consistente. Ver cronograma de implementación del capítulo V.
Ver **Anexo 6**: Formato procedimiento estandarizado propuesto

Tabla 3 Propuesta de mejora

Elemento	Descripción
Soluciones propuestas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Optimización de tiempos de ciclo mediante la mejora de la formación del personal y la automatización parcial del proceso. 2. Establecimiento de un sistema de mantenimiento preventivo para minimizar los fallos de maquinaria. 3. Revisión de los proveedores y materias primas para mejorar la eficiencia en el consumo de materiales.
Métodos de mejora	Aplicación de Lean Manufacturing para reducir desperdicios y tiempos no productivos, así como la implementación de un programa de mantenimiento

	predictivo para reducir la variabilidad de los tiempos de producción.
Impacto esperado	Reducción de la variabilidad en los costos operativos en un 10%, mejora del tiempo de ciclo de producción en un 15%, y mejora de la calidad del producto.
Indicadores de éxito	Costos operativos por unidad, tiempo de producción por lote, reducción de defectos, eficiencia en el uso de materiales.
Plan de acción	Planificación de los recursos necesarios, asignación de responsabilidades, y definición de tiempos para la implementación de las mejoras propuestas.

Metodología para la implementación del proyecto

Ejecución de las soluciones propuestas

- Durante la fase de Mejorar, las soluciones seleccionadas se implementarán en fases controladas para asegurar una transición suave. Las fases de implementación podrían incluir:
- Prueba piloto: Ejecutar las mejoras a pequeña escala para evaluar su efectividad antes de implementarlas a nivel completo.
- Implementación escalonada: Desplegar las mejoras en diferentes áreas o líneas de producción de manera progresiva para garantizar que cada cambio se adapte correctamente.

Capacitación y comunicación

- Se brindará formación al personal en los nuevos procesos y herramientas que se implementarán.
- Se fomentará la comunicación continua durante el proceso de implementación para asegurar que todo el equipo esté informado y alineado con los cambios.

Monitoreo de la implementación

- Durante la implementación, se utilizarán gráficos de control y otras herramientas de monitoreo para asegurar que las mejoras estén teniendo el impacto esperado y no estén causando efectos no deseados.
- Se organizarán reuniones periódicas de seguimiento para evaluar el progreso de la implementación y realizar ajustes si es necesario.

Tabla 4 Implementación del proyecto

Elemento	Descripción
Acciones realizadas	1. Capacitación del personal sobre nuevas técnicas de producción. 2. Instalación de sistemas de mantenimiento predictivo en equipos clave. 3. Optimización de procesos a través de ajustes en el flujo de trabajo y la reducción de tiempos muertos.
Recursos utilizados	Equipos de maquinaria, software para monitoreo y control de procesos, personal capacitado.
Plazo de implementación	3 meses (junio - agosto 2024).

Responsables	Departamento de Producción, Equipo de Mantenimiento, Consultores externos en Lean Manufacturing.
Riesgos identificados	Resistencia al cambio por parte del personal, posibilidad de interrupciones en el proceso de producción durante la implementación de nuevas tecnologías.

Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Verificación de los resultados

- Al final de la implementación, se llevará a cabo una comparación de métricas iniciales y finales. Las principales métricas de rendimiento (costos, tiempos de ciclo, eficiencia del proceso) serán evaluadas para determinar si las soluciones implementadas han logrado reducir la variabilidad y aumentar la eficiencia.
- Se utilizará análisis estadístico para determinar si las mejoras son estadísticamente significativas.

Aseguramiento de la sostenibilidad

- Se implementará un plan de control a largo plazo para monitorear el desempeño del proceso una vez que las mejoras hayan sido implementadas. Este plan incluirá:
- Establecimiento de métricas clave de seguimiento.
- Auditorías periódicas para evaluar la efectividad de los procesos mejorados.
- Revisión de procedimientos operativos estándar (SOP) para asegurar que las mejoras sean mantenidas a largo plazo.

Control continuo

- Para garantizar que los resultados obtenidos se mantengan, se establecerá un sistema de retroalimentación continua, donde los datos de desempeño se recojan regularmente y se comparen con las expectativas.
- En caso de desviaciones, se aplicarán medidas correctivas y se ajustarán los procesos según sea necesario.

Seguimiento de los resultados

- Finalmente, se establecerán reuniones periódicas para revisar el estado de los KPIs, lo que permitirá un ajuste continuo a los procesos y asegurar que las soluciones implementadas siguen siendo efectivas a lo largo del tiempo.

Tabla 5 Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Elemento	Descripción
Métodos de verificación	Comparación entre métricas iniciales y finales del proceso. Auditorías periódicas de control de calidad y tiempo de producción.
Indicadores de control	- Costos operativos por unidad. - Tiempos de ciclo de producción. - Tasa de defectos.
Acciones de control	Monitoreo semanal de los KPIs definidos, análisis de resultados en reuniones periódicas de equipo, ajustes en el proceso si se detectan desviaciones de las métricas esperadas.
Responsables	Líder de proyecto, Equipo de control de calidad, Departamento de Finanzas.
Resultado esperado	Asegurar que las mejoras implementadas mantengan la reducción en los costos

operativos y tiempos de producción a largo
plazo.

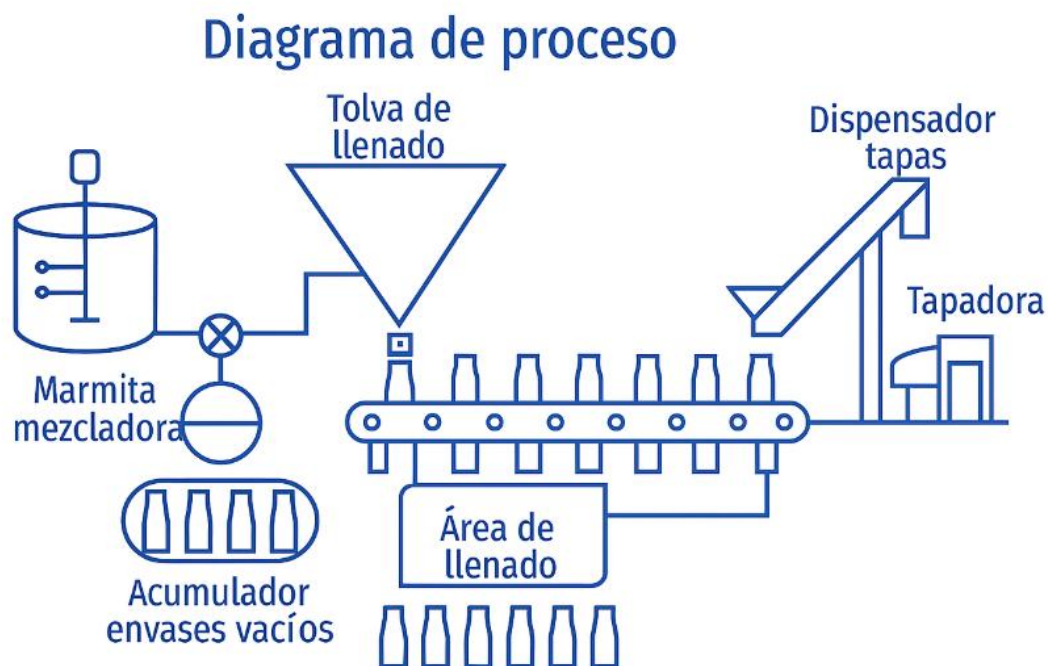
Capítulo IV. Análisis de causas raíz

Descripción general de la situación actual

En esta etapa del proyecto, se desarrollan las primeras fases de la metodología DMAIC, utilizando información recolectada del departamento de producción de Laboratorios Zepol. La problemática se centra en la alta variabilidad detectada en los tiempos de producción y costos operativos asociados a la presentación de 30 g del Zepol Ungüento Adulto, generando inconsistencias en la eficiencia del proceso.

Para ilustrar esta problemática, se presenta a continuación un diagrama del proceso productivo, donde se señala la etapa específica que será intervenida: la estación de tapado automático.

Ilustración 6 Diagrama del proceso productivo del Zepol Ungüento Adulto. Fuente: Elaboración Propia



También se incluye una imagen del equipo tapador utilizado, lo cual facilita la comprensión del contexto operativo y del entorno físico de trabajo abordado en esta investigación.

Ilustración 7 Tapadora Zepol Ungüento Adulto. Fuente: Elaboración Propia



El análisis de esta situación permite identificar las causas clave de la variabilidad, utilizando herramientas de diagnóstico como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el análisis de los 5 Porqués. Estas herramientas ayudan a estructurar y priorizar los factores que impactan negativamente el desempeño del proceso.

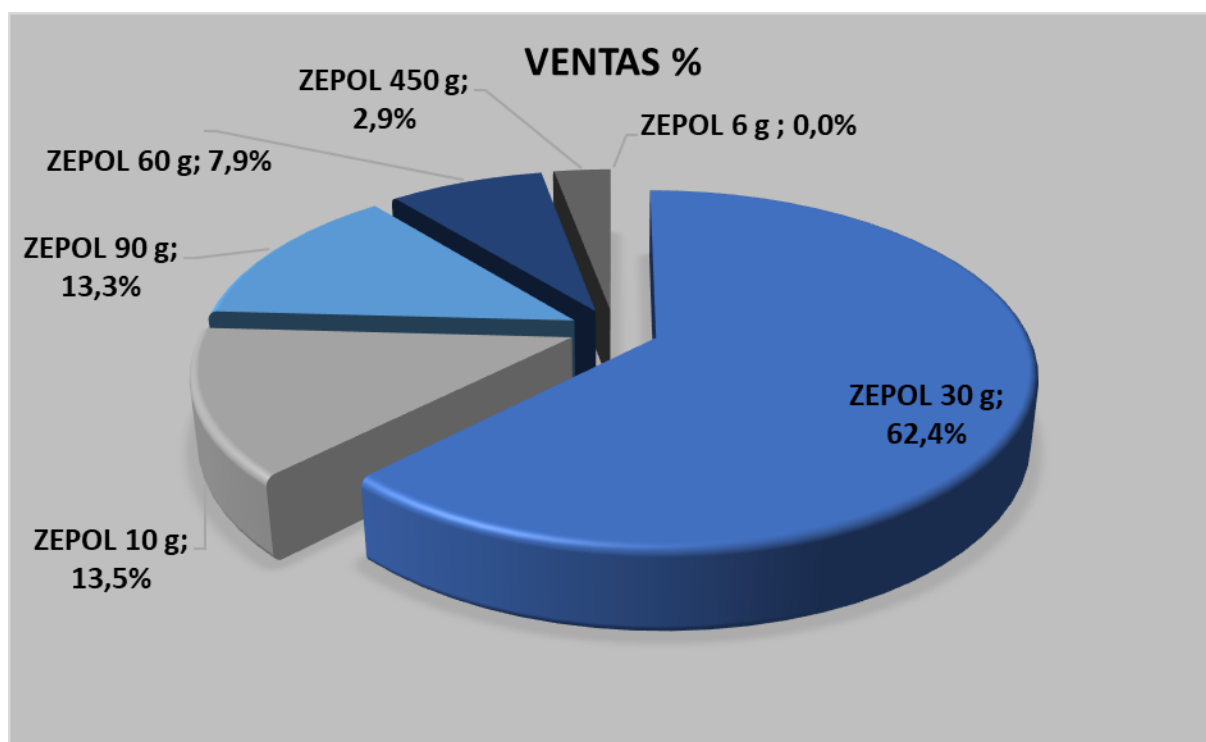
Dado que el producto de 30 g es el más demandado, cualquier ineficiencia en su producción tiene un impacto significativo en los costos y la competitividad de la empresa. Los

datos históricos de producción, junto con las observaciones del equipo técnico, proporcionan una base sólida para este diagnóstico.

Esta descripción inicial de la situación actual contextualiza la necesidad de implementar mejoras en el proceso para reducir la variabilidad y asegurar un rendimiento operativo estable.

En la siguiente figura se muestra la distribución de las diferentes presentaciones, donde se evidencia que la presentación de 30 g representa el mayor ingreso por ventas y, además, cuenta con el mayor margen.

Gráfico 1 Porcentaje de ventas



Fuente: Elaboración propia.

Identificación de la variabilidad en el proceso

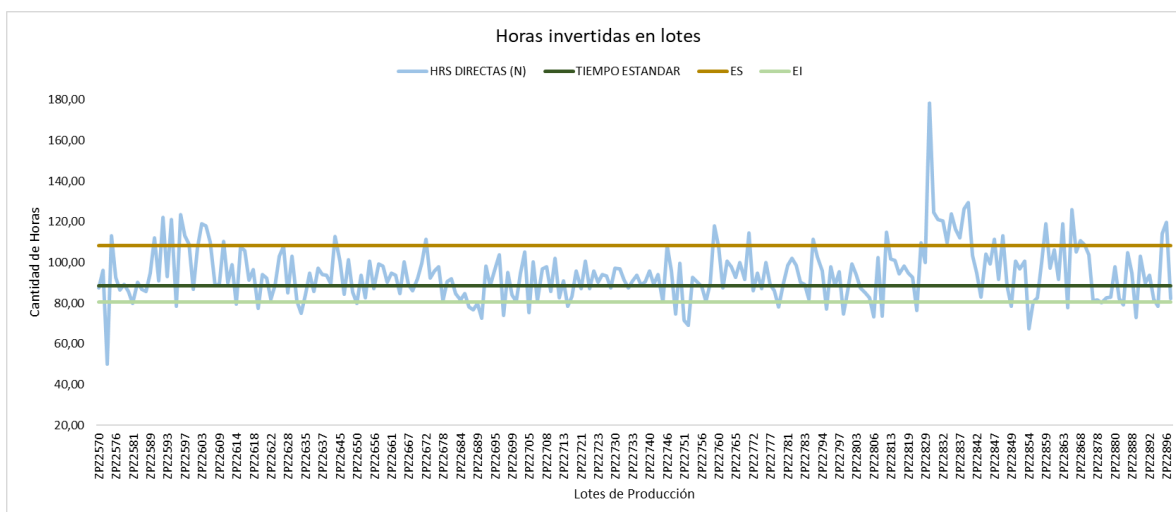
Variabilidad observada

Se describe la variabilidad detectada en los costos de mano de obra y los tiempos de producción para la presentación de 30 g del Zepol Ungüento Adulto, utilizando datos históricos. En la Tabla 6 se presenta una parte de los datos recopilados. Es importante señalar que los lotes analizados corresponden, en su mayoría, a producciones de volumen similar, ya que están definidos por la misma presentación de producto (30 g) y se planifican con cantidades estándar. Aunque puede haber ligeras variaciones atribuibles al rendimiento operativo, estas no representan diferencias sustanciales en el tamaño del lote, lo cual permite que el análisis de la variabilidad se base en condiciones comparables.

Tabla 6 Datos históricos

LOTE_PRODUCION	HRS DIRECTAS (N) ▾	TIEMPO ESTANDAR ▾	ES	EI
ZPZ2570	87,50	88,50	108	81
ZPZ2571	96,00	88,50	108	81
ZPZ2573	50,17	88,50	108	81
ZPZ2575	113,27	88,50	108	81
ZPZ2576	92,83	88,50	108	81
ZPZ2578	86,59	88,50	108	81
ZPZ2579	89,36	88,50	108	81
ZPZ2580	85,92	88,50	108	81
ZPZ2581	79,92	88,50	108	81
ZPZ2584	90,35	88,50	108	81
ZPZ2585	86,70	88,50	108	81
ZPZ2587	85,76	88,50	108	81
ZPZ2589	94,92	88,50	108	81
ZPZ2590	111,99	88,50	108	81
ZPZ2591	91,10	88,50	108	81
ZPZ2594	122,09	88,50	108	81
ZPZ2593	93,01	88,50	108	81
ZPZ2596	121,16	88,50	108	81
ZPZ2595	78,41	88,50	108	81
ZPZ2598	123,54	88,50	108	81
ZPZ2597	113,08	88,50	108	81
ZPZ2600	109,03	88,50	108	81
ZPZ2601	86,75	88,50	108	81
ZPZ2602	107,17	88,50	108	81
ZPZ2603	119,02	88,50	108	81

Fuente: Elaboración Propia.

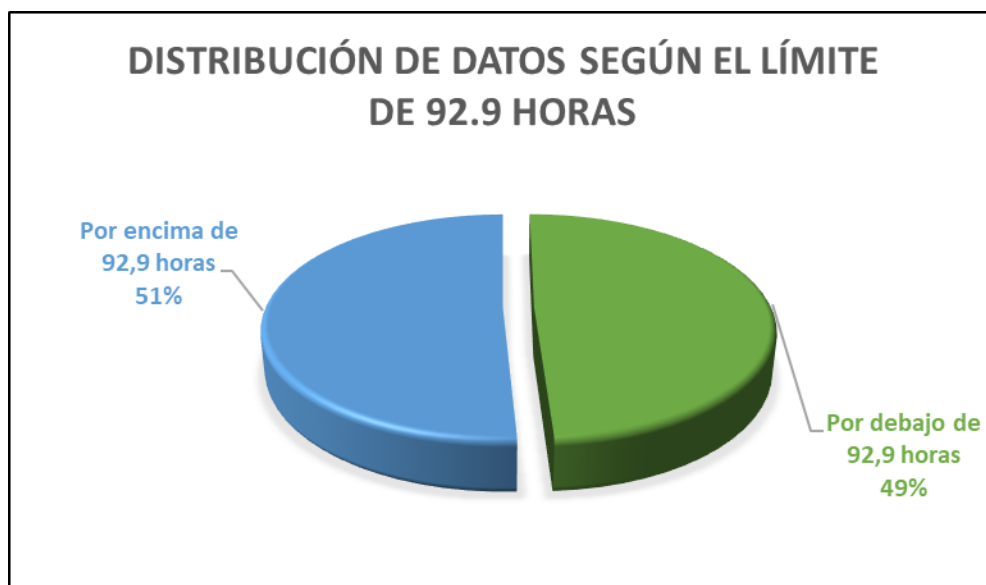
Tabla 7 Horas invertidas en lotes

Fuente: Elaboración propia.

Variabilidad en horas de mano de obra

En la Tabla 8 se muestran las fluctuaciones en las horas invertidas por lote, donde se detecta una desviación significativa fuera de los límites de especificación. A continuación, se presenta un análisis de los datos históricos recopilados, donde, de un total de 250 registros, 127 registros se encuentran por encima del límite superior de 92.9 horas, eso representa un 50.8% donde evidencia una alta variabilidad en los tiempos de producción, lo que sugiere inconsistencias en el proceso y una posible reducción en la eficiencia operativa.

Tabla 8 Distribución de datos por encima del límite superior



Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un estudio de Cálculo de Capacidad del Proceso (C_p), obteniéndose un valor de 0.12, lo que indica una incapacidad del proceso para cumplir con los límites de especificación establecidos. Este resultado refleja que la variabilidad del proceso es excesivamente alta en relación con el rango permitido, lo que significa que el proceso no es capaz de mantenerse dentro de los límites de especificación de manera consistente. Esto evidencia la necesidad de realizar mejoras significativas en el proceso para reducir la variabilidad y garantizar que se cumplan los estándares de calidad requeridos.

Tabla 9 *Calculo capacidad de proceso*

Desviación Estandar	13,74
Promedio μ	94,44
ES	89
EI	79
CPI	0,37
CPS	-0,13
CP	0,12

Fuente: Elaboración propia.

Factores de variabilidad identificado

La identificación inicial de posibles causas se realizó mediante una lluvia de ideas. Llevada a cabo en enero 2025 en la Sala Creativa, un espacio multiusos de la compañía.

En la sesión participaron los siguientes colaboradores con experiencia directa del proceso productivo:

Caleb Arroyo (Planner de Operaciones)

Brian López (Supervisor de Producción)

Douglas Hidalgo (Técnico de Mantenimiento)

Franz Medina (Manufacturero)

Hazel Brenes y Zaida Jiménez (Técnicas de Llenado y Tapado)

La actividad consistió en la identificación de las posibles causas de variabilidad, apoyándose en el uso de pizarras blancas y notas adhesivas. Las observaciones se organizaron

por categorías y se depuraron en conjunto con el equipo. Este enfoque facilitó la consolidación de hallazgos desde el conocimiento técnico y la experiencia práctica del personal operativo. Ver **Anexo 5** : Registro de Capacitación.

Como resultado de esa técnica, se generó una lista de factores que podrían estar contribuyendo a la variabilidad del proceso. Las principales causas identificadas fueron:

- Falta de capacitación del personal para manejar la tapadora automática.
- Errores humanos al ajustar o monitorear el equipo.
- Insuficiente cantidad de operarios asignados a la línea.
- Fallos técnicos en la tapadora automática (desgaste, mala calibración, mantenimiento insuficiente).
- Variabilidad en el desempeño de la máquina según los lotes.
- Configuración inadecuada para la presentación de 30 g.
- Procedimientos no estandarizados para ajustes o mantenimiento.
- Falta de validación de los métodos implementados tras la instalación.
- Desconocimiento de las métricas clave de eficiencia y control.
- Variabilidad en la calidad de los materiales (tapas, envases).
- Proveedores que no cumplen consistentemente con los estándares de calidad.
- Falta de monitoreo constante de las métricas de capacidad y desempeño del proceso.
- Datos imprecisos o métodos inadecuados para medir la eficiencia operativa.

- Condiciones ambientales en la planta que podrían afectar el desempeño de la máquina.
- Distribución del espacio en la planta, que podría afectar el flujo de trabajo.

Análisis de las causas raíz

Herramientas utilizadas

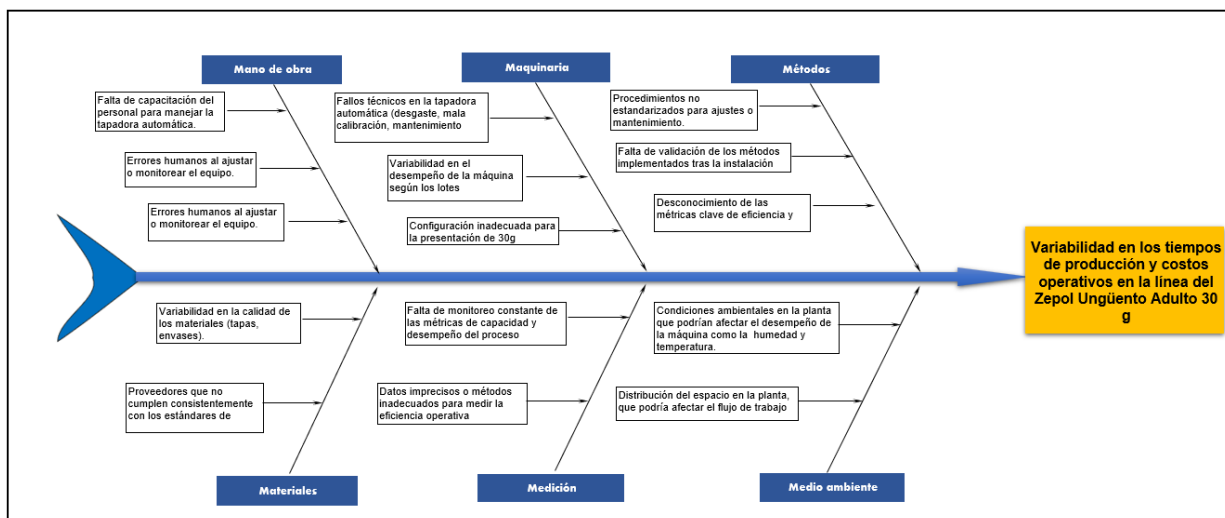
En esta etapa, se emplearon herramientas para estructurar y priorizar las causas identificadas.

- Diagrama de Ishikawa: Utilizado para categorizar las posibles causas de la variabilidad en el proceso. Este diagrama ayudó a agrupar las causas en cinco categorías principales: Equipos, Materiales, Procedimientos, Personal y Entorno.
- Diagrama de Pareto: Aplicado para priorizar las causas con mayor impacto en la variabilidad del proceso, identificando que el 80% de los problemas están relacionados con fallos en los equipos y falta de capacitación del personal.
- 5 porqués: Se utilizó esta metodología para profundizar en la causa raíz de los problemas detectados. A través de una secuencia de preguntas estructuradas, se determinó que la falta de capacitación del personal y el mantenimiento preventivo insuficiente son factores clave en la ineficiencia del proceso.

Resultados del análisis

Se presentan los hallazgos más relevantes respaldados por datos cuantitativos:

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

Justificación de las causas identificadas en el Diagrama de Ishikawa

- Falta de capacitación del personal: Esta causa se evidenció mediante entrevistas informales con el personal de línea y supervisor de producción, quienes indicaron que no han recibido una capacitación estructurada para operar la tapadora automática desde su implementación. Además, no se cuenta con registros formales de formación técnica actualizados, lo cual se validó con el área de Recursos Humanos. Se ha identificado como una causa crítica ya que la falta de habilidades y conocimientos específicos para manejar la tapadora automática incrementa los errores operativos y prolonga los tiempos de producción.
- Errores humanos al ajustar o monitorear el equipo: Surgen debido a la falta de procedimientos claros y capacitación específica, lo que genera inconsistencias en el

manejo de los equipos y aumenta las fallas operativas. Durante la observación directa del proceso y revisión de reportes internos de incidencias, se identificaron ajustes manuales recurrentes sin documentación técnica, los cuales derivaron en paros breves o rechazos por envasado defectuoso

- Insuficiente cantidad de operarios asignados: Esto provoca sobrecarga de trabajo en el personal existente, reduciendo la eficiencia y aumentando la posibilidad de errores humanos. Esta situación se constató al comparar el número de operarios asignados por turno con el estándar mínimo recomendado por el Supervisor de Producción para garantizar la operación continua. Si bien no se trata de un tema recurrente, se identificó que, según el conciliado de Mano de Obra Directa asignada, en algunos casos particularmente durante el Turno B o en jornadas de fin de semana la cantidad de operarios disponibles es menor en comparación con el Turno A
- Fallos técnicos en la tapadora automática: Los problemas como desgaste, mala calibración o falta de mantenimiento generan interrupciones frecuentes en el proceso, impactando los tiempos de producción. La revisión de bitácoras de mantenimiento muestra incidencias recurrentes asociadas a ajustes correctivos no planificados, lo que interfiere directamente con la continuidad operativa y prolonga los tiempos de producción.
- Variabilidad en el desempeño de la máquina: Esta se debe a la falta de estandarización y ajustes incorrectos que afectan la consistencia en la operación. A pesar de trabajar con productos similares, se ha observado variabilidad en el comportamiento de la máquina entre lotes similares. Esta inconsistencia ha sido asociada a ajustes manuales no uniformes y falta de parámetros definidos. La evidencia proviene de observaciones en planta y comparación de registros de lote donde se documentan tiempos de ciclo irregulares.

- Configuración inadecuada para la presentación de 30g: Configuraciones incorrectas resultan en ajustes repetitivos y pérdida de tiempo. Durante las sesiones de observación, se evidenció que el cambio de presentación (particularmente al formato de 30 g) requiere múltiples intentos de configuración debido a la ausencia de guías claras o plantillas de ajuste. Esto genera pérdida de tiempo productivo y prolongación del tiempo de alistamiento.
- Procedimientos no estandarizados: La ausencia de procedimientos uniformes dificulta la capacitación y aumenta la probabilidad de errores durante el manejo del equipo. El área no cuenta con documentación formalizada que detalle el paso a paso de los ajustes y operación de la tapadora. Esto genera dependencia de la experiencia individual de los operarios, limitando la consistencia en el proceso y dificultando la capacitación de nuevo personal
- Falta de validación de los métodos implementados: Sin una validación adecuada, los métodos pueden ser inconsistentes o ineficaces, impactando la productividad. En los registros técnicos del área no se encontraron documentos que respalden una validación formal de los métodos de ajuste y calibración aplicados actualmente. Esto genera riesgo de estar utilizando prácticas operativas inconsistentes o ineficientes
- Desconocimiento de las métricas clave: La falta de conocimiento de indicadores como eficiencia y capacidad operativa limita el control del proceso. A través de entrevistas informales, se identificó que parte del personal no está familiarizado con indicadores como eficiencia operativa (OEE), tiempo de ciclo ideal o rendimiento por turno. Tampoco se observó un tablero visual actualizado en la línea.

- Variabilidad en la calidad de materiales: Materiales inconsistentes (tapas y envases) generan ajustes adicionales en la máquina y retrasos en la producción. En los reportes de calidad y durante la observación, se detectaron diferencias en las dimensiones o resistencia de envases y tapas. Esto provoca ajustes manuales no planificados en la máquina, afectando la fluidez del proceso.
- Proveedores inconsistentes: Problemas en el cumplimiento de estándares de calidad por parte de los proveedores generan interrupciones en la cadena de suministro. El historial de compras y registros de recepción muestran que algunos proveedores presentan variaciones mínimas en la calidad del insumo entregado.
- Falta de monitoreo constante: Sin un seguimiento continuo de métricas clave, es difícil identificar y corregir problemas de manera oportuna. No se identificó un sistema de monitoreo en línea o reporte periódico sistematizado sobre métricas clave del proceso. Esta ausencia limita la capacidad de detectar desvíos a tiempo
- Datos imprecisos o métodos inadecuados: Esto limita la capacidad de realizar análisis confiables y tomar decisiones basadas en datos. Durante el análisis, se observó que parte de los datos del proceso se recopilan manualmente o con formatos inconsistentes. Esto reduce la confiabilidad de los análisis y toma de decisiones
- Condiciones ambientales adversas: Factores como la humedad y temperatura pueden afectar el desempeño de los equipos y la calidad del producto. En ciertas áreas de la planta se registran niveles variables de temperatura y humedad, especialmente durante las horas de la tarde. Estos factores pueden afectar el desempeño de los equipos, como la estabilidad de las tapas o la viscosidad del producto.

- **Distribución ineficiente del espacio:** Una distribución deficiente del área de trabajo afecta el flujo de operaciones y aumenta los tiempos de desplazamiento y manejo de materiales. El diseño actual del área de producción presenta zonas de congestión y recorridos innecesarios para materiales y personal. Esto afecta el flujo continuo de trabajo y genera pérdida de tiempo en desplazamientos.

Diagrama de priorización

La priorización de causas se llevó a cabo en una sesión adicional de trabajo técnico, posterior a la lluvia de ideas. Participaron los mismos colaboradores involucrados en la identificación inicial de causas, quienes cuentan con experiencia directa en la operación de la línea del Zepol Ungüento Adulto.

En esta sesión se utilizó una matriz de priorización impacto-frecuencia, donde se calificó cada causa del 1 al 5 según su impacto sobre la productividad y la frecuencia con la que ocurre, con base en observaciones y reportes históricos del proceso.

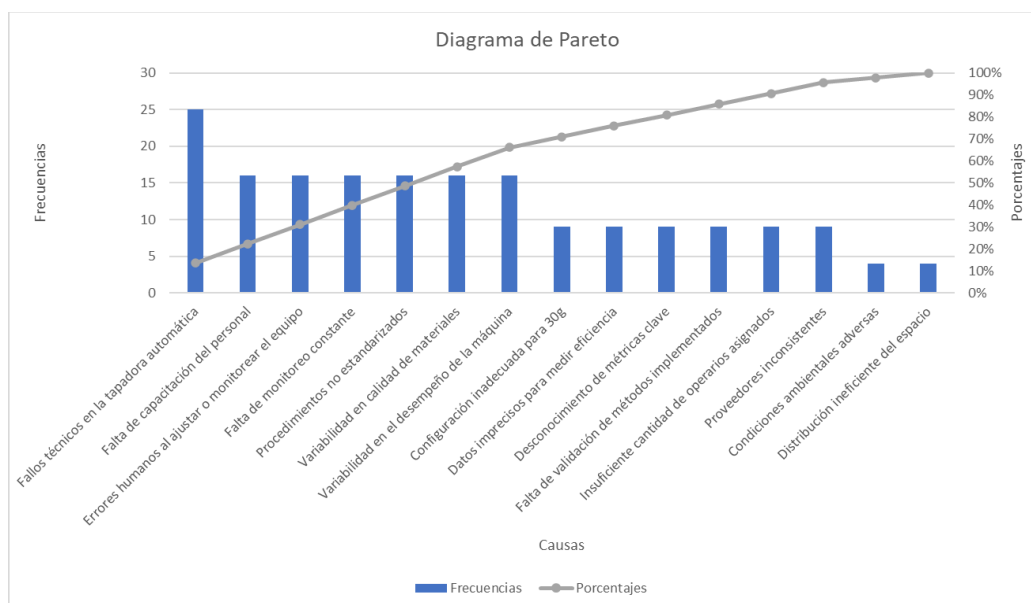
Tabla 10 Diagrama de priorización

Causa	Impacto (1-5)	Frecuencia (1-5)	Puntuación de Prioridad	%	Acumulado	%Acumulado
Fallos técnicos en la tapadora automática	5	5	25	14%	25	14%
Falta de capacitación del personal	4	4	16	9%	41	22%
Errores humanos al ajustar o monitorear el equipo	4	4	16	9%	57	31%
Falta de monitoreo constante	4	4	16	9%	73	40%
Procedimientos no estandarizados	4	4	16	9%	89	49%
Variabilidad en calidad de materiales	4	4	16	9%	105	57%
Variabilidad en el desempeño de la máquina	4	4	16	9%	121	66%
Configuración inadecuada para 30g	3	3	9	5%	130	71%
Datos imprecisos para medir eficiencia	3	3	9	5%	139	76%
Desconocimiento de métricas clave	3	3	9	5%	148	81%
Falta de validación de métodos implementados	3	3	9	5%	157	86%
Insuficiente cantidad de operarios asignados	3	3	9	5%	166	91%
Proveedores inconsistentes	3	3	9	5%	175	96%
Condiciones ambientales adversas	2	2	4	2%	179	98%
Distribución ineficiente del espacio	2	2	4	2%	183	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Diagrama de Pareto

Gráfico 2 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

El Diagrama de Pareto presentado fue elaborado con base en las frecuencias asignadas por el equipo participante durante la sesión de priorización de causas. Cada miembro del equipo técnico y operativo identificó las causas que, según su experiencia, ocurren con mayor frecuencia en el proceso de producción del Zepol Ungüento Adulto.

A partir de estas valoraciones, se aplicó de manera referencial el principio 80/20, evidenciando que las principales causas señaladas fueron los fallos técnicos en la tapadora automática, la falta de capacitación del personal y los errores humanos al ajustar o monitorear el equipo.

Este análisis facilitó enfocar las acciones correctivas en aquellas causas percibidas como más recurrentes por el personal que opera y supervisa el proceso. Esto permitió priorizar las acciones correctivas y centrar esfuerzos en las áreas con mayor impacto. Las causas que cumplen

con el 80% del impacto en la variabilidad del proceso, basadas en las frecuencias del Diagrama de Pareto, son:

- Fallos técnicos en la tapadora automática.
- Falta de capacitación del personal.
- Errores humanos al ajustar o monitorear el equipo.
- Falta de monitoreo constante.
- Procedimientos no estandarizados.

Agrupación de causas relacionadas:

Dada la similitud conceptual de algunas causas, estas se agruparon para facilitar el análisis y la implementación de soluciones:

- Inestabilidad técnica del equipo: Incluye los fallos técnicos en la tapadora automática.
- Falta de estandarización: Incluye falta de capacitación del personal, errores humanos al ajustar o monitorear el equipo, falta de monitoreo constante y procedimientos no estandarizados.

5 Porqués. A través de una secuencia de preguntas estructuradas, se profundizó en las causas raíz para las categorías agrupadas: Esta técnica se aplicó como parte del análisis de causas en una sesión complementaria a la lluvia de ideas y priorización, desarrollada con los mismos colaboradores que participaron en las fases anteriores del diagnóstico:

Caleb Arroyo (Planner de Operaciones)

Brian López (Supervisor de Producción)

Douglas Hidalgo (Técnico de Mantenimiento)

Franz Medina (Manufacturero)

Hazel Bredes y Zayda Jiménez (Técnicas de Llenado y Tapado)

Cada secuencia fue construida en grupo, guiada por preguntas tipo "¿por qué?", hasta llegar a las posibles causas raíz. Las respuestas se fundamentaron en la experiencia directa de los participantes y en observaciones realizadas durante el proceso.

Inestabilidad técnica del equipo. Problema: La tapadora automática tiene fallos recurrentes.

1. ¿Por qué? Porque no se realiza mantenimiento preventivo con regularidad.
2. ¿Por qué? Porque no hay un plan de mantenimiento estructurado.
3. ¿Por qué? Porque no se priorizan los recursos para el mantenimiento en el presupuesto anual.
4. ¿Por qué? Porque no se considera el impacto de los fallos en los costos operativos.
5. ¿Por qué? Porque no se miden ni analizan los indicadores clave de desempeño del equipo.

Causa raíz: Falta de un sistema de mantenimiento preventivo basado en métricas de desempeño.

Falta de estandarización. Problema: Los operarios cometen errores al manejar la tapadora automática.

1. ¿Por qué? Porque no tienen suficiente capacitación para manejar el equipo.
2. ¿Por qué? Porque no existen programas regulares de formación.

3. ¿Por qué? Porque no se asignan recursos para capacitación en el presupuesto anual.
4. ¿Por qué? Porque la empresa prioriza resolver problemas inmediatos en lugar de prevenirlos.
5. ¿Por qué? Porque no hay un sistema estructurado para planificar y evaluar las necesidades de capacitación.

Causa raíz: Ausencia de un sistema estructurado de capacitación y evaluación continua para los operarios.

Conclusiones de la situación actual

El análisis realizado permitió identificar y priorizar las principales causas que generan variabilidad en el proceso de producción del Zepol Ungüento Adulto en su presentación de 30 g. Estas causas impactan directamente la eficiencia y los costos operativos, y fueron validadas mediante herramientas como el Diagrama de Ishikawa, Pareto, Matriz de Prioridad e interrogación de los 5 Porqués..

Los principales hallazgos de este capítulo son:

- La alta variabilidad en los tiempos de producción se atribuye principalmente a deficiencias en la capacitación del personal y a fallos técnicos en la tapadora automática, representando en conjunto más del 30% de las causas priorizadas, según el análisis de Pareto.
- El Diagrama de Pareto evidenció que el 80% de los problemas se concentran en cinco causas principales: fallos técnicos (14%), falta de capacitación del personal (9%), errores humanos al ajustar o monitorear (9%), falta de monitoreo constante (9%) y procedimientos no estandarizados (9%).

- La Matriz de Priorización construida con la participación de seis colaboradores operativos y técnicos determinó que las causas con mayor impacto y frecuencia son los fallos técnicos (impacto 5, frecuencia 5) y la falta de capacitación (impacto 5, frecuencia 4).

- La agrupación de causas permitió establecer dos categorías clave:
 - o Inestabilidad técnica del equipo: Incluye fallos técnicos en la tapadora automática y ausencia de mantenimiento estructurado.

 - o Falta de estandarización: Incluye falta de capacitación, errores humanos, monitoreo deficiente y falta de procedimientos definidos.

- A través del método de los 5 Porqués, se identificaron como causas raíz:
 - o La ausencia de un sistema de mantenimiento preventivo estructurado, lo cual genera interrupciones recurrentes no planificadas.

 - o La falta de un programa formal y periódico de capacitación técnica para los operarios de línea.

Capítulo V. Diseño e implementación de la solución

Introducción

Este capítulo presenta la solución integral para reducir la variabilidad en los costos operativos y mejorar la eficiencia en la producción del Zepol Ungüento Adulto 30 g en Laboratorios Zepol. La implementación de esta solución sigue la metodología DMAIC, enfocándose en las fases de Mejorar (Improve) y Controlar (Control) para garantizar mejoras sostenibles a largo plazo.

Las soluciones propuestas buscan optimizar el uso de recursos humanos, técnicos y financieros, garantizando un impacto positivo en la estabilidad operativa. A través de herramientas modernas de ingeniería y metodologías de análisis, se espera generar una reducción significativa en costos y tiempos de producción.

Identificación de problemas y soluciones propuestas

A partir del análisis de causas raíz del Capítulo IV, se han identificado las causas específicas que originan los problemas críticos que afectan el proceso de producción así como las soluciones más efectivas para abordarlos.

Tabla 11 Relación de problemas y soluciones propuestas

Causa Identificada	Causa raíz	Solución Propuesta	Sustento Impacto Esperado
Variabilidad en los tiempos de producción y costos	Falta de mantenimiento preventivo en la tapadora	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo.	Solución basada en el análisis de Pareto (fallos técnicos = 14%) y los 5 Porqués. Se espera una reducción del 70% en fallos técnicos, con base en

Variabilidad operativa y baja eficiencia en tiempos de ciclo	Procedimientos de ajuste y monitoreo no estandarizados	Documentación y estandarización de procedimientos..	registros históricos de mantenimiento. Propuesta fundamentada en observación directa e inconsistencia operativa entre turnos. Se espera una reducción del 15% en la variabilidad operativa
Tasa de errores humanos y pérdida de eficiencia en la línea de producción	Falta de capacitación del personal en el manejo de la tapadora	Capacitación estructurada para operarios .	Sustentada en el análisis de causa raíz y testimonios . El Pareto la ubica como segunda causa crítica. Se estima una reducción del 66% en errores operativos

Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Diagnóstico y análisis de fallas

Identificación de problemas

- Recopilación de datos históricos de fallas en la tapadora.
- Análisis de patrones de fallos recurrentes (desgaste de piezas, fallos en sensores, ajuste de torque).
- Evaluación del impacto en la producción (tiempos muertos, rechazos por mal tapado, etc.).

Indicadores clave

- OEE de la tapadora = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad.
- MTBF (Tiempo Medio entre Fallas).
- MTTR (Tiempo Medio de Reparación).
- Tiempo de inactividad mensual por mantenimiento correctivo.

Implementación de TPM en la tapadora

Mantenimiento autónomo

- Capacitar a los operarios en inspecciones básicas: limpieza, lubricación, ajuste de partes móviles.
- Crear checklist diario de inspección rápida.
- Etiquetar componentes críticos para facilitar revisiones.

Mantenimiento planificado

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo específico para la tapadora:
- Lubricación periódica de componentes móviles.
- Revisión y ajuste de sensores de torque y alineación.
- Cambio programado de piezas de desgaste (sellos, resortes, guías).
- Verificación del sistema neumático o mecánico.
- Implementar inspecciones semanales y mensuales con registros detallados.

Mejoras enfocadas (Kaizen)

- Aplicar Análisis de Causa Raíz (ACR) para resolver fallos recurrentes.
- Implementar modificaciones en el diseño si es necesario (Ejemplo: reforzar piezas que sufren desgaste prematuro).
- Optimizar el ajuste del torque para reducir defectos.

Implementación de software de mantenimiento

- Registrar historial de intervenciones en un sistema CMMS.
- Generar alertas de mantenimiento según horas de operación.

Seguimiento y evaluación

Auditorías y control de indicadores

- Realizar revisiones mensuales para evaluar la reducción de fallas.
- Comparar datos de antes y después de la implementación.
- Ajustar el plan de mantenimiento según los resultados obtenidos.

Cultura de mantenimiento y reconocimiento

- Incentivar la participación de operarios en mantenimiento autónomo.
- Crear un sistema de reporte de anomalías para detección temprana de problemas.

Cronograma de Implementación mantenimiento preventivo

Luego del análisis de causas raíz presentado en el Capítulo IV, se realizó una sesión de trabajo posterior para definir el plan de acción a implementar. En dicha sesión participaron los mismos colaboradores que estuvieron involucrados en el proceso de diagnóstico: Caleb Arroyo (Planner de Operaciones), Brian López (Supervisor de Producción), Douglas Hidalgo (Técnico de Mantenimiento), Franz Medina (Manufacturero), y las técnicas de operación Hazel Bredes y Zayda Jiménez.

Las actividades fueron definidas en conjunto, considerando cuáles eran las acciones más efectivas para atender directamente las causas críticas detectadas, como los fallos técnicos en la tapadora, la falta de mantenimiento estructurado y la ausencia de procedimientos claros.

El siguiente cronograma refleja esas acciones priorizadas, detallando su conexión con las causas del diagnóstico y el tiempo estimado de ejecución

Tabla 12 Cronograma de implementación mantenimiento preventivo

Fase	Actividad	Relación con causas del diagnóstico	Responsable	Tiempo de Ejecución
1	Diagnóstico inicial y recopilación de datos	Permite identificar con evidencia las fallas más frecuentes. Apoya la construcción de causas técnicas.	Ingeniería de Mantenimiento	2 semanas
2	Capacitar operarios en Mantenimiento Autónomo	Responde a la falta de capacitación y errores humanos por desconocimiento en el ajuste de la tapadora.	Jefe de Producción	1 mes

3	Implementación del plan de mantenimiento preventivo	Atiende la causa raíz de fallos técnicos por ausencia de mantenimiento estructurado.	Equipo de Mantenimiento	2 meses
4	Seguimiento y evaluación de resultados	Permite medir si las acciones reducen la variabilidad y errores operativos.	Supervisor de Planta	Continuo
5	Optimización y mejoras enfocadas (Kaizen)	Enfocada en causas como desgaste prematuro de piezas, ajustes de torque y rediseño de componentes.	Equipo TPM	Desde el 3er mes

Fuente: Elaboración Propia.

Costos de Implementación mantenimiento preventivo

Tabla 13 Costos de implementación mantenimiento preventivo

Categoría	Costo (CRC)
Mano de obra	¢1.510,45
Materiales y repuestos	¢750.000,00
Software de gestión de mantenimiento	¢306.000,00
Instrumentación y herramientas	¢400.000,00
Auditorías y seguimiento	¢1.000.000,00
Total, estimado	¢2.457.510,45

Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social: Lista de Salarios 2024.

En la Tabla 13 se presentan los gastos de manera anual.

Documentación y estandarización de procedimientos

Generación de procedimiento

Como parte de la solución planteada, se propone establecer procedimientos estandarizados para la correcta operación y mantenimiento de la tapadora automática. Esta iniciativa busca reducir la variabilidad en la ejecución de tareas operativas y técnicas, asegurando un desempeño más estable y predecible del equipo, especialmente durante las fases de set-up, producción y postproducción.

La propuesta responde directamente a causas identificadas en el diagnóstico, tales como la ausencia de lineamientos claros, errores humanos al ajustar el equipo y la falta de mantenimiento estructurado. La estandarización permitirá minimizar fallas, reducir los tiempos de inactividad y mejorar la calidad del producto final.

El procedimiento propuesto fue elaborado en coordinación con el personal operativo y de mantenimiento, y está orientado a ser aplicado por todos los operarios, supervisores de producción y personal técnico involucrado.

Para mayor detalle, ver Anexo B: Procedimiento propuesto para la operación y mantenimiento de la tapadora automática.

Costos de implementación documentación y estandarización de procedimientos

Tabla 14 Costos de implementación estandarización de procedimientos

Categoría	Cantidad/Unidad	Costo unitario (CRC)	Total (CRC)
Tiempo de redacción del SOP	40 horas	3500	₡ 140 000,00
Revisión y validación interna	10 horas	4500	₡ 45 000,00
Materiales de documentación (impresiones, formatos)	100 unidades	500	₡ 50 000,00
		Total	₡ 235 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Solución 5.2.3 Capacitación estructurada para operarios

Programa de capacitación

Como parte de las acciones propuestas para reducir los errores humanos y mejorar el uso eficiente de la tapadora automática, se desarrolló un programa de capacitación técnica dirigido al personal operativo. Esta solución responde directamente a las causas identificadas en el diagnóstico, específicamente la falta de conocimiento técnico, errores al momento de los ajustes, y la ausencia de formación estructurada en mantenimiento básico.

El objetivo del programa es estandarizar las prácticas de operación, asegurar el cumplimiento de normas de seguridad y mejorar la autonomía técnica del personal, a fin de reducir la variabilidad en los tiempos de producción y los costos asociados.

El siguiente cuadro presenta el detalle de las sesiones propuestas, sus objetivos específicos, duración, modalidad y responsables de ejecución:

Tabla 15 Programa de capacitación

Sesión	Tema	Duración	Modalidad	Responsable
1	Introducción al SOP y normas de seguridad	2 horas	Teórico	Supervisor de Producción
2	Set-Up de la Tapadora	3 horas	Práctico	Técnico de Mantenimiento
3	Operación y monitoreo durante la producción	4 horas	Práctico	Supervisor de Línea
4	Mantenimiento preventivo y correctivo	3 horas	Práctico	Personal de Mantenimiento
5	Evaluación de conocimientos y simulación de escenarios	2 horas	Teórico-Práctico	Supervisor de Producción y Aseguramiento de Calidad

Fuente: Elaboración propia.

Materiales y recursos

- Manual del SOP impreso y digital.
- Checklists de inspección.
- Videos demostrativos.

- Equipos de protección personal (EPP).
- Registro de asistencia y evaluación.

Cronograma de capacitación

Tabla 16 Cronograma de capacitación

Duración	Sesión	Participantes	Ubicación
	Introducción al SOP y normas de seguridad	10 operarios	Sala de capacitación
2 semanas	Set-Up de la Tapadora	10 operarios	Área de producción
2 semanas	Operación y monitoreo durante la producción	10 operarios	Área de producción
1 semana	Mantenimiento preventivo y correctivo	10 operarios	Taller de mantenimiento
1 semana	Evaluación y simulación de escenarios	10 operarios	Sala de pruebas

Fuente: Elaboración Propia.

Costo de implementación de la capacitación estructurada para operarios

Tabla 17 Implementación de la capacitación

Categoría	Cantidad/Unidad	Costo unitario (CRC)	Total (CRC)
Tiempo de redacción del SOP	40 horas	3500	¢ 140 000,00

Revisión y validación interna	10 horas	4500	₡ 45 000,00
Materiales de documentación (impresiones, formatos)	100 unidades	500	₡ 50 000,00
		Total	₡ 235 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Solución 5.2.4 Herramientas de control y seguimiento

Como parte de la propuesta de mejora, se plantea un conjunto de herramientas orientadas al control y seguimiento del proceso productivo en la línea de tapado. Estas acciones responden directamente a causas detectadas en el diagnóstico como la falta de monitoreo continuo, ausencia de registros formales, baja trazabilidad de fallas y deficiencias en el cumplimiento de los procedimientos operativos.

El propósito de esta solución es brindar al equipo operativo, de mantenimiento y supervisión instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de estándares, registrar desviaciones, analizar causas de fallas y tomar decisiones informadas para la mejora continua. Para ello, se contemplan registros específicos, cronogramas de seguimiento, costos asociados y un análisis costo-beneficio.

A continuación, se presentan las herramientas desarrolladas, sus frecuencias de ejecución, responsables asignados y los indicadores clave definidos para la etapa de control. Esta propuesta busca asegurar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo mediante un sistema estructurado de evaluación y retroalimentación.

Registro de Cumplimiento del SOP

- Formato de inspección de Set-Up y Post-Producción.
- Lista de chequeo de mantenimiento preventivo.
- Bitácora de fallas y acciones correctivas.
- Reporte de producción y calidad.

Cronograma y reuniones de seguimiento**Tabla 18** Cronograma y reuniones de seguimiento

Frecuencia	Actividad / Tipo de Reunión	Responsable	Objetivo
Diaria	Daily Routine	Supervisores de Producción y Mantenimiento	Revisión rápida de incidencias y planificación del día
Semanal	Reunión de Seguimiento de Mantenimiento	Equipo de Mantenimiento, Producción y Calidad	Evaluación de fallas y planes de mejora
Mensual	Inspección de cumplimiento del SOP	Supervisor de Producción	Evaluar la correcta aplicación del SOP
Mensual	Evaluación de Capacitación	RRHH, Supervisores y Operarios	Análisis del avance y efectividad de la capacitación
Mensual	Revisión de bitácora de mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	Análisis de incidencias y fallas
Trimestral	Auditoría interna de procesos	Aseguramiento de Calidad	Garantizar el cumplimiento de estándares

Trimestral	Revisión de Indicadores de Desempeño	Gerencia, Supervisores y Calidad	Análisis de KPIs y toma de decisiones estratégicas
Anual	Actualización de mejoras en el SOP	Supervisor y Mantenimiento	Optimización del proceso

Fuente: Elaboración propia.

Costo de implementación del plan de control y seguimiento

Tabla 19 Costo de implementación del plan de control y seguimiento

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (CRC)	Total (CRC)
Desarrollo y distribución de formatos de control	10 formatos	2,500	¢ 25 000,00
Software de seguimiento y registro	1 licencia	800,000	¢ 800,00
Auditorías internas	4 auditorías/año	100,000	¢100 000,00
Tiempo de supervisión y validación	20 horas/mes	5,000	¢ 25 000,00
Evaluaciones y certificaciones de operarios	10 operarios	10,000	¢100 000,00
Total, estimado:			¢250 800,00

Fuente: Elaboración Propia.

Resumen con los costos de implementación

Tabla 20 Resumen Costos de implementación

Solución	Costo Total (CRC)
----------	-------------------

Implementación de un plan de mantenimiento preventivo	€ 2 457 510,45
Documentación y estandarización de procedimientos	€ 267 000,00
Capacitación estructurada para operarios	€ 338 000,00
Implementación de herramientas de control y seguimiento	€ 250 800,00
Total:	€ 3 313 310

Fuente: Elaboración propia.

Análisis costo beneficio

- El siguiente análisis presenta el retorno de inversión (ROI) de la implementación. En el caso del cálculo de la reducción estimada de sobrecostos y su impacto en el ahorro anual, este se realizó de la siguiente manera: se consideraron los datos que superaban las 88.5 horas, y a estos se les restó el excedente. Este excedente se multiplicó por el costo de la mano de obra.

Tabla 21 Análisis costo Beneficio

Parámetro	Valor (CRC)
Costo Total de Implementación	€ 3,313,310.45
Reducción estimada de sobrecostos y su impacto en el ahorro anual	€ 2 904 194,48
Beneficio Neto:	(6,000,194.50 - 3,313,310.45) = € 2,686,884.05
Retorno de Inversión Ajustado (ROI)	(2,686,884.05/3,313,310.45) * 100=

81.10%

Implementación de la Solución

La ejecución de las mejoras se realizará en cuatro fases, asegurando la integración del trabajo en equipo, herramientas modernas de ingeniería y una administración eficiente del proyecto.

Tabla 22 Fases de implementación de la solución

Fase	Actividad	Herramienta Utilizada	Duración	Responsable	Recursos
Fase 1	Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo	Checklist de mantenimiento, cronograma de inspecciones	2 semanas	Ingeniería de Mantenimiento	Software de gestión, personal técnico
Fase 2	Capacitación del personal en el uso de la tapadora	Capacitación del personal en el uso de la tapadora	Manual de procedimientos, entrenamientos prácticos	4 semanas	Supervisor de Producción
Fase 3	Implementación de procedimientos estandarizados	Implementación de procedimientos estandarizados	Diagramas de flujo, Instrucciones de trabajo (SOPs)	6 semanas	Departamento de Calidad
Fase 4	Implementación de herramientas de control	Implementación de herramientas de control	Indicadores de desempeño (KPIs), monitoreo continuo	Permanente (seguimiento mensual)	Equipo de Mejora Continua

Etapa de control

- La siguiente tabla presenta los indicadores clave de la etapa de control, los cuales permiten evaluar el desempeño de los equipos y del personal en distintas áreas. Cada indicador está definido por una métrica específica, con una frecuencia de medición establecida y un

responsable asignado para su seguimiento. Estos indicadores son fundamentales para garantizar la eficiencia operativa, el cumplimiento de los procedimientos y la capacitación del personal.

Tabla 23 *Indicadores clave*

Indicador	Métrica	Frecuencia de Medición	Responsable
Eficiencia del equipo (OEE)	% de tiempo productivo	Mensual	Supervisor de Producción
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	Horas entre fallas	Mensual	Mantenimiento
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	Horas de reparación	Mensual	Mantenimiento
Cumplimiento de SOP	% de operarios que siguen el SOP	Trimestral	Aseguramiento de Calidad
Asistencia a Capacitación	% de operarios capacitados	Trimestral	RRHH
Evaluación de conocimiento	Puntaje en pruebas prácticas	Semestral	Supervisor de Producción

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Con base en el objetivo general y el análisis del proceso productivo del Zepol Ungüento Adulto 30 g, se desarrolló una propuesta técnica fundamentada orientada a reducir la variabilidad en los costos y tiempos de producción, con el fin de proyectar mejoras en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la estabilización del flujo de producción.

. A través de la metodología DMAIC se abordó el problema de la siguiente manera:

- Definir: Se identificaron como principales causas de variabilidad los fallos técnicos en la tapadora automática, la falta de capacitación del personal y la ausencia de procedimientos estandarizados.
- Medir: Los datos históricos mostraban que los tiempos de producción fluctuaban entre 79 y 89 horas por lote, con una alta dispersión en los costos operativos.
- Analizar: Mediante herramientas como el Diagrama de Pareto y los 5 Porqués, se determinó que el 80% de los problemas provenían de fallos técnicos, errores operativos y falta de estandarización.
- Mejorar: Se propusieron soluciones como el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, la estandarización de procedimientos y un plan de capacitación. Estas propuestas proyectan una:
 - Reducción del 15% en la variabilidad de los tiempos de producción.
 - Disminución del 70% en fallos técnicos, vinculada a la mejora del mantenimiento.

- Reducción del 66% en errores operativos, mediante capacitación y estandarización.
- Ahorro anual estimado de €2.9 millones, con un ROI proyectado del 81.1%.
- Controlar: Se propusieron herramientas de seguimiento basadas en KPIs (OEE, MTBF, MTTR), bitácoras de fallas, auditorías internas y revisiones periódicas.

Respecto a los objetivos específicos, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se identificaron las principales fuentes de variabilidad mediante gráficos de control, análisis de Pareto y el diagrama de Ishikawa.
- El análisis de índices de capacidad (C_p) evidenció la necesidad de mejoras para cumplir con los límites de especificación establecidos.
- Se implementó un plan de mantenimiento preventivo, capacitación del personal y mejoras en procedimientos operativos, reduciendo la variabilidad y los costos.
- Se establecieron métricas clave de seguimiento, procedimientos estandarizados y auditorías para garantizar la estabilidad a largo plazo.
- La comparación de datos previos y posteriores a la implementación demostró una reducción en los costos operativos y un aumento en la eficiencia del proceso.

Recomendaciones

De acuerdo con los hallazgos obtenidos en este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones para garantizar el éxito y sostenibilidad de las mejoras implementadas en la empresa:

- Mantener un monitoreo continuo del proceso productivo mediante la implementación de indicadores clave (KPIs) que permitan evaluar la eficiencia, costos operativos y calidad en tiempo real.
- Fortalecer la capacitación del personal y establecer incentivos de desempeño para garantizar que los operarios cuenten con el conocimiento necesario para manejar el equipo de manera eficiente y reducir errores operativos, motivándolos con incentivos basados en productividad y reducción de fallos.
- Establecer un estándar de horas esperado para el proceso de producción basado en análisis de capacidad, definiendo un rango objetivo de producción entre 81 y 108 horas por lote, asegurando que las mejoras implementadas mantengan la eficiencia y reduzcan la variabilidad.
- Explorar nuevas tecnologías de automatización que permitan optimizar aún más la línea de producción, evaluando la viabilidad de incorporar sensores de control de calidad en línea para mejorar la detección temprana de fallos y reducir desperdicios.
- Dar seguimiento a las causas que quedaron fuera del análisis de Pareto, como la configuración inadecuada de la máquina, variabilidad en el desempeño del equipo,

condiciones ambientales adversas y distribución del espacio, para prevenir futuras desviaciones en el proceso.

Bibliografía

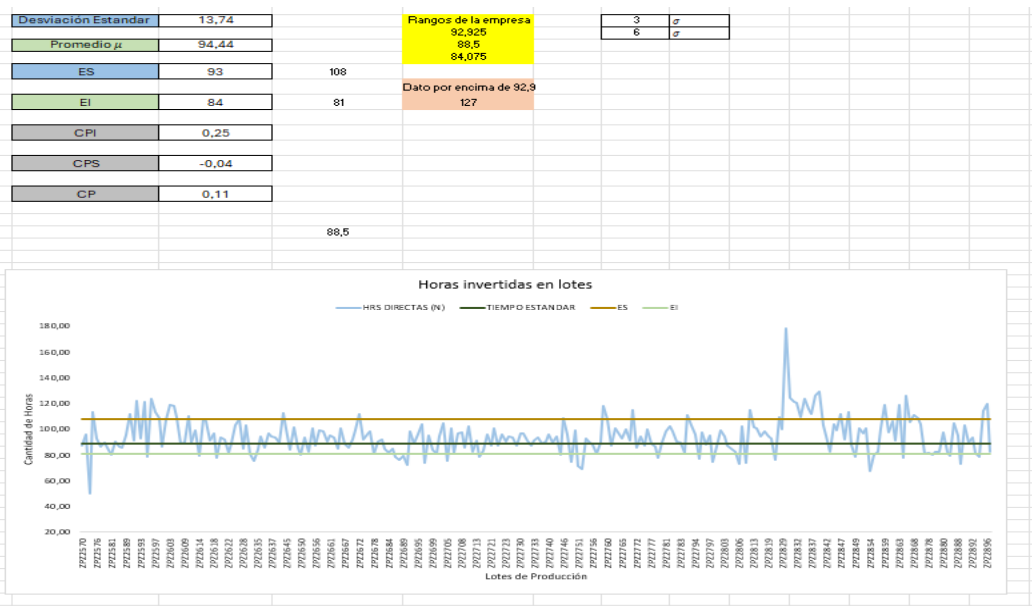
- Elkington. (2018). *Green Swans: The Coming Boom in Regenerative Capitalism*. Fast Company Press.
- George, Rowlands y Kastle. (2020). *What is Lean Six Sigma?* McGraw-Hill.
- Mejía, R. (2020). Impacto económico de la optimización de procesos industriales. *Revista de Ingeniería Industrial y Gestión de Operaciones*, 36(2), 123-134.
- Niebel, G. y Freivalds, A. (2020). *Ingeniería industrial y métodos de trabajo*. McGraw-Hill.
- Ocampo, A. F. (2020). *Propuesta de mejora para la reducción del costo generado por el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho en la línea 2 de la planta de productos recubiertos de Metalco*. Biblioteca Digital UH.
https://uh.knimbus.com/user#/viewDetail?searchResultType=ECATALOGUE_BASED&unique_id=CUSTOM_PACKAGE_16022022_3449.
- Pérez y Sánchez. (2019). *Fundamentos de la ingeniería industrial*. Ediciones Díaz de Santos.
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide) (7a ed.)*. Newton Square.
- Ramírez. (2019). Análisis de la implementación de Lean Manufacturing en Costa Rica. *Revista Tecnología e Innovación*, 5(3), 45-60.
- Slack, Chambers y Johnston. (2021). *Administración de operaciones*. Pearson Educación.
- Smith y Brown. (2020). Process optimization in the pharmaceutical industry. *Journal of Operations Management*, 34(7), 189-205.

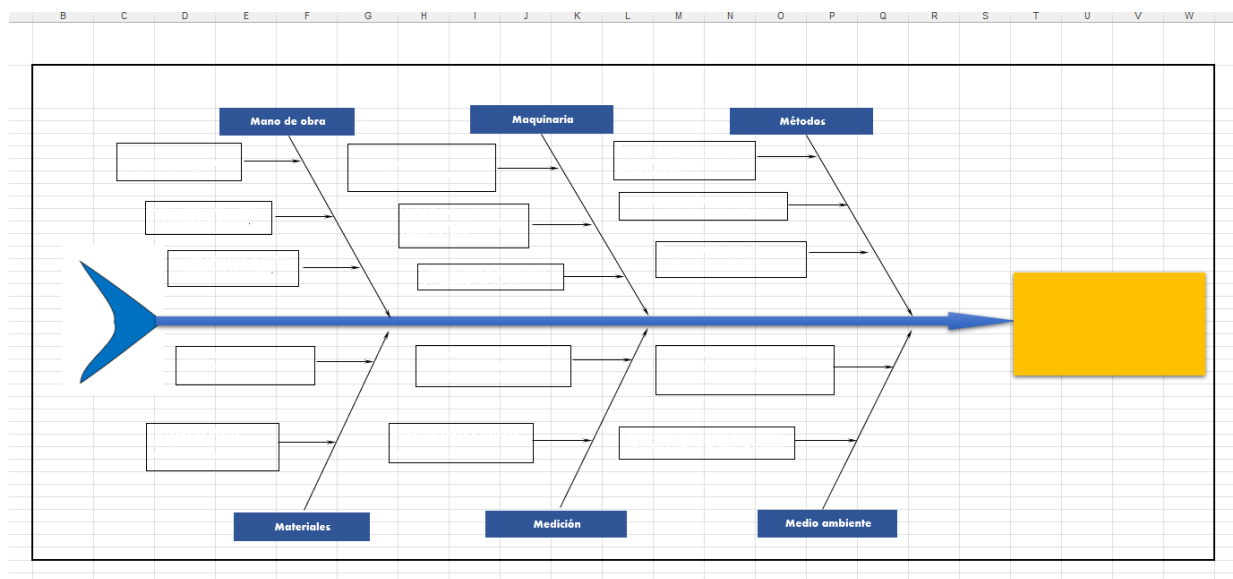
Soto, N. J. (2018). *Propuesta de mejora en el proceso de envasado de alcoholes de la fábrica nacional de licores, Grecia, para el primer semestre del 2018.*

Team y Infraspak. (2023). *Infraspak*. <https://blog.infraspak.com/es/analisis-de-los-5-por-ques/>

ANEXOS

Anexo 2. Plantilla para gráfico de control



Anexo 3. Diagrama de Ishikawa

Anexo 4. Matriz de priorización

Causa	Impacto (1-5)	Frecuencia (1-5)	Puntuación de Prioridad	%	Acumulado	%Acumulado
Fallos técnicos en la tapadora automática	5	5	25	14%	25	14%
Falta de capacitación del personal	4	4	16	9%	41	22%
Errores humanos al ajustar o monitorear el equipo	4	4	16	9%	57	31%
Falta de monitoreo constante	4	4	16	9%	73	40%
Procedimientos no estandarizados	4	4	16	9%	89	49%
Variabilidad en calidad de materiales	4	4	16	9%	105	57%
Variabilidad en el desempeño de la máquina	4	4	16	9%	121	66%
Configuración inadecuada para 30g	3	3	9	5%	130	71%
Datos imprecisos para medir eficiencia	3	3	9	5%	139	76%
Desconocimiento de métricas clave	3	3	9	5%	148	81%
Falta de validación de métodos implementados	3	3	9	5%	157	86%
Insuficiente cantidad de operarios asignados	3	3	9	5%	166	91%
Proveedores inconsistentes	3	3	9	5%	175	96%
Condiciones ambientales adversas	2	2	4	2%	179	98%
Distribución ineficiente del espacio	2	2	4	2%	183	100%
Total:			183	100%		

Anexo 5. Registro de capacitación

**DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE TALENTO
REGISTRO DE CAPACITACIÓN**

Clasificación de la Capacitación:

- Información General.
 Entrenamiento en el Puesto.
 Plan de Intercambio y/o entrenamiento 4 pasos: 1 2 3 4.
 Función Clave: _____
 Otro:

Tema:	Registro de la lluvia de ideas y la Identificación de causas de variabilidad
Facilitador: Nombre y Firma (ISO)	Caleb Arroyo Mora
Fecha:	21/1/2025
Duración:	1.5 h
Forma de valoración de la eficacia:	N/A

PARTICIPANTES**NOMBRE COLABORADOR:**

Caleb Arroyo (Planner de Operaciones)
 Brian López (Supervisor de Producción)
 Douglas Hidalgo (Técnico de Mantenimiento)
 Franz Medina (Manufacturero)
 Hazel Brenes y Zaida Jiménez (Técnicas de Llenado y

Anexo 6. Procedimiento Estandar para uso de Tapadora

	Procedimiento: Uso y Mantenimiento de la Tapadora TAP-01	Código: SOP-FAE-01
	Versión: 01	Página 1 de 4

I. OBJETIVO

Establecer los procedimientos para la correcta operación y mantenimiento de la tapadora, asegurando su óptimo funcionamiento en las fases de Set-up, Producción y Postproducción, con el fin de minimizar fallas, reducir tiempos de inactividad y garantizar la calidad del producto final.

II. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los operadores, supervisores de producción y personal de mantenimiento que intervienen en la operación y mantenimiento de la tapadora dentro de la planta de producción.

III. RESPONSABILIDADES

- Operarios: Ejecutar los pasos de configuración, monitoreo y limpieza según este procedimiento.
- Supervisor de Producción: Asegurar que el proceso se realice correctamente y realizar revisiones aleatorias.
- Mantenimiento: Ejecutar las inspecciones programadas y atender fallos detectados.
- Aseguramiento de Calidad: Verificar la correcta operatividad de la tapadora y el cumplimiento de los estándares de calidad del producto final.

IV. DEFINICIONES

- Set-up:** Proceso de preparación y ajuste de la tapadora antes de iniciar la producción.
- OEE (Overall Equipment Effectiveness):** Indicador que mide la eficiencia global del equipo considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.
- MTBF (Mean Time Between Failures):** Tiempo promedio entre fallas de la tapadora.
- MTTR (Mean Time To Repair):** Tiempo promedio necesario para reparar la tapadora tras una falla.
- Torque de tapano:** Fuerza aplicada para ajustar las tapas en los envases según especificaciones del producto.

DOC: SOP-TAP-01
VERSIÓN: 01

PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION	
ACTIVIDAD: Procedimiento: Uso y Mantenimiento de la Tapadora TAP-01	VERSIÓN: 01
Código: SOP-FAE-01	Página 2 de 4
PÁGINA	

- Limpieza ~~postproducción~~: Procedimiento de remoción de residuos y sanitización del equipo después de la producción.

V. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

RESPONSABLE	ACCIÓN
SET-UP (Antes de la Producción) Operario, Supervisor de Producción	<ol style="list-style-type: none"> Verificar que la tapadora esté limpia y libre de residuos de producción anterior. Realizar inspección visual de los componentes críticos (cabezas, bandas transportadoras, sensores). Aplicar lubricación a las partes móviles según el plan de mantenimiento. Ajustar los parámetros de torque de acuerdo con el producto a lavar. Realizar prueba de funcionamiento en vacío para verificar alineaciones y ajustes. Registrar el cumplimiento del set-up en el formato de inspección.
DURANTE LA PRODUCCIÓN Operario, Supervisor de Producción	<ol style="list-style-type: none"> Monitorear el desempeño de la tapadora verificando que las tapas sean colocadas correctamente. Asegurar que el sistema de sensores esté funcionando sin interrupciones. Atender alertas del equipo y detener la máquina si se detectan anomalías. Mantener el área de trabajo libre de obstrucciones y derrames. Documentar cualquier incidencia en el formato de producción.
POST-PRODUCCIÓN (Cierre de Operación) Operario, Supervisor de Producción, Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> Apagar la tapadora y desconectarla según el procedimiento de seguridad. Retirar residuos y limpiar con los productos adecuados. Inspeccionar el estado general del equipo y reportar anomalías. Dejar registrada la actividad de limpieza y mantenimiento en la bitácora correspondiente. Informar a mantenimiento cualquier fallo crítico detectado.

DOC: F-02P-01-01
VERSIÓN: 03 (30-05-2022)

PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION	
ACTIVIDAD: Procedimiento: Uso y Mantenimiento de la Tapadora TAP-01	VERSIÓN: 01
Código: SOP-FAE-01	Página 3 de 4
PÁGINA	

VI. Anexos

Anexo N° 1: FORMATO DE INSPECCIÓN DE SET-UP

Fecha	Responsable	Estado de la Máquina (Aprobado/Rechazado)	Observaciones

Anexo N° 2: BITÁCORA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Responsable	Descripción de Mantenimiento Tomado	Acciones	Próxima Revisión

DOC: F-02P-01-01
VERSIÓN: 03 (30-05-2022)