ATMIRE

Title	Mejora del cumplimiento de plazos de entrega mediante la implementación de un sistema integral de planificación, programación y control de operaciones en una empresa de envases plásticos
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Herrera Landaveri, Ana Lucia;Jimenez Ormeño, Renato Ulises
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	https://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-27 09:21:55
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/689897



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mejora del cumplimiento de plazos de entrega mediante la implementación de un sistema integral de planificación, programación y control de operaciones en una empresa de envases plásticos

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Jiménez Ormeño, Renato Ulises (0009-0007-0651-4730)

Herrera Landaveri, Ana Lucia (0009-0006-1040-9979)

ASESOR(ES)

Duran Tinoco, Daniela Rocio (0000-0001-8610-1686)

Lima, 28 de junio de 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo constante y confianza en cada etapa de mi formación profesional. Asimismo, a mis docentes, quienes con su guía y conocimientos contribuyeron a mi desarrollo académico. Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, me motivaron a culminar este importante logro.

Jiménez Ormeño, Renato Ulises

Dedico este trabajo a mi familia por su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y por ser mi mayor motivación para alcanzar cada una de mis metas. A las personas que me guiaron durante el desarrollo de esta etapa profesional, por compartir sus conocimientos, orientación y valioso apoyo haciendo posible la culminación de este trabajo

Herrera Landaveri, Ana Lucia

Agradecimientos

Al culminar esta etapa tan significativa, queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que formaron parte de este proceso. En primer lugar, reconocemos el apoyo constante de nuestras familias, quienes han sido un pilar fundamental a lo largo de nuestra formación, brindándonos motivación y respaldo en cada desafío asumido.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a los docentes que contribuyeron a nuestro crecimiento académico y profesional, compartiendo sus conocimientos a lo largo de la carrera. De manera especial, valoramos la orientación de nuestros asesores, Daniela Durán y José Llontop, cuyo acompañamiento, criterio técnico y disposición fueron determinantes para el desarrollo y culminación de este trabajo.

De igual forma, agradecemos a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) por ofrecer un entorno académico que fomenta el aprendizaje, la investigación y el desarrollo de competencias profesionales.

También reconocemos a la empresa que permitió la realización de este estudio, por su apertura y colaboración, elementos claves para llevar a cabo el análisis y la propuesta planteada.

Finalmente, reiteramos nuestro agradecimiento a todos aquellos que, directa o indirectamente, contribuyeron a la culminación de este trabajo, dejando una base sólida para nuestro desarrollo futuro como profesionales.

Resumen

La industria de envases plásticos en el Perú constituye un sector relevante dentro del desarrollo manufacturero, impulsado principalmente por la creciente demanda de botellas PET. Sin embargo, enfrenta limitaciones relacionadas con deficiencias en la planificación operativa y la gestión de recursos, lo que impacta en la eficiencia productiva y el cumplimiento de los plazos de entrega.

En una empresa del sector, se identificó como problema principal el incumplimiento de los plazos de entrega, alcanzando un nivel de cumplimiento del 70% frente al estándar del 95%, lo que representa una brecha técnica del 25% y un impacto económico de S/ 95,111.83. Las principales causas estuvieron asociadas a la generación de órdenes sin planificación, reprogramación de producción, quiebres de stock de preformas y tiempos improductivos por cambios de molde, evidenciando un sistema productivo reactivo.

Como respuesta, se diseñó un sistema integral de planificación, programación y control de operaciones basado en la implementación del Plan Maestro de Producción (PMP), el MRP y la metodología SMED. La propuesta permitió estructurar la producción en base a pronósticos de demanda, sincronizar el abastecimiento de materiales y optimizar los tiempos operativos, reduciendo la improvisación en planta y mejorando la coordinación entre áreas.

Los resultados mostraron mejoras significativas en el desempeño operativo, destacando la reducción del tiempo de setup de 95 minutos a aproximadamente 68 minutos, así como disminuciones en actividades críticas del proceso. Además, se logró eliminar los quiebres de stock, reducir la sobrecarga del programa productivo y mejorar la estabilidad del sistema, incrementando la productividad en aproximadamente 28%.

Del punto de vista económico, el proyecto evidencia su viabilidad, con un VAN de S/ 31,950, una TIR de 24.9% superior al COK semestral de 8.19% y una relación beneficio/costo de 1.89. Asimismo, el flujo de caja muestra un crecimiento sostenido, permitiendo recuperar la inversión en 2.83 semestres. Estos resultados confirman que la propuesta no solo mejora el desempeño operativo, sino que también genera valor económico para la empresa.

Palabras clave: Planificación de la producción, control de operaciones, cumplimiento de entregas, MRP, SMED

Improvement of delivery deadline compliance through the implementation of an integrated system for planning, scheduling, and operations control in a plastic packaging company.

Abstract

The plastic packaging industry in Peru represents a key sector within manufacturing development, driven by the growing demand for PET bottles. However, it faces operational challenges related to inadequate production planning and resource management, which directly affect efficiency and on-time delivery performance.

In the company studied, the main issue identified was the failure to meet delivery deadlines, with a compliance rate of 70%, compared to the industry standard of 95%. This resulted in a technical gap of 25% and an estimated annual economic impact of S/ 95,111.83. The main causes were unplanned production orders, frequent rescheduling, preform stockouts, and unproductive time due to mold changes, reflecting a reactive and poorly structured production system.

To address this problem, an integrated system for planning, scheduling, and operations control was developed, based on the implementation of the Master Production Schedule (MPS), MRP, and the SMED methodology. The proposal enabled production planning based on demand forecasting, synchronization of material supply, and optimization of operational times, reducing improvisation and improving coordination across departments.

The results showed significant improvements in operational performance, including a reduction in setup time from 95 minutes to approximately 68 minutes, along with improvements in key process activities. Additionally, stockouts were eliminated, production overload was reduced, and system stability was enhanced, leading to an overall productivity increase of approximately 28%.

From a financial perspective, the project demonstrated its feasibility, achieving an NPV of S/ 31,942, an IRR of 24.9%, which is higher than the cost of capital 8.19% per semester, and a BCR of 1.89. Furthermore, the cash flow analysis showed steady growth, allowing the investment to be recovered in 2.83 semesters. These results confirm that the proposal not only improves operational performance but also generates economic value for the company.

Keywords: Production planning, operations control, service level, MRP, SMED

Trabajo_u201918649_u201918300.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	1%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	
2	Submitted to Caribbean University Trabajo del estudiante	
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	
4	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	
5	repositorio.ulasalle.edu.pe Fuente de Internet	
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	
7	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	
8	Submitted to Universidad Complutense de Madrid Trabajo del estudiante	
9	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	
10	Submitted to ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	
11	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	
12	Felipe Hildebrando, Cruz Ordoñez | Francisco Alexander, Rondon Quispe | Holger Serg Paredes Padilla | José Luis et al. "Business Consulting de la Gestión de Operaciones Productivas en la Empresa Espinoza Asociados S.A", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru) Publicación	
13	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	
14	qdoc.tips	

Fuente de Internet

15 Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Trabajo del estudiante

16 www.coursehero.com
Fuente de Internet

Excluir citas	Activo	Exclude assignment template	Activo
Excluir bibliografía	Activo	Excluir coincidencias	< 20 words

Índice

Capítulo 1. Antecedentes del proyecto 1

1.1 Antecedentes 1
1.2 Marco teórico 3
1.2.1 Pronóstico de demanda 3
1.2.2 Análisis de la capacidad 3
1.2.3 Plan Maestro de Producción (PMP) 3
1.2.4 Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) 4
1.2.5 SMED (Single Minute Exchange of Die) 4

Capítulo 2. Problemática de la organización 5

2.1 Descripción de la organización 5
2.2 Identificación del problema 7
2.2.1 Brecha técnica 7
2.2.2 Impacto económico 7
2.3 Análisis de las causas 8
2.4 Planteamiento de objetivos 11
2.4.1 Objetivo general 11
2.4.2 Objetivos específicos 11

Capítulo 3. Propuesta De Ingeniería 12

3.1 Vinculación de causa con la solución 12
3.2 Diseño detallado de la solución 13
3.2.1 Diseño del Pronóstico de la demanda 14
3.2.2 Plan Maestro de Producción 15
3.2.3 Material Requirements Planning (MRP) 15
3.2.4 Secuenciación operativa propuesta 16
3.2.5 SMED 17
3.3 Diseño de indicadores 19
3.4 Consideraciones para la implementación 20
3.4.1 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos 20
3.4.2 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo 22

Capítulo 4. Resultados del proyecto 23

4.1 Validación funcional: 23

4.1.1 Validación funcional mediante implementación inicial del modelo PCO .. 23

4.1.2 Validación del abastecimiento y transición a MTS selectivo 24

4.1.3 Validación de la mejora operativa mediante piloto de SMED 25

4.2 Evaluación del impacto económico 26

4.3 Evaluación de impactos no económicos 28

Conclusiones y recomendaciones 29

Bibliografía 31

Apéndices 33

Anexos 45

Lista de Tablas

Tabla 1 Evolución de la industria de plásticos en el Perú (2019–2024)..... 2
Tabla 2 Incidencias de motivos 8
Tabla 3 Análisis de causas..... 9
Tabla 4 Vinculación de causa con la solución..... 12
Tabla 5 Capacidad base del sistema productivo..... 14
Tabla 6 Pronóstico de la demanda..... 14
Tabla 7 Plan Maestro de Producción..... 15
Tabla 8 MRP del TOP 3 SKU 16
Tabla 9 Secuenciación de producción 16
Tabla 10 Clasificación de actividades internas y externas 17
Tabla 11 *Resultados esperados de la implementación de la herramienta SMED*..... 18
Tabla 12 Diseño de indicadores..... 19
Tabla 13 Presupuesto de la implementación 20
Tabla 14 Cronograma del desarrollo 22
Tabla 15 Resultados de la propuesta de PCO..... 23
Tabla 16 Cobertura de preformas real bajo el sistema implementado..... 24
Tabla 17 Resultado semanal de cumplimiento y pérdida por rotura de stock..... 24
Tabla 18 Resultados de la implementación parcial de la herramienta SMED 25
Tabla 19 Costo de oportunidad de capital (COK) 26
Tabla 20 Flujo de caja del proyecto..... 26
Tabla 21 Resultados económicos..... 27

Lista de Figuras

Figura 1 Organigrama de la empresa 5
Figura 2 Diagrama de recorrido de la empresa 6
Figura 3 Diagrama Pareto de los principales problemas 7
Figura 4 Diagrama de Ishikawa 8
Figura 5 Pareto de productos 9
Figura 6 Diagrama de Pareto de causas 10
Figura 7 Árbol de problemas 10
Figura 8 Árbol de objetivos 11
Figura 9 Modelo de propuesta 13

Lista de Apéndices

Apéndice A Entrega de pedidos del primer trimestre 33
Apéndice B Causa 1. Alto tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo 34
Apéndice C Causa 2: Alto tiempo perdido por rotura de stock 35
Apéndice D Causa 3: Alto tiempo improductivo por cambios de molde y setup 36
Apéndice E Causa 4: Alto tiempo perdido por materia prima 36
Apéndice F Data de la demanda histórica para pronosticar 37
Apéndice G Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 300 ML 38
Apéndice H Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 330 ML 38
Apéndice I Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 500 ML 38
Apéndice J Capacidad de producción serial vs paralelo 39
Apéndice K MRP de los 3 SKU 39
Apéndice L DAP de proceso actual de la empresa 40
Apéndice M Guías y parámetros visuales 41
Apéndice N Checklist para preparación de la máquina 42
Apéndice O Evidencia fotográfica de implementación de mejoras 42
Apéndice P Cálculo del cumplimiento de entrega durante la implementación inicial del PCO 43
Apéndice Q Cálculo de horas perdidas por sobrecarga del programa durante la implementación inicial del PCO 43
Apéndice R Cálculo de horas perdidas por rotura de stock de preformas durante la implementación inicial del PCO 43
Apéndice S Órdenes de compra de preformas por SKU durante la implementación inicial del PCO 44

Lista de Anexos

Anexo 1 Tasa de riesgo mercado (Rm) 45
Anexo 2 Tasa de riesgo mercado (Rm) 45
Anexo 3 Factor de riesgo (Beta) 46
Anexo 4 Prima de riesgo país (PRP) 46

Capítulo 1. Antecedentes del proyecto

1.1 Antecedentes

A nivel mundial, la industria de envases plásticos, particularmente la relacionada con la fabricación de botellas y preformas de PET, ha experimentado un crecimiento sostenido impulsado por el incremento en el consumo de bebidas embotelladas, agua potable y productos alimenticios envasados. Este crecimiento se encuentra asociado a factores como la urbanización, el cambio en los hábitos de consumo y la necesidad de soluciones de empaque que garanticen la conservación y distribución eficiente de productos. En este contexto, el mercado global de preformas PET alcanzó un valor aproximado de USD 20,09 mil millones en 2025 y se proyecta que llegue a USD 31,95 mil millones para 2034, con una tasa de crecimiento anual compuesta de 5,29%, evidenciando su importancia dentro del sector manufacturero y de empaques (Market Data Forecast, 2026).

Sin embargo, a pesar de este crecimiento, la industria enfrenta desafíos significativos vinculados a la eficiencia operativa y la gestión de los procesos productivos. Según Houssini et al. (2025), la producción global de plásticos superó los 400 millones de toneladas en 2022, lo que incrementa la complejidad de las operaciones industriales, exigiendo sistemas productivos más eficientes y flexibles. En este contexto, factores como la variabilidad de la demanda, la planificación inadecuada y las interrupciones en los procesos generan ineficiencias productivas, tiempos muertos y dificultades en el cumplimiento de los plazos establecidos, afectando directamente el desempeño de las empresas manufactureras.

En América Latina, la industria del PET presenta un crecimiento sostenido, con un mercado valorizado en USD 2,51 mil millones en 2025 y una proyección de crecimiento anual de 6,95% hasta 2031 (Mordor Intelligence, 2026). No obstante, este crecimiento está acompañado de desafíos relacionados con la eficiencia productiva, la capacidad instalada y la gestión de operaciones en entornos de alta variabilidad. Las empresas del sector operan, en muchos casos, bajo esquemas de producción reactiva, lo que dificulta la adecuada planificación de la producción y la sincronización entre los procesos, generando reprocesos, tiempos improductivos y una utilización ineficiente de los recursos disponibles.

En el contexto peruano, la industria del plástico representa aproximadamente el 0,5% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional y el 3,7% del PBI manufacturero, con un aporte económico superior a S/ 2,661 millones en 2024 (PRODUCE, 2025). Dentro de este sector,

los envases plásticos destinados a alimentos y bebidas constituyen una de las principales líneas de producción, destacando las botellas PET por su versatilidad y alta demanda en el mercado. No obstante, el desempeño del sector se ve condicionado por limitaciones en la gestión productiva, tales como la ausencia de sistemas formales de planificación, una deficiente programación de la producción y un control operativo insuficiente, lo que impacta directamente en la eficiencia del proceso y en el nivel de servicio al cliente.

A continuación, se presenta una tabla referencial (ver Tabla 1) que muestra la evolución de la participación del sector dentro de la actividad manufacturera, evidenciando su importancia económica y la necesidad de fortalecer su desempeño operativo:

Tabla 1

Evolución de la industria de plásticos en el Perú (2019–2024)

Año	PBI del sector plástico (Millones de S/)	Variación anual (%)	Participación en el PBI manufacturero (%)
2019	2,877	18.9%	3.5%
2020	2,420	-5.1%	3.2%
2021	2,729	-8.5%	3.4%
2022	2,644	-7.6%	3.6%
2023	2,522	5.5%	3.6%
2024*	2,661	5.5%	3.7%

Nota. La tabla evidencia la evolución de la industria de plásticos y su contribución al PBI manufacturero en el Perú. El 2024 corresponde a cifras preliminares basadas en reportes sectoriales recientes. Adaptado de (Ministerio de la Producción – PRODUCE, 2025)

En síntesis, la industria de envases plásticos presenta un escenario de crecimiento sostenido tanto a nivel global como regional y nacional; sin embargo, dicho crecimiento exige mejoras en la gestión de operaciones, planificación de la producción y optimización de recursos. En el caso peruano, estas necesidades se traducen en la implementación de sistemas integrales de planificación, programación y control que permitan reducir ineficiencias, mejorar la productividad y asegurar el cumplimiento oportuno de los pedidos, fortaleciendo así la competitividad del sector.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Pronóstico de demanda

El pronóstico de demanda es una herramienta que permite estimar el comportamiento futuro del mercado a partir del análisis de datos históricos, utilizando métodos cuantitativos como series de tiempo o regresión, y también enfoques cualitativos basados en la experiencia o el juicio experto. Su finalidad es reducir la incertidumbre en la toma de decisiones y mejorar la planificación de la producción, inventarios y recursos (Fatima & Rahimi, 2024). En este sentido, facilita la definición de volúmenes de producción más alineados con la demanda real.

En el contexto industrial, el pronóstico permite anticipar variaciones en el consumo y evitar problemas como la sobreproducción o el desabastecimiento, contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos. Además, constituye la base de herramientas clave como el MPS (Plan Maestro de Producción) y el MRP (Planificación de Requerimientos de Materiales), por lo que su nivel de precisión impacta directamente en la eficiencia, la capacidad de respuesta y la estabilidad del sistema productivo.

1.2.2 Análisis de la capacidad

El análisis de la capacidad consiste en determinar la capacidad productiva disponible y necesaria para cumplir con la demanda, considerando recursos como maquinaria, mano de obra y tiempos de operación (Mathew, 2025). Su aplicación permite evaluar si la capacidad instalada es suficiente o presenta limitaciones que afecten la producción.

Asimismo, este análisis permite identificar cuellos de botella dentro del sistema productivo y proponer mejoras para optimizar el uso de recursos. Mediante indicadores como la utilización y eficiencia, se logra alinear la capacidad con la demanda, garantizando la viabilidad de los planes productivos y mejorando el desempeño operacional.

1.2.3 Plan Maestro de Producción (PMP)

El Plan Maestro de Producción (PMP) define qué productos deben fabricarse, en qué cantidades y en qué periodos, considerando la demanda pronosticada y la capacidad disponible (Celi et al., 2024). Representa un nivel táctico de planificación que permite organizar la producción de manera estructurada y alineada con los objetivos operativos, asegurando una mejor utilización de los recursos.

Asimismo, facilita la desagregación del plan agregado en decisiones más específicas de producción, permitiendo una programación más detallada y ordenada. También fortalece la coordinación entre las áreas de producción, logística y compras, asegurando una correcta ejecución de las operaciones y una adecuada asignación de materiales y capacidades. Además, sirve como base para el MRP, garantizando la disponibilidad de insumos, reduciendo retrasos en la fabricación y mejorando el cumplimiento oportuno de los pedidos.

1.2.4 Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

El MRP es un sistema que permite calcular los requerimientos de materiales necesarios para cumplir con el plan maestro de producción, considerando la lista de materiales, inventarios disponibles y tiempos de entrega (Malindzakova et al., 2022). Su objetivo es asegurar la disponibilidad oportuna de insumos y evitar interrupciones en el proceso productivo.

Su implementación mejora la coordinación entre producción y abastecimiento, reduciendo tanto excesos de inventario como quiebres de stock. Asimismo, permite programar adecuadamente las órdenes de compra y optimizar el uso de los recursos, contribuyendo a mejorar el flujo de materiales, disminuir costos logísticos y asegurar el cumplimiento de los plazos de entrega.

1.2.5 SMED (Single Minute Exchange of Die)

El SMED es una metodología orientada a reducir los tiempos de preparación y cambio de herramientas en los procesos productivos, mediante la identificación y optimización de actividades internas y externas (Khakpour et al., 2024). Su propósito es disminuir los tiempos improductivos, mejorar la disponibilidad de los equipos y aumentar la eficiencia operativa. En particular, busca convertir actividades internas en externas y simplificar aquellas que no agregan valor, reduciendo significativamente los tiempos de alistamiento.

Su aplicación permite incrementar la flexibilidad del sistema productivo, reducir los tiempos de parada y mejorar la capacidad de respuesta frente a la variabilidad de la demanda. Además, facilita la reducción de los tamaños de lote, la estandarización de operaciones y una mejor organización del trabajo. Como resultado, contribuye a una mejora continua en la productividad, promoviendo procesos más ágiles, eficientes y alineados con los objetivos operativos de la organización.

Capítulo 2. Problemática de la organización

2.1 Descripción de la organización

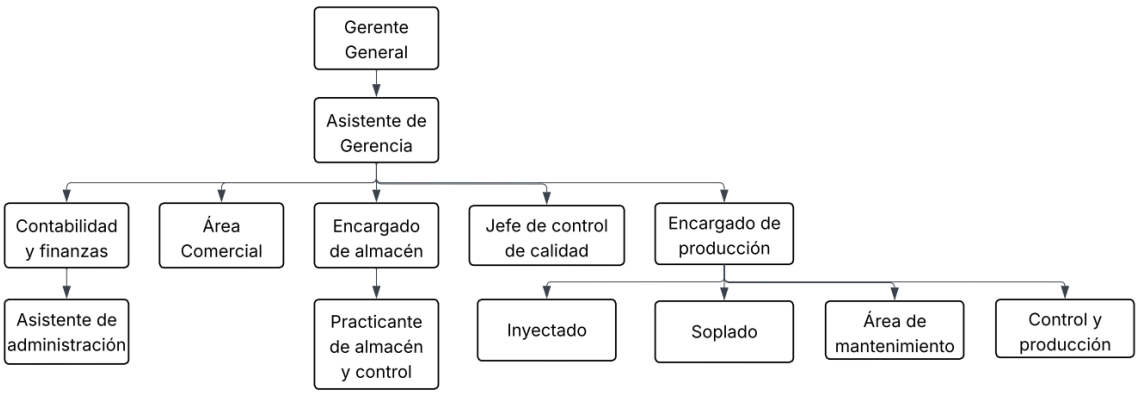
La empresa pertenece al sector manufacturero y se dedica a la producción de envases plásticos de tereftalato de polietileno (PET), orientados principalmente a las industrias de bebidas, agua embotellada y productos alimenticios. Su modelo de operación se basa en una estrategia make to order (MTO), mediante la cual la producción se realiza conforme a los requerimientos específicos de cada cliente, permitiendo adaptar características como capacidad, presentación y gramaje de los envases.

Este enfoque permite a la empresa contar con una alta flexibilidad productiva y capacidad de personalización, lo que facilita la atención de diversos segmentos del mercado. Para ello, emplea procesos como el moldeo por inyección y soplado, asegurando el cumplimiento de los estándares técnicos y funcionales de la industria alimentaria.

Asimismo, la empresa presenta una estructura funcional que favorece la coordinación entre las áreas y el adecuado control de las operaciones. Dicha estructura se muestra en el organigrama de la empresa (ver Figura 1).

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El proceso productivo de la empresa integra actividades de almacenamiento, transformación y distribución, las cuales permiten asegurar la continuidad de las operaciones y el cumplimiento de los requerimientos del mercado, dicha distribución dentro de la planta se representa en un diagrama de recorrido (ver Figura 2).

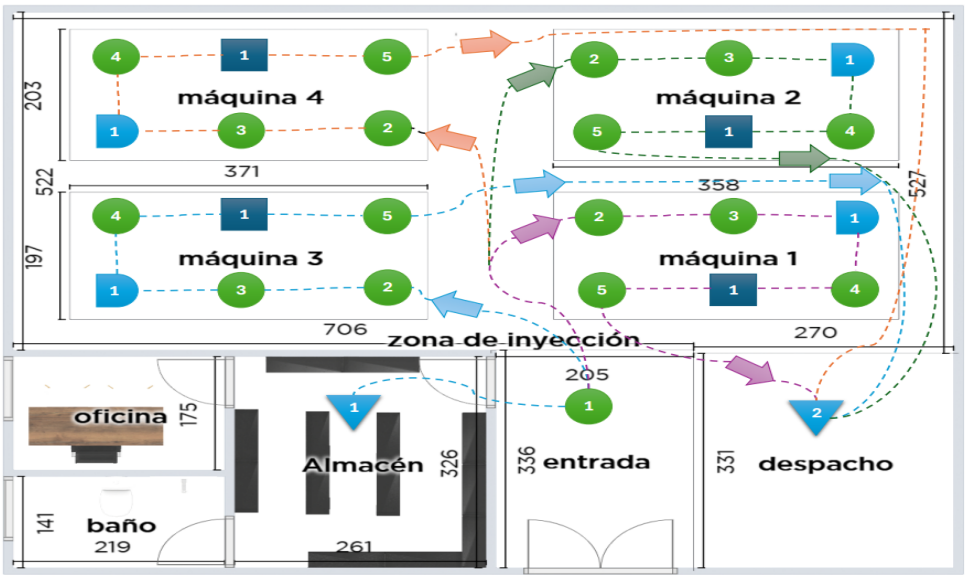
Almacén de materia prima: En esta etapa se realiza la recepción de los sacos de las preformas PET, considerados insumos principales del proceso. Las actividades incluyen la descarga del material, verificación de cantidades y condiciones físicas. Posteriormente, los materiales son almacenados en ubicaciones definidas según criterios de organización y disponibilidad. Una vez requeridos, se procede con su traslado interno hacia la zona productiva, mediante operaciones de manipulación y transporte.

Área de inyección: En esta área se desarrollan las principales actividades de transformación de las preformas PET. El proceso inicia con la preparación y acondicionamiento de la materia prima, seguido de su alimentación en las tolvas de las máquinas inyectoras. Luego, se realiza la configuración de parámetros operativos de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto. A continuación, se ejecuta la operación de inyección, donde se obtienen las botellas, requiriendo supervisión constante, ajustes operativos y controles de calidad en proceso para asegurar la conformidad del producto.

Almacén de producto terminado (PT): Una vez finalizado el proceso productivo, las botellas son inspeccionadas y manipuladas antes de su liberación. Luego, son trasladadas a despacho, donde se realiza su recepción, almacenamiento temporal y organización de pedidos según las especificaciones del cliente. Finalmente, se efectúa la preparación y envío de los productos, completando el flujo operativo de la empresa.

Figura 2

Diagrama de recorrido de la empresa



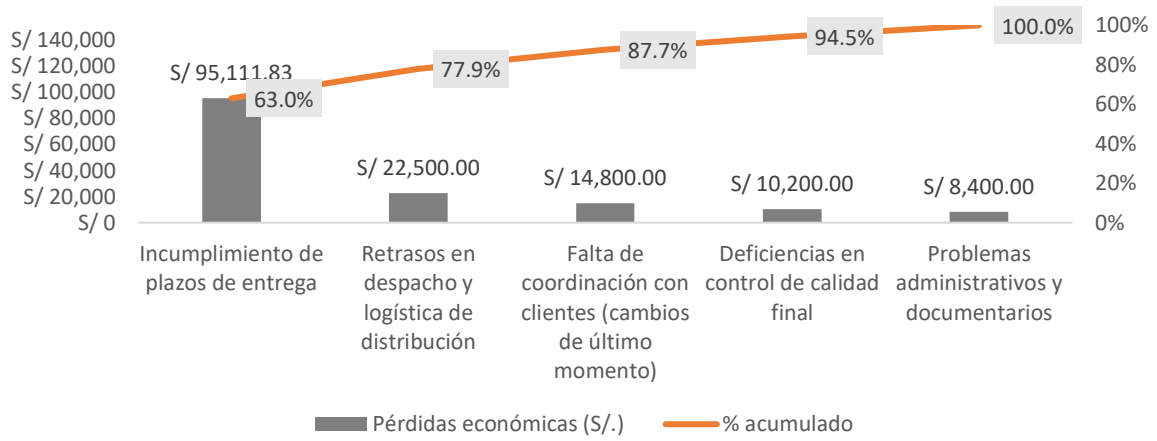
Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

2.2 Identificación del problema

Para identificar el problema clave, se analizaron las pérdidas económicas asociadas a las principales dificultades operativas, elaborando un diagrama de Pareto para priorizar los factores de mayor impacto. Como se observa en el diagrama (ver Figura 3), existe una alta concentración de pérdidas en un solo problema, identificándose el incumplimiento de los plazos de entrega como el más crítico dentro de la empresa.

Figura 3

Diagrama Pareto de los principales problemas



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

2.2.1 Brecha técnica

El análisis del cumplimiento de entregas se realizó considerando el incumplimiento de los pedidos respecto a las fechas pactadas con los clientes (ver Apéndice A). Bajo este criterio, se obtuvo un nivel de cumplimiento del 70%, evidenciando retrasos significativos en el servicio. Al compararlo con el estándar del sector manufacturero, que supera el 95% (SourceDay, 2025), se identifica una brecha técnica del 25%, lo que refleja deficiencias en la planificación, programación y coordinación del sistema productivo.

2.2.2 Impacto económico

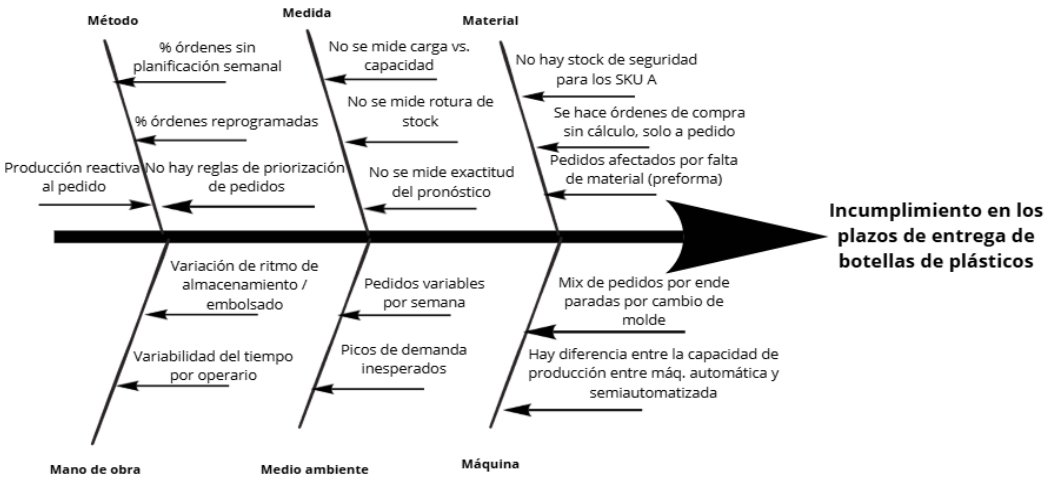
El impacto económico se calcula en S/ 95,111.83 anuales, lo cual representa un 4.56% de la facturación anual de la empresa. Este monto se encuentra vinculado a las penalidades aplicadas por no cumplir con las fechas pactadas con los clientes, así como a los sobrecostos en mano de obra, producto de la necesidad de incrementar horas hombre para atender pedidos atrasados y evitar la acumulación de órdenes en periodos posteriores.

2.3 Análisis de las causas

El análisis de las causas se desarrolló a partir de la revisión de registros operativos del periodo enero-marzo de 2026, empleando como unidad de análisis la semana ISO (14 semanas). Como etapa inicial, se utilizó un diagrama de Ishikawa para identificar los factores vinculados al problema (ver Figura 4).

Figura 4

Diagrama de Ishikawa



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

En base al registro operativo, se seleccionaron los factores con mayor incidencia.

Tabla 2

Incidencias de motivos

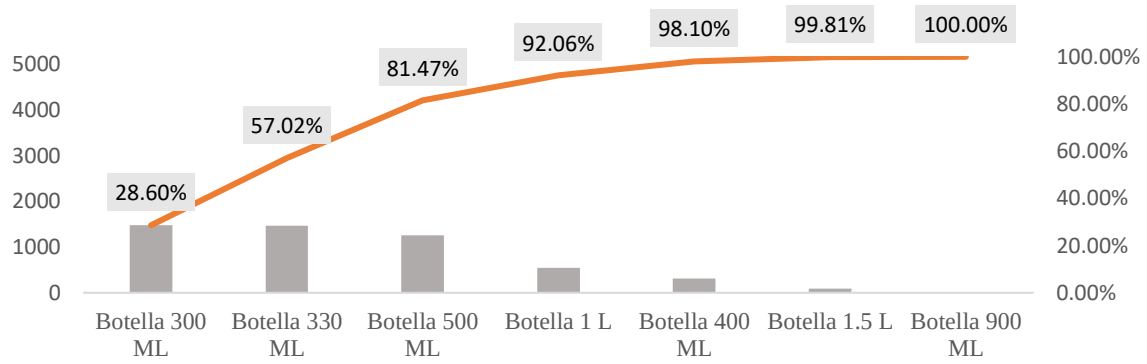
	Problemas	Frecuencia
M1	Alta inestabilidad de la demanda en SKU prioritarios	13
M2	Riesgo de quiebre de stock de preformas	11
M3	Alta frecuencia de cambios de molde	8
M4	Generación de merma por materia prima de mala calidad	4
	Total	36

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Como se observa en la Tabla 2, el primer motivo corresponde a la alta inestabilidad de la demanda en SKU prioritarios, entendida como semanas con alta concentración o variabilidad de la demanda en los productos 300 ml, 330 ml y 500 ml sirena de mayor rotación como se muestra en el diagrama de Pareto (ver Figura 5).

Figura 5

Pareto de productos



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El segundo motivo fue el desabastecimiento entre la demanda y la producción generando quiebres de stock. Asimismo, se identificó la alta frecuencia de cambios de molde como tercer motivo, así como la generación de merma por materia prima como cuarto motivo complementario.

Tabla 3

Análisis de causas

	Causas Raíz	Hrs perdidas	% Acumulado
CR1	Alto tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo	425.76	40.90%
CR2	Alto tiempo perdido por rotura de stock	411.4	80.43%
CR3	Alto tiempo improductivo por cambios de molde y setup	148.83	94.73%
CR4	Alto tiempo perdido por merma de la materia prima	54.85	100.00%
	Total	1040.84	

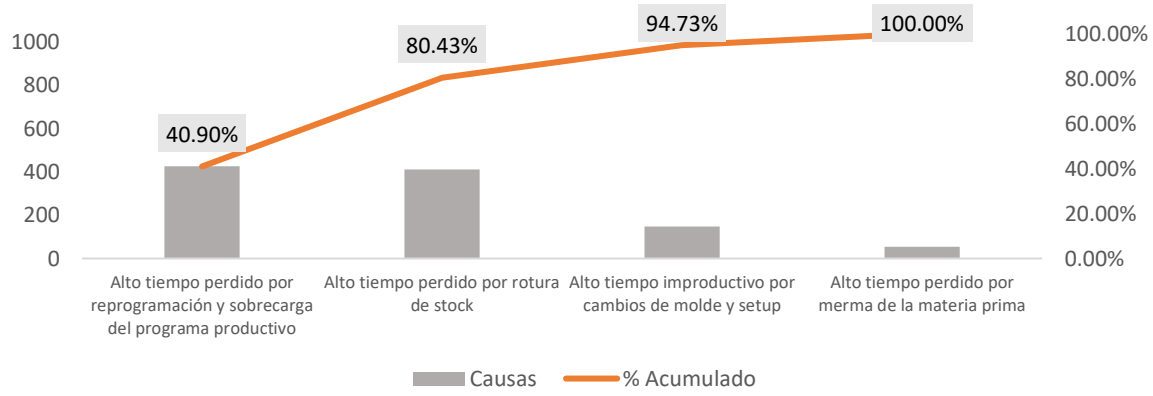
Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

A nivel agregado, los motivos se consolidaron en cuatro causas raíz, como se muestra en la Tabla 3. La primera corresponde al alto tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo, con 40.91% del total (ver Apéndice B), calculado a partir de la diferencia entre los días requeridos históricamente y la disponibilidad real de 6 días semanales. La segunda es el alto tiempo perdido por rotura de stock de preformas, con 39.53% (ver Apéndice C), obtenido del déficit histórico entre la demanda semanal de preformas y la cobertura operativa disponible, luego convertido a horas equivalentes de producción. La tercera corresponde al alto tiempo improductivo por cambios de molde y setup, con 14.30% (ver Apéndice D), estimado a partir de los cambios teóricos mínimos por

semana y del tiempo promedio actual de 95 minutos por cambio. Finalmente, la cuarta causa (ver Apéndice E) es el alto tiempo perdido por merma de materia prima, con 5.27%, la cual se mantiene como causa complementaria por su menor peso relativo.

Figura 6

Diagrama de Pareto de causas

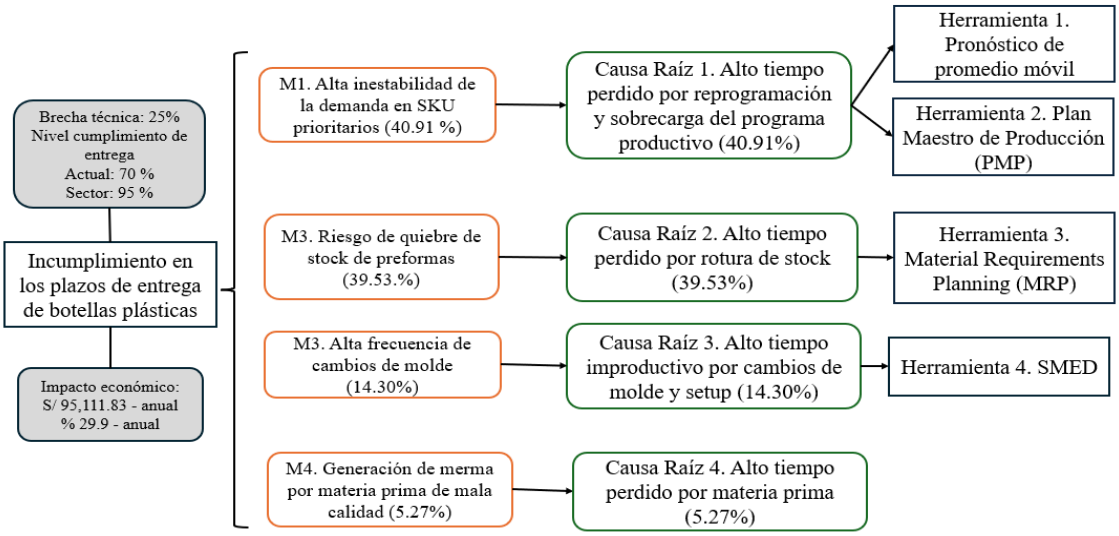


Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Finalmente, de la figura 6, se concluye que las tres primeras causas raíz concentran un 94.73 % del total de incidencias observadas, lo cual evidencia que el problema se encuentra principalmente alineado a la falta de nivelación de la demanda por sobrecarga, tiempos improductivos por quiebres de stock como por cambios de molde (ver Figura 7).

Figura 7

Árbol de problemas



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

2.4 Planteamiento de objetivos

2.4.1 Objetivo general

Mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega de botellas plásticas (ver Figura 8).

2.4.2 Objetivos específicos

CR1. Alto tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo

Objetivo CR1: Reducir el tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo mediante la implementación de pronóstico y PMP.

CR2. Alto tiempo perdido por rotura de stock

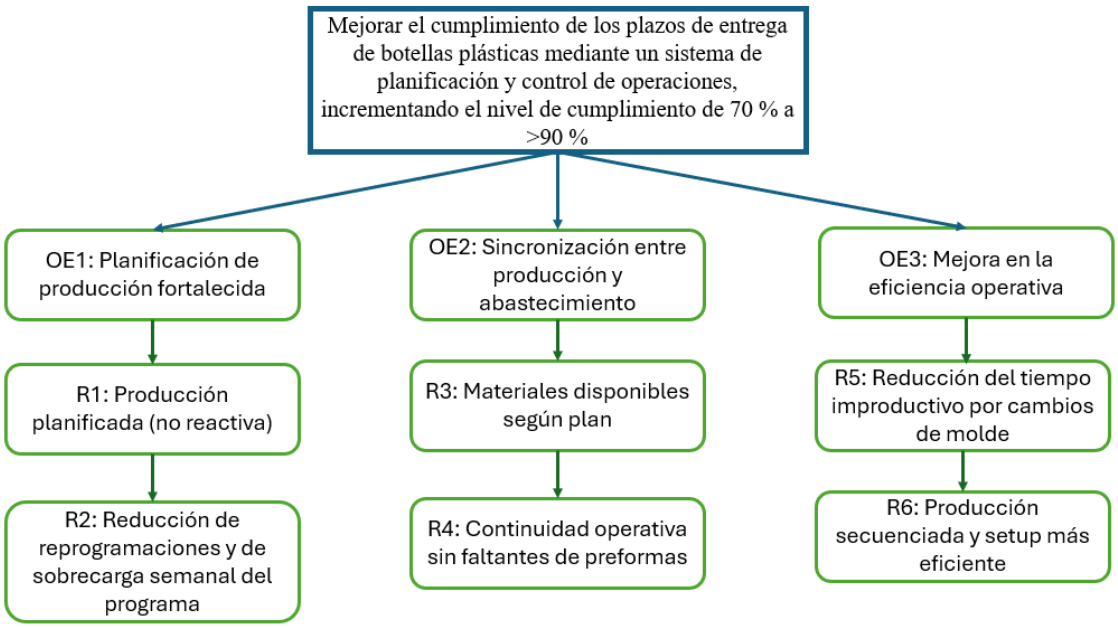
Objetivo CR2: Reducir el tiempo perdido por rotura de stock de preformas mediante la implementación de un MRP incorporando stock de seguridad.

CR3. Alto tiempo improductivo por cambios de molde y setup

Objetivo CR3: Reducir el tiempo improductivo por cambios de molde y setup mediante la metodología SMED y la mejora de la secuenciación productiva

Figura 8

Árbol de objetivos



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Capítulo 3. Propuesta De Ingeniería

3.1 Vinculación de causa con la solución

La siguiente tabla (ver Tabla 4) presenta la vinculación directa entre el problema de incumplimiento en los plazos de entrega y sus principales causas, relacionándolas con las herramientas de mejora propuestas (PMP, MRP y SMED). Asimismo, se detallan los logros esperados en términos de reducción de retrasos, quiebres de stock y tiempos improductivos, junto con el sustento teórico basado en artículos académicos.

Tabla 4

Vinculación de causa con la solución

Problema	Motivo	Causa	Herramienta	Logro	Artículos
Incumplimiento en plazos de entrega	Órdenes sin planificación (40%)	Sistema reactivo sin planificación estructurada	Plan Maestro de Producción	Reducción de retrasos en entregas en 25% y mejora del cumplimiento al 90%	Sharma, S., & Siddharth, K. (2022). *Production planning improvement using master scheduling.* International Journal of Production Research
	Reprogramación de órdenes (22.22%)	Falta de programación y secuenciación	PMP + Secuenciación	Reducción de reprogramación en 30% y mejora del uso de capacidad en 18%	Kumar, A., & Singh, R. (2023). *Optimization of production scheduling.* Journal of Manufacturing Systems
	Quiebres de stock (17.78%)	Desalineación entre materiales y producción	MRP	Reducción de quiebres de stock en 48% y aumento de disponibilidad al 95%	Patel, R., & Mehta, P. (2022). *Implementation of MRP in manufacturing.* Materials Today: Proceedings
	Tiempos improductivos (13.33%)	Exceso de cambios y tiempos muertos	SMED	Reducción de tiempo de setup en 35% y aumento de productividad en 20%	Kumar, S., & Kumar, R. (2022). *Implementation of SMED in manufacturing industries.* International Journal of Productivity and Performance Management
	Merma (6.67%)	Exceso de cambios y tiempos muertos	SMED	Reducción de desperdicio entre 15% y 25%	Kumar, S., & Kumar, R. (2022). *Implementation of SMED in manufacturing industries.* International Journal of Productivity and Performance Management
		Deficiencia en control operativo	SMED + control		

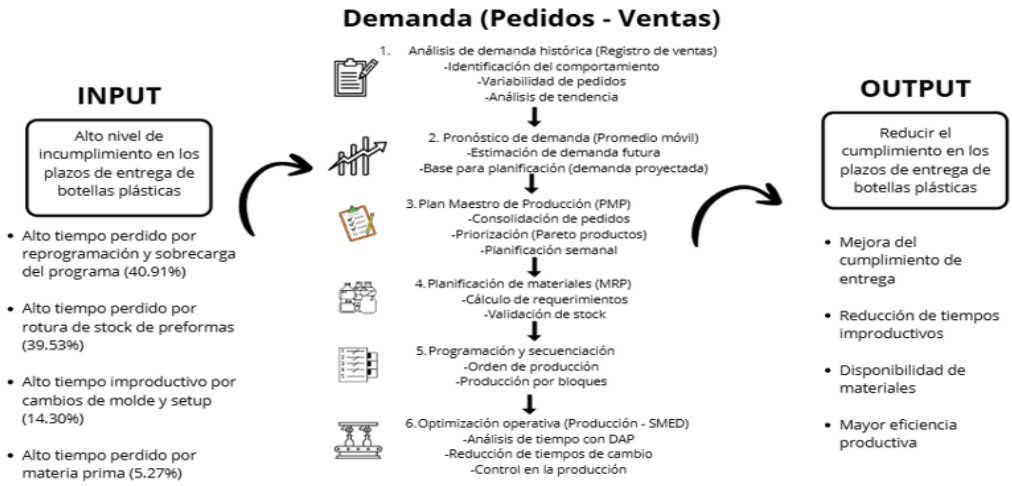
Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

3.2 Diseño detallado de la solución

La solución propuesta se diseñó para los 3 SKU más prioritarios que representan el 80 % de las ventas con la finalidad de mejorar la coordinación entre ventas, producción y abastecimiento (ver Figura 9).

Figura 9

Modelo de propuesta



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

La empresa opera actualmente bajo una lógica make to order (MTO), en la que la producción responde de forma reactiva a los pedidos recibidos diariamente. Sin embargo, la propuesta desarrollada en este trabajo introduce una transición hacia un esquema híbrido, manteniendo la atención contra pedido para el portafolio general, pero incorporando una lógica de anticipación y cobertura selectiva para el Top 3 SKU de alta rotación. En este sentido, el sistema propuesto permite no solo anticipar el abastecimiento de materiales, sino también adelantar producción cuando exista holgura operativa. De esta manera, la solución no transforma completamente la operación en make to stock, pero sí introduce un MTS selectivo y controlado para las referencias más críticas del sistema.

Parámetros de la empresa: La empresa cuenta con cuatro máquinas, de las cuales dos son automáticas y dos semi automáticas. Bajo el esquema actual de operación, una máquina automática termina un costal en 1 hora, mientras que una máquina semi automática lo hace en 1.5 horas. Asimismo, se consideró una jornada diaria de 12 horas efectivas por día, con una operación de 6 días por semana. Asimismo, se incorporó una merma promedio de 55 botellas por costal de materia prima.

Tabla 5

Capacidad base del sistema productivo

SKU prioritario	Preformas por costal	Merma promedio por costal	Preformas buenas por costal	Capacidad diaria línea dedicada (und buenas/día)	Capacidad semanal línea dedicada (und buenas/semana)	Línea base
Botella 300 ml	3000	55	2945	35340	212040	M1 automática → 300 ml
Botella 330 ml	3000	55	2945	35340	212040	M2 automática → 330 ml
Botella 500 ml sirena	2500	55	2445	19560	117360	M3 semi → 500 ml sirena
Línea flexible para 300/330	3000	55	2945	23560	141360	M4 semi automática
Línea flexible para 500	2500	55	2445	19560	117360	M4 semi automática

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

La capacidad presentada corresponde a capacidad efectiva por línea dedicada, incorporando la merma promedio del costal.

3.2.1 Diseño del Pronóstico de la demanda

Dado que la empresa recibe pedidos diariamente, se consolidó la demanda histórica (ver Anexo F) en una base semanal para facilitar la planificación. El análisis de regresión lineal evidenció una alta inestabilidad en la demanda. Para mayor detalle, se presentan los apéndices G respecto al comportamiento de la botella 300 ml, el apéndice H a la botella de 330 ml y el apéndice I con la botella de 500 ml. Ante ello, se planteó un horizonte rodante de 4 semanas, actualizado semanalmente, enfocado en los tres productos que concentran el 80% de las ventas. Para el pronóstico, se utilizó un promedio móvil simple de 3 semanas, adecuado para series cortas y variables.

Tabla 6

Pronóstico de la demanda

Semana	15	16	17	18
Pronóstico 300 ml (millares)	93.88	98.33	76.4	89.54
Pronóstico 330 ml (millares)	81.93	71.98	60.57	71.49
Pronóstico 500 ml sirena (millares)	59.2	64.6	44.07	55.96

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

La tabla 6 muestra como base del volumen planificado de producción, debido a que para estas referencias se adopta una lógica de cobertura anticipada.

3.2.2 Plan Maestro de Producción

Con base en el pronóstico semanal, se desarrolló el Plan Maestro de Producción (PMP) para las siguientes cuatro semanas. A diferencia de un enfoque simplificado que suma los tiempos de fabricación por SKU como si toda la planta trabajara en serie; es decir como si todos los SKU compitieran por un mismo recurso. En esta propuesta se adopta un enfoque de capacidad paralela por líneas, consistente con el modo real de trabajo de la empresa: una línea orientada a 300 ml, una a 330 ml, una a 500 ml y una línea flexible para apoyo o referencias menores por lo que el "plazo paralelo ajustado" representa el tiempo real esperado del sistema cuando las líneas trabajan simultáneamente. Finalmente, el detalle comparativo entre la lectura serial de la producción y la lectura paralela del programa semanal propuesta se presenta en el apéndice J.

Tabla 7

Plan Maestro de Producción

Semana	Pronóstico 300 ml (millares)	Pronóstico 330 ml (millares)	Pronóstico 500 ml sirena (millares)	Días línea 300	Días línea 330	Días línea 500	Días seriales (suma)	Plazo paralelo base	SKU crítico para línea flexible	Holgura vs 6 días	Lectura
15	93.88	81.93	59.2	3.2	1.98	3.03	8.21	3.2	300 ml	2.8	Factible
16	98.33	71.98	64.6	3.35	1.74	3.3	8.4	3.35	300 ml	2.65	Factible
17	76.4	60.57	44.07	2.6	1.47	2.25	6.32	2.6	300 ml	3.4	Factible
18	89.54	71.49	55.96	3.05	1.73	2.86	7.64	3.05	300 ml	2.95	Factible

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

La Tabla 7 traduce el volumen pronosticado en tiempo requerido por línea paralelas. muestra que, al trabajar la producción bajo líneas paralelas. Finalmente, la holgura vs. 6 días muestra cuántos días disponibles quedan libres dentro de la semana operativa para adoptar la lógica de cobertura anticipada o make to stock selectivo.

3.2.3 Material Requirements Planning (MRP)

A partir del PMP se diseñó el MRP para las preformas, por ser el material crítico asociado al problema de abastecimiento. Dado que la merma del proceso ocurre desde la materia prima, el requerimiento bruto representa la cantidad total de costales necesarios para producir el volumen planificado de la semana; el requerimiento neto corresponde a la necesidad adicional después de considerar el inventario disponible y el stock de seguridad; y la recepción planificada indica la cantidad de costales que debe ingresar en la semana para sostener el programa sin quiebre.

Tabla 8

MRP del TOP 3 SKU

SKU	Stock Seguridad (costales)	Requerimiento bruto ajustado por merma (Sem 15)	Recepción planificada (Sem 15)	Liberación planificada (Sem 14)	Inventario final proyectado (Sem 15)
300 ml	16	32	32	32	16
330 ml	13	28	28	28	13
500 ml sirena	12	25	25	25	12

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El stock de seguridad se definió como 0.5 semana de cobertura de la demanda pronosticada, con un lead time de 1 semana para la liberación de órdenes. El detalle completo del MRP de preformas se presenta en el Apéndice K. Finalmente, el MRP de preformas no solo responde a cuánto se debe producir, sino también a cuánto material debe estar disponible para sostener ese programa sin quiebres ni improvisación.

3.2.4 Secuenciación operativa propuesta

La mejora propuesta no solo determina cuánto producir, sino también cómo operar las líneas de manera ordenada y estandarizada. Por ello, al analizar la concentración del 80 % de la demanda histórica en 3 productos, se realizó la siguiente asignación.

Tabla 9

Secuenciación de producción

Producto	Línea 1 (Máq. Automática)	Línea 2 (Máq. Automática)	Línea 3 (Máq. Semiautomática)	Línea 4 (Máq. Semiautomática)
Botella 300 ml	X			
Botella 330 ml		X		
Botella 500 ml			X	
Otros productos				Línea flexible

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El concepto de línea flexible se asigna con la finalidad de vitar cambios de molde a la concentración de demanda. Así mismo, puede servir de apoyo para cualquier producto con la finalidad de formar una cobertura de stock anticipado y atender la producción en la semana operativa. Finalmente, el diseño de la solución permite pasar de una operación reactiva a un sistema estructurado de planeación semanal, integrando pronóstico, PMP, MRP y secuenciación de líneas. Así, la mejora no radica en aumentar la capacidad, sino en optimizar su uso, logrando mayor sincronización entre demanda, materiales y producción.

3.2.5 SMED

Etapa 1: Levantamiento, descomposición y clasificación de actividades del proceso

En esta etapa se toma como base el DAP del proceso de fabricación de botellas plásticas (ver Apéndice L). A partir de la secuencia analizada, el proceso se descompone en actividades elementales que son identificadas, medidas y clasificadas según su naturaleza y aporte al valor.

El análisis permite cuantificar los tiempos de operaciones, traslados, inspecciones, abastecimiento y reinicios, determinando una duración total de 193.5 minutos, donde se evidencian actividades críticas que incrementan el tiempo de preparación y generan interrupciones. Bajo el enfoque SMED, se propone clasificar las actividades en internas y externas (ver Tabla 10) para reorganizar el proceso y reducir el tiempo total a 126 minutos, buscando mejorar la eficiencia operativa.

Tabla 10

Clasificación de actividades internas y externas

Actividades internas	Actividades externas
Alistamiento inicial de máquina	Abastecimiento de preformas en punto de uso
Inspección y alimentación de preformas	Control e inspección en línea de producción
	Reabastecimiento y eliminación de paradas
	Empaquetado y almacenamiento de producto terminado

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Etapa 2: Reducción de tiempos en actividades internas y externas

La implementación de la metodología SMED en el proceso productivo permitirá optimizar significativamente los tiempos operativos en cada una de las etapas analizadas. Como se observa en la tabla 11, la reducción total del tiempo de proceso pasa de 194 a 98 minutos, lo que representa una mejora global del 49%. Este resultado se sustenta en la reorganización de actividades, la estandarización de tareas y la eliminación de tiempos improductivos.

En particular, las mayores mejoras se concentran en actividades de espera y ajuste, tales como las esperas por abastecimiento (75%) y la configuración y ajuste de máquina (50%), lo cual evidencia el impacto de separar actividades internas y externas, así como la preparación anticipada de recursos. Asimismo, actividades de inspección y control presentan

reducciones importantes gracias a la estandarización mediante guías visuales, operaciones como el alistamiento inicial y el traslado de materiales muestran mejoras relevantes debido a una mejor organización y reducción de desplazamientos.

Tabla 11

Resultados esperados de la implementación de la herramienta SMED

Etapa del proceso SMED	Tipo actividad	Tiempo As-Is (min)	Tiempo To-Be (min) META	Mejora (%)	Observación técnica
Alistamiento inicial de máquina	Operación	60	40	33%	Uso de checklist y preparación previa
Inspección de máquina	Inspección	35	22	37%	Estandarización con guías visuales
Alimentación de preformas	Operación	18	10	44%	Mejor organización del punto de carga
Traslado de material interno	Transporte	15	9	40%	Reducción de desplazamientos
Configuración y ajuste de máquina	Operación	30	15	50%	Mejora parcial en parametrización
Esperas por abastecimiento	Espera	20	5	75%	Flujo más continuo, pero no eliminado
Producción inicial y ajustes	Operación	10	5	50%	Menos reprocesos iniciales
Control en línea	Inspección	7	3	57%	Reducción por estandarización
Paradas por falta de material	Espera	5	2	60%	Mejora en reposición visual
Empaquetado	Operación	2.5	1	60%	Mejora ergonómica básica
Almacenamiento	Transporte	1.5	1	33%	Flujo más ordenado
TOTAL	—	**204**	**113**	**45%**	Mejora esperada

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

En conjunto, la aplicación de la metodología SMED no solo permitirá reducir los tiempos de operación, sino también mejorar la continuidad del flujo productivo, disminuir las interrupciones operativas y aumentar la eficiencia del proceso, contribuyendo directamente al cumplimiento de los plazos de entrega y a una mayor productividad en la línea de producción. Asimismo, es importante señalar que los materiales y herramientas utilizados para la estandarización de las actividades orientadas a la reducción de tiempos se encuentran detallados en el Apéndice M y el Apéndice N.

3.3 Diseño de indicadores

Los indicadores definidos permiten medir de forma cuantitativa el impacto de las mejoras propuestas, alineándose directamente con las causas raíz identificadas (ver Tabla 12) se incorporan métricas específicas vinculadas a la planificación de la producción, la gestión del abastecimiento y la eficiencia operativa, permitiendo evaluar de manera integral el desempeño del sistema productivo tanto en su situación actual (As Is) como en el escenario proyectado (To Be).

Tabla 12

Diseño de indicadores

Código	Indicador	Fórmula	As-Is	To-Be / meta	Frecuencia
I1	Cumplimiento de entrega (%)	(Pedidos entregados a tiempo / Pedidos totales) × 100	70.00%	95.00%	Mensual
I2	Horas promedio perdidas por sobrecarga del programa (h/sem)	Horas perdidas por sobrecarga del periodo / Semanas evaluadas	30.41 h/sem	0.00 h/sem	Semanal
I3	Horas promedio perdidas por rotura de stock de preformas (h/sem)	Horas perdidas por déficit de preformas del periodo / Semanas evaluadas	29.39 h/sem	0.00 h/sem	Semanal
I4	Tiempo promedio de setup por cambio de molde (min/cambio)	Tiempo total de setup / N.° de cambios de molde	95 min/cambio	62 min/cambio	Semanal
I5	Horas equivalentes perdidas por materia prima (h/sem)	Horas perdidas por merma del periodo / Semanas evaluadas	3.92 h/sem	≤ 3.92 h/sem	Semanal

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Los valores proyectados evidencian mejoras en los principales puntos críticos del proceso, con reducciones en órdenes sin planificación, reprogramaciones, quiebres de stock y tiempos improductivos, así como una mejora en el abastecimiento y en los tiempos de setup. Estas mejoras contribuyen a una operación más estable y continua, reduciendo interrupciones y optimizando el flujo productivo, lo que permite validar el impacto de las herramientas PMP, MRP y SMED, evidenciando su aporte en la optimización de la planificación, el uso eficiente de los recursos y el incremento del cumplimiento de los plazos de entrega.

3.4 Consideraciones para la implementación

La implementación de la propuesta planteada requiere una adecuada planificación y gestión de los recursos, a fin de garantizar la correcta ejecución de las herramientas PMP, MRP y SMED dentro del sistema productivo. En este contexto, se considera fundamental definir los recursos necesarios, las responsabilidades involucradas y los elementos operativos que permitirán asegurar una implementación ordenada y sostenible en el tiempo.

3.4.1 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos

El presupuesto de la solución considera los costos asociados a la capacitación del personal, la implementación del sistema de planificación y control, así como la optimización de los procesos productivos mediante la reducción de tiempos de setup. Esta estimación permite identificar los recursos económicos requeridos para cada componente de la propuesta, facilitando la toma de decisiones y asegurando la viabilidad financiera del proyecto.

Asimismo, el desglose del presupuesto por componentes (ver Tabla 13) permite visualizar de manera estructurada la inversión necesaria para la formación del personal, la implementación de las herramientas de planificación (PMP y MRP) y la aplicación de la metodología SMED, contribuyendo a una gestión eficiente de los recursos y al logro de los objetivos orientados a mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega.

Tabla 13

Presupuesto de la implementación

Etapa 1: Formación y Capacitación Inicial				
Concepto	**Descripción**	**Costo Unitario (S/.)**	**Cantidad**	**Costo Total (S/.)**
Capacitación en PMP y MRP	Formación teórica y práctica en planificación y requerimientos de materiales	S/ 600.00	10	S/ 6,000.00
Capacitación en SMED	Capacitación en reducción de tiempos de setup	S/ 500.00	10	S/ 5,000.00
Capacitación operativa	Entrenamiento en secuenciación, producción por bloques y control	S/ 400.00	10	S/ 4,000.00
Materiales de capacitación	Manuales, guías, formatos y material visual	S/ 250.00	2	S/ 500.00
Costo Total Etapa 1				**S/ 15,500.00**

Componente 2: Implementación del Sistema (PMP + MRP)				
Concepto	**Descripción**	**Costo Unitario (S/.)**	**Cantidad**	**Costo Total (S/.)**
Consultoría PMP/MRP	Asesoría en implementación del sistema de planificación	S/ 5,000.00	1	S/ 5,000.00
Desarrollo de formatos / Excel	Diseño de plantillas de planificación y control	S/ 800.00	1	S/ 800.00
Equipos informáticos básicos	Mejora o adecuación de equipos para planificación	S/ 1,200.00	2	S/ 2,400.00
Coordinación logística y compras	Implementación del sistema de abastecimiento	S/ 1,000.00	1	S/ 1,000.00
Contingencias	Costos administrativos e imprevistos	S/ 2,000.00	1	S/ 2,000.00
Costo Total Etapa 2				**S/ 11,200.00**
Etapa 3: Implementación SMED (Optimización de procesos)				
Concepto	**Descripción**	**Costo Unitario (S/.)**	**Cantidad**	**Costo Total (S/.)**
Consultoría SMED	Asesoría en reducción de tiempos de setup	S/ 4,200.00	1	S/ 4,200.00
Equipos de medición	Cronómetros, herramientas de análisis de tiempos	S/ 500.00	4	S/ 2,000.00
Implementación de herramientas visuales	Señalización, checklists, estándares visuales	S/ 300.00	4	S/ 1,200.00
Mejora de estaciones de trabajo	Ergonomía, redistribución y accesorios	S/ 800.00	3	S/ 2,400.00
Contingencias	Costos operativos e imprevistos	S/ 2,000.00	1	S/ 2,000.00
Costo Total Etapa 3				**S/ 11,800.00**
Costo Total Implementación de etapas				**S/ 38,500.00**

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El presupuesto presentado ha sido elaborado considerando las necesidades específicas de la propuesta de mejora, asegurando la disponibilidad de recursos humanos, técnicos y materiales requeridos para la implementación de las herramientas PMP, MRP y SMED.

De esta manera, la estimación económica integra los costos asociados a la capacitación del personal, la implementación del sistema de planificación y control, así como la optimización de los procesos productivos, lo que permite asegurar la viabilidad técnica y financiera de la propuesta. En conjunto, el costo total de la implementación asciende a S/ 38,500.00, representando una inversión alineada con el impacto esperado del proyecto.

3.4.2 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo

El cronograma organiza las actividades de la propuesta a lo largo de 16 semanas (ver Tabla 14), siguiendo una secuencia progresiva que inicia con el diagnóstico, continúa con la implementación de las herramientas PMP, MRP y SMED, y finaliza con el control y validación de resultados. Asimismo, se evidencia una adecuada programación de las actividades, donde el análisis de la demanda y la capacidad sirve como base para la planificación productiva, dando paso a mejoras operativas como la ampliación de turnos, la producción por bloques y la optimización de tiempos de setup.

Tabla 14

Cronograma del desarrollo

Herramienta	Actividad	Dur.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Fase Inicial (Diagnóstico y diseño)																		
PMP	Levantamiento de información histórica de demanda	1																
PMP	Análisis de demanda (variabilidad y mix)	1																
PMP	Elaboración de pronóstico (promedio móvil)	2																
PMP	Análisis de capacidad instalada	1																
PMP	Identificación de brecha capacidad vs demanda	1																
PMP	Diseño del Plan Maestro de Producción (PMP)	2																
MRP	Identificación de estructura de productos (preformas)	1																
MRP	Determinación de consumos unitarios	1																
SMED	Levantamiento del proceso (DAP)	1																
SMED	Descomposición de actividades del proceso	1																
SMED	Medición de tiempos actuales (setup)	1																
Fase de Implementación (Sistema PMP + MRP + SMED)																		
PMP	Implementación del PMP en producción	2																
PMP	Ampliación de jornada (2 turnos - 23%)	1																
PMP	Evaluación capacidad post-turnos	1																
PMP	Implementación planificación semanal	2																
PMP	Secuenciación de producción	1																
PMP	Priorización productos (Pareto)	1																
PMP	Producción por bloques (300-330-500 ml)	2																
MRP	Cálculo de requerimientos de materiales (MRP)	2																
MRP	Planificación de compras	1																
MRP	Coordinación con proveedores	2																
MRP	Implementación de abastecimiento continuo	2																
SMED	Clasificación actividades internas/externas	1																
SMED	Conversión de actividades internas a externas	1																
SMED	Reducción de tiempos de setup interno	2																
SMED	Implementación de mejoras operativas	2																
SMED	Implementación de herramientas visuales	1																
SMED	Mejora de abastecimiento en línea	1																
Fase de Control y Seguimiento																		
PMP	Control de cumplimiento del plan de producción	3																
MRP	Control de quiebres de stock	3																
SMED	Monitoreo de tiempos de setup	3																
-	Evaluación de indicadores	2																
-	Ajustes y mejora continua	2																
-	Validación final de resultados	2																
-	Cierre del proyecto	1																

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

Esta estructura permite integrar de manera ordenada la planificación, la ejecución y el seguimiento del sistema productivo, asegurando una implementación efectiva, orientada a mejorar la eficiencia, reducir interrupciones cumplir con los plazos de entrega.

Capítulo 4. Resultados del proyecto

4.1 Validación funcional:

La validación funcional del modelo PCO se realizó durante las tres primeras semanas operativas de implementación. Aunque el modelo trabaja con un horizonte rodante de cuatro semanas, el primer corte de resultados se evaluó sobre las tres primeras semanas ya ejecutadas de junio. En este periodo se aplicaron el PMP, el MRP, el stock mínimo de preformas y la secuenciación para los SKU priorizados, pasando de una lógica make to order reactiva a un esquema make to stock selectivo. Los resultados se sustentan en registros reales de pedidos, cumplimiento, recepción de costales, merma y horas perdidas; por ello, corresponden a desempeño real inicial y no a simulación.

4.1.1 Validación funcional mediante implementación inicial del modelo PCO

La validación se realizó con registros reales de las tres primeras semanas operativas de implementación, considerando pedidos atendidos, costales recibidos, merma estimada y horas perdidas registradas.

Tabla 15

Resultados de la propuesta de PCO

Indicador	As- Is (sem 1-14)	To be	Implementación inicial Junio	Fórmula	Variación
I1. Cumplimiento de entrega (%)	70%	Meta de 95.00%	79%	Cumplimiento=(166/210) x 100	9%
I2. Horas promedio perdidas por sobrecarga del programa (h/sem)	30.41 h/sem	0.00 h/sem	18.0 h/sem	Reducción=(30.41-18.0)/30.41 x 100	40.80%
I3. Horas promedio perdidas por rotura de stock de preformas (h/sem)	29.39 h/sem	0.00 h/sem	14.5 h/sem	Hrs perdidas= (29.39-14.5)/29.39 X 100	50.70%

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

La Tabla 15 evidencia que la mejora del cumplimiento no se produjo de manera aislada, sino asociada a la reducción de las principales causas operativas del incumplimiento (Ver Apéndice P). La sobrecarga del programa disminuyó de 30.41 h/sem a 18.0 h/sem. (Ver Apéndice Q) mientras que las pérdidas por rotura de stock bajaron de 29.39 h/sem a 14.5 h/sem (Ver Apéndice R). Esto evidencia que el PCO permitió ordenar la carga de producción y mejorar la disponibilidad de preformas, aunque todavía no elimina completamente ambas pérdidas. Por tanto, los resultados son consistentes con una implementación piloto inicial;

sin embargo, al pasar las semanas, se podrán visualizar mayores cambios al tener el programa más estable y controlado.

4.1.2 Validación del abastecimiento y transición a MTS selectivo

Durante la implementación inicial del PCO, el MRP permitió controlar la cobertura de preformas para los tres SKU priorizados. A diferencia del esquema reactivo anterior, en el que el abastecimiento se atendía según urgencia, el nuevo modelo mantuvo un stock mínimo operativo por SKU y programó recepciones de preformas para sostener la producción de los pedidos registrados en las 3 primeras semanas de junio.

Tabla 16

Cobertura de preformas real bajo el sistema implementado

Semana	Pedidos evaluados	Pedidos cumplidos	Cumplimiento semanal	Volumen cubierto con preformas buenas	Recepción de preformas (costales)	Stock mínimo operativo conservado
15	70	55	78.57%	237,825 und buenas	85	41
16	72	57	79.17%	239,770 und buenas	86	41
17	68	54	79.41%	184,870 und buenas	66	41
Total / promedio	210	166	79.05%	662,465 und buenas	237	41

Nota. La recepción semanal está expresada en costales.

La tabla 16 muestra las órdenes de compra registrada y considera la merma promedio de 55 unidades por costal. El stock mínimo operativo conservado de 41 costales corresponde a la suma de la cobertura definida de stock para los tres SKU priorizados (ver Apéndice S).

Tabla 17

Resultado semanal de cumplimiento y pérdida por rotura de stock

Semana	Pedidos evaluados	Pedidos cumplidos	Cumplimiento semanal	Orden de compra / recepción total (costales)	Merma estimada (und)	Unidades buenas disponibles	Stock mínimo operativo final	Horas perdidas por rotura de stock
15	70	55	78.57%	85	4675	237825	41	16.2
16	72	57	79.17%	86	4730	239770	41	14.15
17	68	54	79.41%	66	3630	184870	41	13.17
Total / promedio	210	166	79.05%	237	13035	662465	41	14.51 h/sem

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa. Las horas perdidas por rotura de stock corresponden al faltante de preformas convertido a horas equivalentes de producción.

La Tabla 17 muestra que las horas perdidas por rotura de stock disminuyeron progresivamente durante las tres semanas evaluadas, pasando de 16.20 h en la semana 15 a

13.17 h en la semana 17. En promedio, la pérdida fue de 14.51 h/sem, menor al valor As-Is de 29.39 h/sem. Este resultado confirma que la cobertura de preformas contribuyó a reducir interrupciones en la producción, aunque el sistema aún requiere estabilización para eliminar por completo los faltantes.

4.1.3 Validación de la mejora operativa mediante piloto de SMED

La mejora operativa basada en la metodología SMED fue implementada de manera parcial en la empresa durante un periodo de 2 semanas, con el objetivo de reducir el tiempo de setup y optimizar actividades críticas del proceso productivo. Como resultado de esta implementación el tiempo total de setup se redujo de 95 minutos a 68 minutos, lo que representa una mejora aproximada del 28%, evidenciando un impacto positivo de la aplicación de la metodología, aunque aún por debajo del objetivo óptimo planteado.

A nivel de actividades, se lograron mejoras en alistamiento, inspección, abastecimiento y reabastecimiento, así como en empaquetado y almacenamiento, evidenciando una optimización general del proceso. Estas mejoras se sustentan en la aplicación de checklists, guías visuales y reorganización de actividades (ver Apéndice O), cuyos resultados se muestran en la Tabla 18, aunque aún en fase de estabilización.

Tabla 18

Resultados de la implementación parcial de la herramienta SMED

Código	Indicador	Fórmula	As-Is	To-Be / meta	Frecuencia
I4	Tiempo promedio de setup por cambio de molde (min/cambio)	Tiempo total de setup / N.° de cambios de molde	95 min/cambio	68 min/cambio	Semanal
I5	Horas equivalentes perdidas por materia prima (h/sem)	Horas perdidas por merma del periodo / Semanas evaluadas	3.92 h/sem	3.47 h/sem	Semanal

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

En relación con la reducción de pérdidas operativas, el SMED permitirá disminuir las horas equivalentes perdidas por merma de materia prima durante el proceso productivo. Se proyecta una reducción de 3.92 h/semana a 3.47 h /semana, lo que evidencia una mejora en la eficiencia del uso de los recursos materiales. Este resultado se encuentra asociado a la optimización de los tiempos de cambio y preparación de máquina, lo cual reduce la generación de reprocesos, desperdicios y defectos en las etapas iniciales de producción.

4.2 Evaluación del impacto económico

Con el fin de evaluar la viabilidad económica de la propuesta, se realizó un análisis basado en los beneficios proyectados de la implementación de SMED, PMP y MRP, considerando tanto el flujo de caja económico como financiero para identificar su impacto en el desempeño operativo y financiero de la empresa. En relación con los supuestos considerados, se estableció un horizonte de evaluación de seis semestres (3 años), partiendo de una inversión inicial de S/ 38,500. Se asumió que dicho monto será financiado en su totalidad mediante un préstamo con esquema de amortización semestral y una tasa efectiva anual de 12.23%. Asimismo, se incorporó un impuesto a la renta del 29.50% y se estimó la depreciación de los activos bajo el método lineal, considerando un valor semestral de S/ 1133.33 y una vida útil de 6 semestres.

Por otro lado, para la actualización de los flujos se determinó el COK en términos semestrales, tomando como referencia los parámetros presentados en la Tabla 19. Como resultado, se obtuvo un COK anual de 17.05%, equivalente a un COK semestral de 8.19%, el cual fue utilizado como tasa de descuento en la evaluación financiera del proyecto.

Tabla 19

Costo de oportunidad de capital (COK)

Indicador	Valor	Fuente	Fuente
Tasa libre de riesgo (Rf)	4.46%	Datos Macro	Anexo 1
Tasa de mercado (Rm)	15.75%	Damodaran	Anexo 2
Factor de riesgo (Beta)	1.02	Damodaran	Anexo 3
Prima riesgo país (PRP)	1.07%	BCRP	Anexo 4
COK anual	**17.05%**	**-**	**-**
COK semestral	**8.19%**	**-**	**-**

Nota. Elaboración propia a partir de los anexos 1-4

A continuación, en la Tabla 20 se muestra que el flujo de caja económico (FCE) muestra una evolución positiva, pasando de S/ 12,601 en el semestre 1 a S/ 18,946 en el semestre 6, evidenciando una mejora progresiva en los beneficios operativos. Por su parte, el flujo de caja financiero (FCF) también presenta un crecimiento sostenido, incrementándose de S/ 4,576 a S/ 12,260 en el mismo periodo, lo que confirma la capacidad del proyecto para generar liquidez y su viabilidad financiera.

Tabla 20

Flujo de caja del proyecto

Concepto	Sem 0	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
Ahorro por mejora de setup	-	S/ 11,800	S/ 12,750	S/ 13,900	S/ 15,100	S/ 16,400	S/ 17,500
Ahorro por reducción de incumplimientos	-	S/ 10,900	S/ 11,700	S/ 12,600	S/ 13,600	S/ 14,800	S/ 16,000
Costos operativos adicionales	-	-S/ 5,300	-S/ 5,600	-S/ 5,950	-S/ 6,300	-S/ 6,700	-S/ 7,100
Depreciación	-	-S/ 1,133	-S/ 1,133	-S/ 1,133	-S/ 1,133	-S/ 1,133	-S/ 1,133
Utilidad antes de impuestos	-	**S/ 16,267**	**S/ 17,717**	**S/ 19,417**	**S/ 21,267**	**S/ 23,367**	**S/ 25,267**
Impuesto a la renta (29.5%)	-	-S/ 4,799	-S/ 5,227	-S/ 5,728	-S/ 6,274	-S/ 6,893	-S/ 7,454
Depreciación (recuperación)	-	S/ 1,133	S/ 1,133	S/ 1,133	S/ 1,133	S/ 1,133	S/ 1,133
Flujo de Caja Económico (FCE)	**-**	**S/ 12,601**	**S/ 13,623**	**S/ 14,822**	**S/ 16,126**	**S/ 17,607**	**S/ 18,946**
Inversión inicial	-S/ 38,500						
Préstamo	S/ 38,500	-	-	-	-	-	-
Amortización	-	-S/ 6,417	-S/ 6,417	-S/ 6,417	-S/ 6,417	-S/ 6,417	-S/ 6,417
Interés	-	-S/ 2,281	-S/ 1,902	-S/ 1,521	-S/ 1,142	-S/ 761	-S/ 381
Beneficio tributario	-	S/ 673	S/ 561	S/ 449	S/ 337	S/ 224	S/ 112
Flujo de Caja Financiero (FCF)	**S/ 0**	**S/ 4,576**	**S/ 5,865**	**S/ 7,333**	**S/ 8,904**	**S/ 10,653**	**S/ 12,260**

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El análisis del FCE y FCF muestra que el modelo genera retornos positivos desde el inicio, facilitando la recuperación de la inversión y evidenciando su rentabilidad mediante indicadores financieros (ver Tabla 21).

Tabla 21

Resultados económicos

Indicador	Valor
VAN	S/ 31,942
TIR semestral	24.9%
Relación Beneficio/Costo	1.89
Periodo de recuperación	2.83
COK semestral	8.19%

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa.

El análisis financiero evidencia la viabilidad del proyecto, con un VAN de S/ 31,942 calculado considerando el COK semestral de 8.19%, lo que confirma la generación de valor. Asimismo, la TIR de 24.9% supera dicho costo de capital, junto con una relación beneficio/costo de 1.89 y un periodo de recuperación de 2.83 semestres, evidenciando que la inversión es rentable y recuperable dentro del horizonte evaluado.

4.3 Evaluación de impactos no económicos

La implementación de las herramientas PMP, MRP y SMED en el sistema productivo no solo genera beneficios económicos, sino también diversos impactos no económicos que contribuyen al desarrollo integral de la organización y fortalecen su competitividad.

Impacto organizacional: La propuesta permite mejorar significativamente la organización de la producción, estableciendo una mayor claridad en la planificación, programación y control de las operaciones. La implementación del PMP y MRP favorece la coordinación entre áreas como producción, almacén y logística, reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones y mejorando la comunicación interna. Asimismo, la estandarización de procesos mediante SMED contribuye a una operación más ordenada y controlada.

Impacto en la gestión operativa: La reducción de tiempos de cambio de molde y la mejora en la disponibilidad de materiales permiten una operación más estable y predecible. Esto disminuye las reprogramaciones, interrupciones productivas y quiebres de stock, generando mayor confiabilidad en el cumplimiento del programa de producción.

Impacto en el personal: La implementación de las mejoras implica la capacitación del personal en técnicas de planificación, control y reducción de tiempos, lo que contribuye al desarrollo de competencias técnicas. Asimismo, la estandarización de actividades reduce la incertidumbre en las tareas diarias, facilitando la ejecución del trabajo y disminuyendo la carga operativa derivada de reprocesos o correcciones constantes. Esto impacta positivamente en el desempeño del personal y en la calidad del trabajo realizado.

Impacto en la calidad del proceso: La aplicación de herramientas de planificación y control permite mejorar la consistencia del proceso productivo, reduciendo errores asociados a cambios frecuentes de programación y falta de materiales. Esto se traduce en una mayor estabilidad en la producción y en una disminución de defectos relacionados con condiciones operativas inadecuadas.

Impacto en la sostenibilidad operativa: La optimización del uso de recursos productivos, como maquinaria y materiales, contribuye a reducir desperdicios generados por paradas innecesarias, reprocesos y mala planificación. Asimismo, la disminución de tiempos improductivos permite un uso más eficiente de la energía asociada a la operación de equipos, promoviendo prácticas más sostenibles dentro del proceso productivo.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

- La propuesta integró pronóstico semanal, Plan Maestro de Producción (PMP), MRP de preformas y secuenciación por líneas, lo que permitió ordenar el proceso sin incrementar la capacidad instalada. En ese sentido, el principal valor añadido del trabajo consiste en mejorar el uso de la capacidad existente y convertir una operación reactiva en un sistema planificado.
- Durante la implementación inicial del PCO, el cumplimiento de entrega aumentó de 70.00% a 79.05%, mientras que las horas perdidas por sobrecarga del programa disminuyeron de 30.41 h/sem a 18.00 h/sem y las pérdidas por rotura de stock de preformas se redujeron de 29.39 h/sem a 14.51 h/sem.
- Un aporte clave fue la incorporación de un stock de seguridad y la liberación planificada órdenes de compra. De esta forma, permitió sostener de un esquema make to order a un esquema make to stock selectivo para los SKU de mayor rotación.
- La secuenciación propuesta disminuye la improvisación en planta, reduciendo los cambios no planificados de 6.71 cambios por semana a un máximo de 1 cambio semanal en la línea flexible. Esto genera mayor estabilidad en la operación.
- La implementación parcial de la metodología SMED permitió reducir el tiempo de setup de 95 a 68 minutos (–28%), lo que generó una mejora en la eficiencia operativa y continuidad del proceso productivo. Esta reducción de tiempos improductivos se traduce directamente en ahorros económicos reflejados en el flujo de caja, específicamente en el componente de ahorro por mejora de setup, el cual crece progresivamente desde S/ 11,800 hasta S/ 17,500 por semestre.
- Las mejoras con SMED, PMP y MRP redujeron pérdidas operativas, generando un flujo de caja positivo y creciente desde el inicio (de S/ 12,601 a S/ 18,946), lo que evidencia la generación de valor y la viabilidad financiera del proyecto a corto plazo.
- La reducción de tiempos de setup y la mejora en la eficiencia operativa contribuyeron a que el proyecto recupere la inversión en 2.83 semestres, respaldado por indicadores como VAN positivo (S/ 31,942) y TIR del 24.9%. Esto demuestra que la aplicación del SMED no solo mejora la productividad, sino que también acelera la recuperación de la inversión mediante flujos económicos sostenibles.

Recomendaciones:

- Formalizar un registro semanal de stock de preformas, consumo real y merma por costal, a fin de afinar el MRP y mejorar la precisión de las órdenes de compra
- Mantener una política de stock de seguridad para los SKU prioritarios y revisar periódicamente sus valores según el comportamiento real de la demanda y del abastecimiento.
- Se sugiere implementar un sistema de control y monitoreo en tiempo real de los tiempos de preparación y cambios de molde, mediante herramientas visuales o registros digitales. Esto permitirá identificar desviaciones operativas de manera inmediata, facilitando la toma de decisiones correctivas y el seguimiento continuo del desempeño del proceso productivo.
- Integrar de manera más estricta la secuenciación productiva con la aplicación del SMED, asegurando el cumplimiento de bloques de producción y minimizando cambios innecesarios de molde. Esto permitirá reducir la presión operativa y maximizar el impacto de la metodología en la reducción de tiempos improductivos.
- Se recomienda profundizar la estandarización de las actividades internas del proceso, ya que una de las principales brechas identificadas se encuentra en la variabilidad de ejecución por parte de los operadores. La implementación de procedimientos definidos, checklists operativos y tiempos estándar permitiría reducir dicha variabilidad y acercar los resultados obtenidos al nivel óptimo proyectado en la metodología SMED.
- Fortalecer la capacitación continua del personal en técnicas de SMED y buenas prácticas operativas, ya que el desempeño del sistema depende en gran medida del nivel de ejecución del operario. La formación constante permitirá mejorar la consistencia en los tiempos de preparación y reducir la variabilidad en las operaciones.

Bibliografía

Celi Chavez, D. A., & Mendiola Zapata, N. X. (2024). Mejora en la gestión de abastecimiento, planeamiento y control de la producción a través de las herramientas MRP y MPS en una MYPE dark kitchen. Universidad de Lima. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/6875

Fatima, S. S. W., & Rahimi, A. (2024). A review of time-series forecasting algorithms for industrial manufacturing systems. Machines, 12(6), 380. https://doi.org/10.3390/machines12060380

Houssini, I., Ben-El-Mechaiekh, H., & Louati, A. (2025). Global plastic supply chains under pressure: Production growth, logistical disruptions and geopolitical risks. Communications Earth & Environment, 6, Article 169. https://doi.org/10.1038/s43247-025-02169-5

Khakpour, R., Ebrahimi, A., & Seyed-Hosseini, S. M. (2024). SMED 4.0: A development of single minute exchange of die in the era of Industry 4.0 technologies to improve sustainability. Journal of Manufacturing Technology Management, 35(3), 568–589. https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2023-0333

Kumar, A., & Singh, R. (2023). Optimization of production scheduling. Journal of Manufacturing Systems. https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-manufacturing-systems

Kumar, S., & Kumar, R. (2022). Implementation of SMED in manufacturing industries. International Journal of Productivity and Performance Management. https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1741-0401

Malindzakova, M., Garaj, P., Trpčevská, J., & Malindzak, D. (2022). Setting MRP parameters and optimizing the production planning process. Processes, 10(4), 690. https://doi.org/10.3390/pr10040690

Market Data Forecast. (2026). PET preforms market: Global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast (2025–2034). https://www.marketdataforecast.com/market-reports/pet-preforms-market

Mathew, V. (2025). Strategic capacity planning and cost optimization: A framework for sustainable growth. International Journal of Science and Research, 14(4), 1215–1216. https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=SR25416010514

Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE). (2025). Análisis sectorial: Desempeño e importancia de la industria de plásticos 2019–2024. https://www.producempresarial.pe/wp-content/uploads/2025/02/250-PPT_Industria-Plasticos_2019_2024_25.02.25.pdf

Mordor Intelligence. (2026). South America polyethylene terephthalate (PET) market: Industry trends, size & forecast (2025–2031). https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-polyethylene-teraphtalate-pet-market

Patel, R., & Mehta, P. (2022). Implementation of MRP in manufacturing. Materials Today: Proceedings. https://www.sciencedirect.com/journal/materials-today-proceedings

Sharma, S., & Siddharth, K. (2022). Production planning improvement using master scheduling. International Journal of Production Research. https://www.tandfonline.com/toc/tprs20/current

SourceDay. (2025, March 31). On-time delivery (OTD): Definition, formula & benchmarks. https://sourceday.com/blog/on-time-delivery-metrics

Apéndices

Apéndice A

Entrega de pedidos del primer trimestre

ENERO

FECHA	NP	CLIENTE	DESCRIPCION	MILL	PRECIO	SUB TOTAL	FCL	FECHA ENTREG	CUMPLIMIEN	ABONO	TOTAL	TIPO DE PAGO	ESTADO	OBSERVACION
2/01/2026	000-177	TORRES	BOTELLA DE 300 ML	12	S/ 125.00	S/ 1,500.00	2/01/2026	4/01/2026	1		S/ 1,500.00		PAGO	
2/01/2026	000-177	TORRES	BOTELLA DE 330 ML	10	S/ 125.00	S/ 1,250.00	2/01/2026	4/01/2026	1		S/ 1,250.00		PAGO	
2/01/2026	000-177	TORRES	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	10	S/ 150.00	S/ 1,500.00	2/01/2026	4/01/2026	1		S/ 1,500.00		PAGO	
28/01/2026	000-074	JHON VALLE	BOTELLA DE 330 ML	4	S/ 125.00	S/ 500.00	28/01/2026	29/01/2026	1		S/ 500.00		PAGO	
28/01/2026	000-074	JHON VALLE	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	6	S/ 155.00	S/ 930.00	28/01/2026	29/01/2026	1		S/ 930.00		PAGO	
28/01/2026	000-076	YEISON VALLE	BOTELLA DE 1 LT ESTRIADO	1	S/ 255.00	S/ 255.00	28/01/2026	28/01/2026	0		S/ 255.00		PAGO	
28/01/2026	000-077	JORGE RAMIRES	BOTELLA DE 300 ML	3.3	S/ 130.00	S/ 429.00	28/01/2026	31/01/2026	1		S/ 429.00		PAGO	
28/01/2026	000-078	MARY T BLANCA	BOTELLA DE 400 ML	2	S/ 155.00	S/ 310.00	28/01/2026	28/01/2026	0		S/ 310.00		PAGO	
28/01/2026	000-079	MARLENE	BOTELLA DE 500 ML MARLENE	3.1	S/ 190.00	S/ 589.00	28/01/2026	31/01/2026	1		S/ 589.00		PAGO	
28/01/2026	000-079	MARLENE	BOTELLA DE 1.5 CHICHA DE JORA	6.6	S/ 410.00	S/ 2,706.00	28/01/2026	28/01/2026	0		S/ 2,706.00		PAGO	
28/01/2026	000-080	EVELYN	BOTELLA DE 300 ML	6	S/ 125.00	S/ 750.00	28/01/2026	31/01/2026	1		S/ 750.00		PAGO	
28/01/2026	000-080	EVELYN	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	2	S/ 155.00	S/ 310.00	28/01/2026	31/01/2026	1		S/ 310.00		PAGO	
28/01/2026	000-080	EVELYN	BOTELLA DE 1 LT LISO	0.9	S/ 255.00	S/ 229.50	28/01/2026	28/01/2026	0		S/ 229.50		PAGO	
29/01/2026	000-081	MARLENE	BOTELLA DE 1.5 CHICHA DE JORA	3.288	S/ 410.00	S/ 1,348.08	29/01/2026	29/01/2026	0		S/ 1,348.08		PAGO	
29/01/2026	000-082	FRANK	ENVASES PRIMAVERA DE 900 ML PC C/N TAPA	14.16	S/ 350.00	S/ 4,956.00	29/01/2026	29/01/2026	0		S/ 4,956.00		PAGO	
29/01/2026	000-083	ASAPLAST	GALONERA DE 3.5 LT	2	S/ 1,150.00	S/ 2,300.00	29/01/2026	29/01/2026	0		S/ 2,300.00		PAGO	
30/01/2026	000-084	JOSELYN	BOTELLA DE 300 ML	18.2	S/ 128.00	S/ 2,329.60	30/01/2026	31/01/2026	1		S/ 2,329.60		PAGO	
30/01/2026	000-084	JOSELYN	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	16.9	S/ 155.00	S/ 2,619.50	30/01/2026	31/01/2026	1		S/ 2,619.50		PAGO	
30/01/2026	000-085	LINDA 3R	BOTELLA DE 330 ML	20	S/ 125.00	S/ 2,500.00	30/01/2026	2/02/2026	1		S/ 2,500.00		PAGO	
30/01/2026	000-086	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	5	S/ 155.00	S/ 775.00	30/01/2026	2/02/2026	1		S/ 775.00		PAGO	
31/01/2026	000-087	SANTANA	BOTELLA DE 300 ML	28	S/ 125.00	S/ 3,500.00	31/01/2026	2/02/2026	1		S/ 3,500.00		PAGO	
31/01/2026	000-087	SANTANA	BOTELLA DE 330 ML	23.6	S/ 125.00	S/ 2,950.00	31/01/2026	2/02/2026	1		S/ 2,950.00		PAGO	
31/01/2026	000-088	PRINCIPE	BOTELLA DE 300 ML	1	S/ 130.00	S/ 130.00	31/01/2026	2/02/2026	1		S/ 130.00		PAGO	
31/01/2026	S/G	VECINA	BOTELLA DE 300 ML	0.2	S/ 160.00	S/ 32.00	31/01/2026	2/02/2026	1		S/ 32.00		PAGO	
						S/ -					S/ -			
						S/ -					S/ -			
						S/ -					S/ -			
						S/ -					S/ -			
TOTAL						S/ 34,698.68			69.50%	S/ -	S/ 34,698.68			

1651674

FEBRERO

NP	CLIENTE	DESCRIPCION	MILL	PRECIO	SUB TOTAL	FCL	FECHA ENTREGA	CUMPLIMIEN	ABONO	SALDO	TIPO DE PAGO	ESTADO	OBSERVACION
000-089	SAMUEL PALOMINO	BOTELLA DE 300 ML	36.4	S/ 120.00	S/ 4,368.00	2/02/2026	4/02/2026	1		S/ 4,368.00		PAGO	
000-182	SAMUEL PALOMINO	BOTELLA DE 300 ML	25	S/ 120.00	S/ 3,000.00	26/02/2026	29/02/2026	1		S/ 3,000.00		PAGO	
000-182	SAMUEL PALOMINO	BOTELLA DE 330 ML	23.3	S/ 120.00	S/ 2,796.00	26/02/2026	29/02/2026	1		S/ 2,796.00		PAGO	
000-183	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	3	S/ 155.00	S/ 465.00	26/02/2026	29/02/2026	1		S/ 465.00		PAGO	
000-183	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 1 LT LISO	1	S/ 255.00	S/ 255.00	26/02/2026	26/02/2026	0		S/ 255.00		PAGO	
000-184	JHON VALLE	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	3	S/ 155.00	S/ 465.00	26/02/2026	29/02/2026	1		S/ 465.00		PAGO	
000-184	JHON VALLE	BOTELLA DE 1 LT LISO	3.5	S/ 255.00	S/ 892.50	26/02/2026	27/02/2026	1		S/ 892.50		PAGO	
000-185	TORRES	BOTELLA DE 300 ML	9.8	S/ 125.00	S/ 1,225.00	27/02/2026	29/02/2026	1		S/ 1,225.00		PAGO	
000-185	TORRES	BOTELLA DE 330 ML	10	S/ 125.00	S/ 1,250.00	27/02/2026	29/02/2026	1		S/ 1,250.00		PAGO	
000-186	MARY T BLANCA	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	20.8	S/ 150.00	S/ 3,120.00	27/02/2026	29/02/2026	1		S/ 3,120.00		PAGO	
000-186	MARY T BLANCA	BOTELLA DE 1 LT LISO	5.05	S/ 250.00	S/ 1,262.50	27/02/2026	27/02/2026	0		S/ 1,262.50		PAGO	
000-188	IVAN VALLE	BOTELLA DE 400 ML	4	S/ 155.00	S/ 620.00	27/02/2026	27/02/2026	0		S/ 620.00		PAGO	
000-188	IVAN VALLE	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	5.1	S/ 155.00	S/ 790.50	27/02/2026	29/02/2026	1		S/ 790.50		PAGO	
000-188	IVAN VALLE	BOTELLA DE 1 LT LISO	2.5	S/ 255.00	S/ 637.50	27/02/2026	27/02/2026	0		S/ 637.50		PAGO	
000-189	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 300 ML	7	S/ 125.00	S/ 875.00	27/02/2026	29/02/2026	1		S/ 875.00		PAGO	
000-189	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 330 ML	3	S/ 125.00	S/ 375.00	27/02/2026	1/03/2026	1		S/ 375.00		PAGO	
000-189	ELIO UNICACHI	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	2	S/ 155.00	S/ 310.00	27/02/2026	1/03/2026	1		S/ 310.00		PAGO	
000-190	PERCY COLLIQUE	BOTELLA DE 400 ML	13	S/ 150.00	S/ 1,950.00	27/02/2026	27/02/2026	0		S/ 1,950.00		PAGO	
000-190	PERCY COLLIQUE	BOTELLA DE 1 LT LISO	9	S/ 250.00	S/ 2,250.00	27/02/2026	27/02/2026	0		S/ 2,250.00		PAGO	
000-191	TITO	BOTELLA DE 330 ML	0.2	S/ 125.00	S/ 25.00	28/02/2026	1/03/2026	1		S/ 25.00		PAGO	
000-191	TITO	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	0.5	S/ 155.00	S/ 77.50	28/02/2026	1/03/2026	1		S/ 77.50		PAGO	
000-192	CLETO	BOTELLA DE 330 ML	5.6	S/ 120.00	S/ 672.00	28/02/2026	1/03/2026	1		S/ 672.00		PAGO	
000-192	CLETO	BOTELLA DE 400 ML	6	S/ 140.00	S/ 840.00	28/02/2026	27/02/2026	0		S/ 840.00		PAGO	
000-192	CLETO	BOTELLA DE 500 ML SIRENA	11.7	S/ 150.00	S/ 1,755.00	28/02/2026	1/03/2026	1		S/ 1,755.00		PAGO	
000-192	CLETO	BOTELLA DE 1 LT LISO	5.3	S/ 240.00	S/ 1,272.00	28/02/2026	27/02/2026	0		S/ 1,272.00		PAGO	
TOTAL					S/ 31,548.50			69.96%	S/ -	S/ 31,548.50			

MARZO

NP	CLIENTE	DESCRIPCION	MILL	PRECIO	SUB TOTAL	FCL	FECHA ENTREG	IMPLIMI	ABONO	SALDO	TIPO DE PAGO	ESTADO	OBSERVACION
S/G	CHARO	BOTELLA DE 300 ML	0.1	S/ 150.00	S/ 15.00	2/03/2026	5/03/2026	1		S/ 15.00		PAGO	
000-196	SANTANA	BOTELLA DE 300 ML	10.2	S/ 125.00	S/ 1,275.00	3/03/2026	5/03/2026	1		S/ 1,275.00		PAGO	
000-266	CLETO	BOTELLA DE 300 ML	13.6	S/ 155.00	S/ 2,108.00	24/03/2026	25/03/2026	1		S/ 2,108.00		PAGO	
000-268	PRINCIPE	BOTELLA DE 300 ML	11	S/ 153.00	S/ 1,683.00	24/03/2026	26/03/2026	1		S/ 1,683.00		PAGO	
000-269	PERCY	BOTELLA DE 300 ML	14.1	S/ 150.00	S/ 2,115.00	25/03/2026	26/03/2026	1		S/ 2,115.00		PAGO	
000-273	SANTANA	BOTELLA DE 300 ML	2.5	S/ 156.00	S/ 390.00	26/03/2026	27/03/2026	1		S/ 390.00		PAGO	
000-275	CARLOS CUMBRE	BOTELLA DE 300 ML	10	S/ 153.00	S/ 1,530.00	26/03/2026	27/03/2026	1		S/ 1,530.00		PAGO	
000-276	SAMUEL PALOMINO	BOTELLA DE 300 ML	7	S/ 150.00	S/ 1,050.00	27/03/2026	28/03/2026	1		S/ 1,050.00		PAGO	
000-277	PERCY COLLIQUE	BOTELLA DE 300 ML	31.2	S/ 150.00	S/ 4,680.00	28/03/2026	30/03/2026	1		S/ 4,680.00		PAGO	
000-278	BELLA LIZ VALLE	BOTELLA DE 300 ML	2	S/ 155.00	S/ 310.00	27/03/2026	28/03/2026	1		S/ 310.00		PAGO	
000-279	YEISON VALLE	BOTELLA DE 300 ML	2	S/ 155.00	S/ 310.00	27/03/2026	28/03/2026	1		S/ 310.00		PAGO	
000-280	IVAN VALLE	BOTELLA DE 300 ML	7	S/ 150.00	S/ 1,050.00	27/03/2026	28/03/2026	1		S/ 1,050.00		DEBE	
000-281	MARY T.BLANCA	BOTELLA DE 300 ML	7.2	S/ 153.00	S/ 1,101.60	27/03/2026	28/03/2026	1		S/ 1,101.60		PAGO	
000-282	JOSELYN GAMARRA	BOTELLA DE 300 ML	10	S/ 150.00	S/ 1,500.00	28/03/2026	30/03/2026	1		S/ 1,500.00		PAGO	
000-283	OCTAVIO	BOTELLA DE 300 ML	3	S/ 153.00	S/ 459.00	30/03/2026	31/03/2026	1		S/ 459.00		PAGO	
000-284	MARCO PALOMINO	BOTELLA DE 300 ML	22	S/ 150.00	S/ 3,300.00	30/03/2026	31/03/2026	1		S/ 3,300.00		PAGO	
000-286	EVELYN	BOTELLA DE 300 ML	9	S/ 152.00	S/ 1,368.00	30/03/2026	31/03/2026	1		S/ 1,368.00		PAGO	
000-289	SANTANA	BOTELLA DE 300 ML	3	S/ 156.00	S/ 468.00	31/03/2026	1/04/2026	1		S/ 468.00		PAGO	
TOTAL					S/ 24,712.60			69.70%	S/ -	S/ 24,712.60			

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa https://grupokaufmann-my.sharepoint.com/personal/renato_jimenez_andesmotor_com_pe/Documents/Escritorio/ANEXO%201%20-%20PRODUCCIÓN%20MARZO%202026.xlsx

Apéndice B

Causa 1. Alto tiempo perdido por reprogramación y sobrecarga del programa productivo

Semana	Días requeridos históricos	Días disponibles	Sobrecarga (días)	Horas perdidas por sobrecarga
1	2,708	6	0	0
2	7,772	6	1,772	21,264
3	8,861	6	2,861	34,332
4	7,804	6	1,804	21,648
5	7,462	6	1,462	17,544
6	9,597	6	3,597	43,164
7	9,315	6	3,315	39,78
8	9,183	6	3,183	38,196
9	10,778	6	4,778	57,336
10	11,12	6	5,12	61,44
11	8,5	6	2,5	30
12	5,848	6	0	0
13	11,088	6	5,088	61,056
14	1,661	6	0	0
TOTAL			35,48	425,76

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice C

Causa 2: Alto tiempo perdido por rotura de stock

Semana	Déficit 300 (und)	Déficit 330 (und)	Déficit 500 (und)	Horas perdidas 300	Horas perdidas 330	Horas perdidas 500	Horas perdidas totales
1	25348,00	26791,00	38125,00	8,61	9,10	23,39	41,09
2	139723,00	118188,00	2577,00	47,44	40,13	1,58	89,16
3	0,00	18341,00	49871,00	0,00	6,23	30,60	36,82
4	28130,00	0,00	206,00	9,55	0,00	0,13	9,68
5	0,00	56569,00	0,00	0,00	19,21	0,00	19,21
6	110974,00	0,00	30191,00	37,68	0,00	18,52	56,20
7	0,00	55023,00	0,00	0,00	18,68	0,00	18,68
8	13911,00	0,00	516,00	4,72	0,00	0,32	5,04
9	15353,00	0,00	36579,00	5,21	0,00	22,44	27,65
10	0,00	32148,00	0,00	0,00	10,92	0,00	10,92
11	23287,00	0,00	0,00	7,91	0,00	0,00	7,91
12	0,00	21227,00	0,00	0,00	7,21	0,00	7,21
13	86090,00	0,00	85730,00	29,23	0,00	52,60	81,83
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL							411,40

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice D

Causa 3: Alto tiempo improductivo por cambios de molde y setup

Semana	Cambios teóricos de molde	Tiempo As-Is por cambio (min)	Horas improductivas de setup
1	4,00	95,00	6,33
2	5,00	95,00	7,92
3	7,00	95,00	11,08
4	6,00	95,00	9,50
5	8,00	95,00	12,67
6	9,00	95,00	14,25
7	8,00	95,00	12,67
8	5,00	95,00	7,92
9	7,00	95,00	11,08
10	6,00	95,00	9,50
11	7,00	95,00	11,08
12	8,00	95,00	12,67
13	6,00	95,00	9,50
14	8,00	95,00	12,67
TOTAL			148,83

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice E

Causa 4: Alto tiempo perdido por materia prima

Semana	Unid 300	Unid 330	Unid 500	Merma total Top3 (und)	% mix 300	% mix 330	% mix 500	Horas eq. 300	Horas eq. 330	Horas eq. 500	Horas perdidas totales
1	24600,00	26000,00	37000,00	2867,6	0,28	0,30	0,42	0,27	0,29	0,74	1,31
2	160200,00	140700,00	39500,00	10706,7	0,47	0,41	0,12	1,71	1,50	0,76	3,98
3	78000,00	158500,00	87900,00	9934,9	0,24	0,49	0,27	0,81	1,65	1,65	4,11
4	105300,00	85100,00	88100,00	9089,9	0,38	0,31	0,32	1,17	0,94	1,76	3,87
5	64900,00	140000,00	71300,00	8403,2	0,23	0,51	0,26	0,67	1,45	1,33	3,45
6	172600,00	84100,00	100600,00	11937,7	0,48	0,24	0,28	1,96	0,95	2,06	4,97
7	100600,00	137500,00	98500,00	10605,1	0,30	0,41	0,29	1,08	1,47	1,90	4,45
8	114100,00	118600,00	99000,00	10636,6	0,34	0,36	0,30	1,24	1,29	1,95	4,48
9	129000,00	104100,00	134500,00	12088,5	0,35	0,28	0,37	1,44	1,16	2,71	5,32
10	111400,00	135300,00	134500,00	12234,9	0,29	0,35	0,35	1,21	1,47	2,65	5,34
11	134000,00	91200,00	88900,00	10304,4	0,43	0,29	0,28	1,49	1,02	1,79	4,30
12	80550,00	111800,00	43000,00	7242,8	0,34	0,48	0,18	0,84	1,17	0,81	2,82
13	164100,00	106200,00	126200,00	13105,8	0,41	0,27	0,32	1,84	1,19	2,56	5,59
14	37000,00	27800,00	8400,00	2329,4	0,51	0,38	0,11	0,40	0,30	0,16	0,86
TOTAL											54,85

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice F

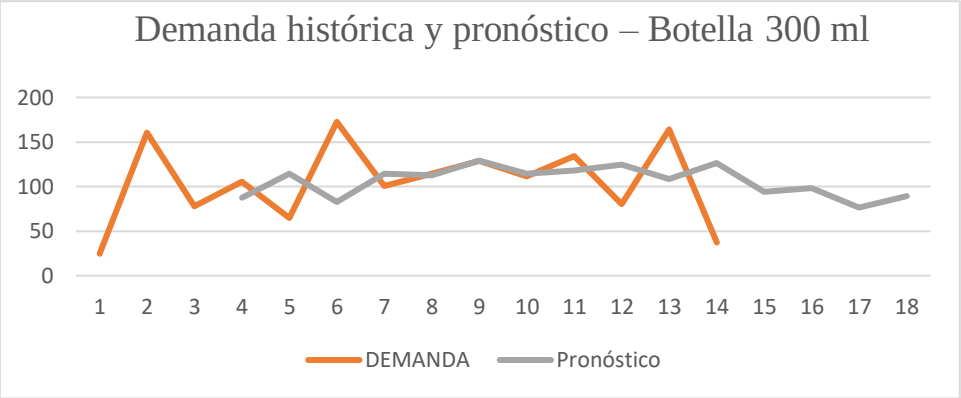
Data de la demanda histórica para pronosticar

Semana ISO	Botella 300 ml	Botella 330 ml	Botella 400 ml	Botella 500 ml Gordita	Botella 500 ml Sirena	Botella 1 LT Liso	Botella 1 LT Estriado	Botella 1.5 LT	Envase 900 ml	Galonera 3.8 LT	Otros	Total semanal
1	24.6	26	7.8	0	37	7.55	0	0	0	0	0	102.95
2	160.2	140.7	67.4	14.5	39.5	0	0	7	0	0	0	429.3
3	78	158.5	71.79	0	87.9	22.95	48	13.07	0	0	3	483.21
4	105.3	85.1	12.58	0	88.1	46	27.15	10	0	0	0	374.23
5	64.9	140	35.6	0	71.3	20	25.55	9.99	0	2	11.1	380.44
6	172.6	84.1	20.3	17.5	100.6	23.24	22.05	0	8.34	2.18	3.48	454.39
7	100.6	137.5	61.1	4.4	98.5	10	39.85	9.9	0	0	14.1	475.95
8	114.1	118.6	1.8	0	99	32.8	25.95	0	0	0	0	392.25
9	129	104.1	23	0	134.5	29.35	14.9	10.02	0	0	14.11	458.98
10	111.4	135.3	21.6	0	134.5	5.9	39.65	9.99	0	0	0	458.34
11	134	91.2	4.9	0	88.9	0	1.65	0	14.3	2.52	33.15	370.62
12	80.55	111.8	30.4	0	43	28	2.5	10.1	0	1	15.6	322.95
13	164.1	106.2	25.4	0	126.2	24.95	24.3	8.06	0	0	0	479.21
14	37	27.8	5.03	0	8.4	10	7.85	0	10.02	1.99	10	118.09
Total	**1476.35**	**1466.9**	**388.7**	36.4	1157.4	260.74	279.4	88.13	32.66	9.69	104.54	5300.91

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice G

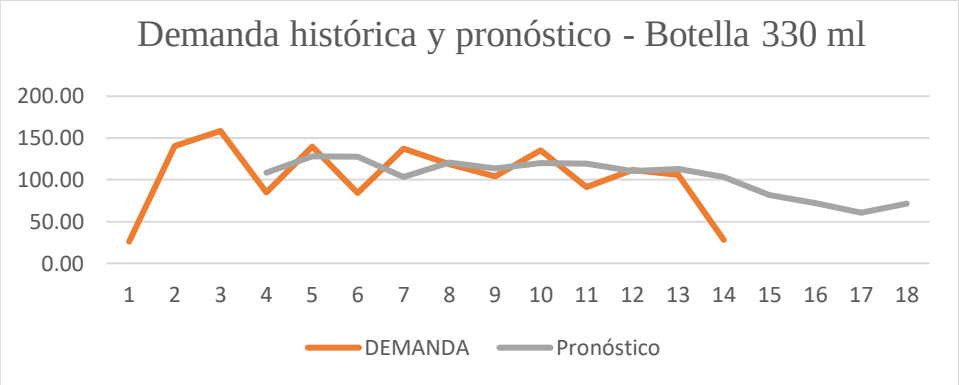
Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 300 ML



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice H

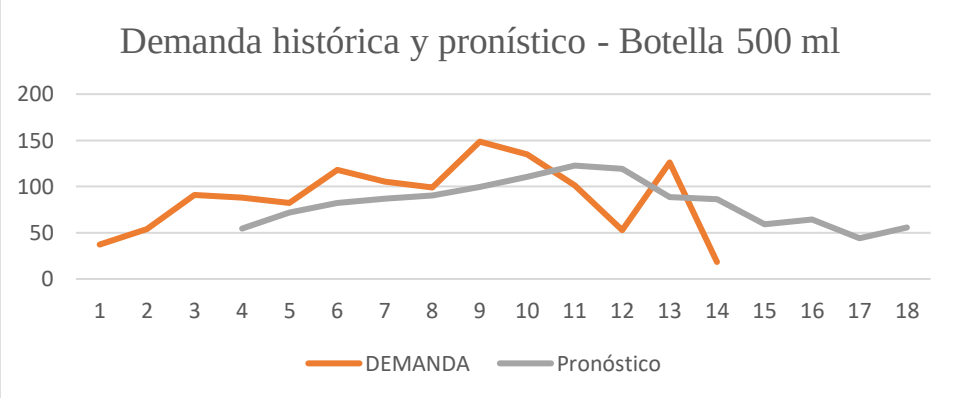
Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 330 ML



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice I

Análisis de tendencia y pronóstico móvil botella 500 ML



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice J

Capacidad de producción serial vs paralelo

Semana	Días seriales	Plazo paralelo ajustado	Disponibilidad semanal
15	8.21	3.2	6
16	8.4	3.35	6
17	6.32	2.6	6
18	7.64	3.05	6

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice K

MRP de los 3 SKU

Semana	SKU	Stock de seguridad (costales)	Inventario inicial proyectado (costales)	Requerimiento bruto ajustado por merma (costales)	Recepciones programadas (costales)	Requerimiento neto (costales)	Recepción planificada de orden (costales)	Liberación planificada de orden (costales)	Inventario final proyectado (costales)	Unidades nominales a comprar/emitir
15	300 ml	16	16	32	0	32	32	34	16	96,000
16	300 ml	16	16	34	0	34	34	26	16	102,000
17	300 ml	16	16	26	0	26	26	31	16	78,000
18	300 ml	16	16	31	0	31	31	0	16	93,000
15	330 ml	13	13	28	0	28	28	25	13	84,000
16	330 ml	13	13	25	0	25	25	21	13	75,000
17	330 ml	13	13	21	0	21	21	25	13	63,000
18	330 ml	13	13	25	0	25	25	0	13	75,000
15	500 ml sirena	12	12	25	0	25	25	27	12	62,500
16	500 ml sirena	12	12	27	0	27	27	19	12	67,500
17	500 ml sirena	12	12	19	0	19	19	23	12	47,500
18	500 ml sirena	12	12	23	0	23	23	0	12	57,500

Nota. *Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa*

Apéndice L

DAP de proceso actual de la empresa

Nº	Actor	Descripción de Actividades						T (min)
1	Operario	Verificación inicial del área y de la máquina, asegurando condiciones adecuadas de operación y disponibilidad de herramientas						5.00
2	Operario	Montaje y fijación del molde en la máquina de soplado, verificando alineación y ajuste mecánico						60.00
3	Operario	Acondicionamiento general del equipo mediante ajustes mecánicos y revisión de sistemas auxiliares						10.00
4	Operario	Configuración de parámetros operativos: temperatura, presión y tiempos de ciclo en panel de control						5.00
5	Máquina	Proceso de calentamiento hasta alcanzar temperatura óptima de trabajo						15.00
6	Operario	Traslado manual de sacos con preformas desde almacén hacia zona de producción						3.00
7	Operario	Ubicación de los sacos en área cercana a la máquina para facilitar alimentación						1.00
8	Operario	Vaciado manual del contenido del saco en la tolva de alimentación de la máquina						1.00
9	Operario	Inspección visual de preformas para detectar defectos antes del proceso de soplado						5.00
10	Máquina	Alimentación automática de preformas hacia el sistema de calentamiento						2.00
11	Máquina	Recalentamiento de preformas mediante horno infrarrojo para lograr plasticidad adecuada						3.00
12	Máquina	Posicionamiento automático de la preforma dentro del molde						1.00
13	Máquina	Estirado mecánico de la preforma mediante varilla interna						0.50
14	Máquina	Soplado con aire comprimido para dar forma final a la botella						0.50
15	Máquina	Enfriamiento del producto mediante sistema de refrigeración por agua						1.00
16	Máquina	Expulsión automática de la botella terminada fuera del molde						0.50
17	Operario	Supervisión del flujo de botellas a través de la banda transportadora						2.00
18	Operario	Inspección visual de botellas terminadas para detectar fallas o defectos						2.00
19	Operario	Clasificación de productos en conformes y no conformes según criterios de calidad						2.00
20	Operario	Acumulación de botellas conformes en contenedores para posterior empaquetado						4.00

21	Operario	Acopio inicial de botellas defectuosas en contenedor de descarte						3.00
22	Sistema	Detención temporal de producción por agotamiento de material en tolva						4.00
23	Operario	Traslado del operario hacia almacén para recojo de nuevo saco de preformas						2.00
24	Operario	Retorno del operario con saco hacia la máquina de soplado						2.00
25	Operario	Vaciado del nuevo saco en tolva para reanudar operación						2.00
26	Operario	Recolección de botellas defectuosas generadas durante el proceso						3.00
27	Operario	Ensacado manual de merma en bolsas o sacos designados						5.00
28	Operario	Transporte de sacos de merma hacia área específica de descarte						1.00
29	Operario	Almacenamiento temporal de merma en zona designada para disposición final						2.00
30	Operario	Empaquetado manual de botellas en unidades comerciales (cientos o millares)						5.00
31	Operario	Transporte de paquetes desde producción hacia almacén de producto terminado						1.00
32	Operario	Almacenamiento y apilado de producto terminado en zona asignada						5.00
33	Sistema	Espera del producto hasta completar lote requerido para despacho						5.00
34	Operario / Transporte	Carga en camión y traslado del producto terminado hacia el cliente final						30.00

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice M

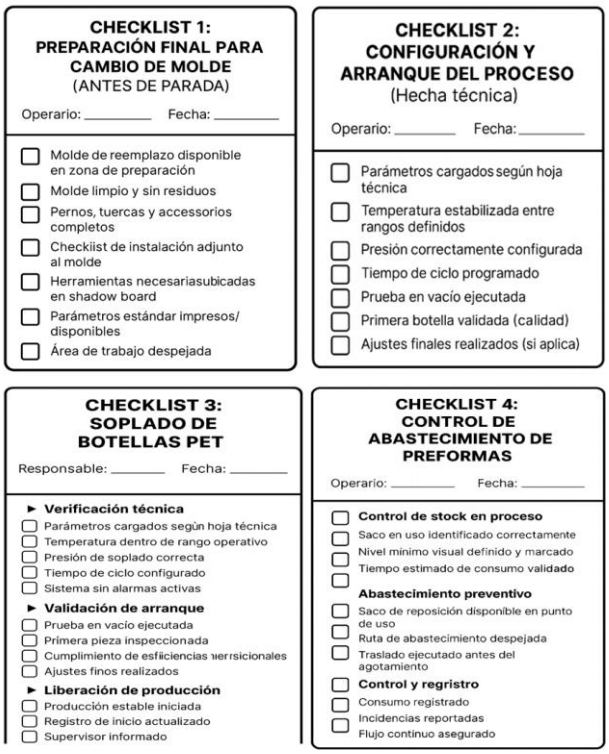
Guías y parámetros visuales



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice N

Checklist para preparación de la máquina



CHECKLIST 1: PREPARACIÓN FINAL PARA CAMBIO DE MOLDE (ANTES DE PARADA)

Operario: _____ Fecha: _____

- ☐ Molde de reemplazo disponible en zona de preparación
- ☐ Molde limpio y sin residuos
- ☐ Pernos, tuercas y accessorios completos
- ☐ Checkiist de instalación adjunto al molde
- ☐ Herramientas necesariasubicadas en shadow board
- ☐ Parámetros estándar impresos/ disponibles
- ☐ Área de trabajo despejada

CHECKLIST 2: CONFIGURACIÓN Y ARRANQUE DEL PROCESO (Hecha técnica)

Operario: _____ Fecha: _____

- ☐ Parámetros cargados según hoja técnica
- ☐ Temperatura estabilizada entre rangos definidos
- ☐ Presión correctamente configurada
- ☐ Tiempo de ciclo programado
- ☐ Prueba en vacío ejecutada
- ☐ Primera botella validada (calidad)
- ☐ Ajustes finales realizados (si aplica)

CHECKLIST 3: SOPLADO DE BOTELLAS PET

Responsable: _____ Fecha: _____

- ► **Verificación técnica**
- ☐ Parámetros cargados según hoja técnica
- ☐ Temperatura dentro de rango operativo
- ☐ Presión de soplado correcta
- ☐ Tiempo de ciclo configurado
- ☐ Sistema sin alarmas activas
- ► **Validación de arranque**
- ☐ Prueba en vacío ejecutada
- ☐ Primera pieza inspeccionada
- ☐ Cumplimiento de esficiencias ıerrsicionales
- ☐ Ajustes finos realizados
- ► **Liberación de producción**
- ☐ Producción estable iniciada
- ☐ Registro de inicio actualizado
- ☐ Supervisor informado

CHECKLIST 4: CONTROL DE ABASTECIMIENTO DE PREFORMAS

Operario: _____ Fecha: _____

- ☐ **Control de stock en proceso**
- ☐ Saco en uso identificado correctamente
- ☐ Nivel mínimo visual definido y marcado
- ☐ Tiempo estimado de consumo validado
- ☐
- **Abastecimiento preventivo**
- ☐ Saco de reposición disponible en punto de uso
- ☐ Ruta de abastecimiento despejada
- ☐ Traslado ejecutado antes del agotamiento
- ☐ **Control y registro**
- ☐ Consumo registrado
- ☐ Incidencias reportadas
- ☐ Flujo continuo asegurado

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice O

Evidencia fotográfica de implementación de mejoras



Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa https://grupokaufmann-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/renato_jimenez_andesmotor_com_pe/IgAvZ_tqyWW2TbcpyQLor0EnAQGWXkoLzWt8tZSESbi9Mxk?e=2Sl3Kf

Apéndice P

Cálculo del cumplimiento de entrega durante la implementación inicial del PCO

Semana ISO	Pedidos evaluados	Pedidos cumplidos	Pedidos no cumplidos	Cumplimiento (%)
15	70	55	15	78.57%
16	72	57	15	79.17%
17	68	54	14	79.41%
Total	210	166	44	79.05%

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice Q

Cálculo de horas perdidas por sobrecarga del programa durante la implementación inicial del PCO

Semana ISO	Horas perdidas As-Is promedio (h/sem)	Horas perdidas piloto registradas
15	30.41	20
16	30.41	18
17	30.41	16
Promedio	30.41	18

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice R

Cálculo de horas perdidas por rotura de stock de preformas durante la implementación inicial del PCO

Semana ISO	SKU	Déficit de preformas (und)	Tasa efectiva (und/h)	Horas perdidas	Total semanal
15	300 ml	12000	2945	4.07	
15	330 ml	10000	2945	3.4	
15	500 ml sirena	14223	1630	8.73	16.2
16	300 ml	8000	2945	2.72	
16	330 ml	12000	2945	4.07	
16	500 ml sirena	12000	1630	7.36	14.15
17	300 ml	6000	2945	2.04	
17	330 ml	10000	2945	3.4	
17	500 ml sirena	12600	1630	7.73	13.17
Total				43.52	
Promedio semanal				14.51 h/sem	14.51 h/sem

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Apéndice S

Órdenes de compra de preformas por SKU durante la implementación inicial del PCO

Semana	SKU	Stock mínimo operativo inicial (costales)	Requerimiento por pedidos reales (costales)	Orden de compra / recepción requerida (costales)	Merma estimada (und)	Unidades buenas disponibles	Stock mínimo operativo final
15	Botella 300 ml	16	32	32	1760	94240	16
15	Botella 330 ml	13	28	28	1540	82460	13
15	Botella 500 ml sirena	12	25	25	1375	61125	12
16	Botella 300 ml	16	34	34	1870	100130	16
16	Botella 330 ml	13	25	25	1375	73625	13
16	Botella 500 ml sirena	12	27	27	1485	66015	12
17	Botella 300 ml	16	26	26	1430	76570	16
17	Botella 330 ml	13	21	21	1155	61845	13
17	Botella 500 ml sirena	12	19	19	1045	46455	12
Total		41	237	237	13035	662465	41

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recopilados en la empresa

Anexos

Anexo 1

Tasa de riesgo mercado (Rm)



Nota. Información de https://es.tradingeconomics.com/peru/government-bond-yield

Anexo 2

Tasa de riesgo mercado (Rm)

Year	S&P 500 (includes dividends)	US Small cap (bottom decile)
2016	11.77%	17.02%
2017	21.61%	15.13%
2018	-4.23%	-16.21%
2019	31.21%	11.92%
2020	18.02%	34.16%
2021	28.47%	22.41%
2022	-18.04%	-22.90%
2023	26.06%	5.19%
2024	24.88%	8.70%
2025	17.72%	16.53%
Promedio	**15.75%**	**-**

Nota. Información de https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html#discrate

Anexo 3

Factor de riesgo (Beta)

Industry Name	Number of firms	Beta	D/E Ratio
Oil/Gas Distribution	23	0.67	58.53%
Oilfield Svcs/Equip.	97	0.95	37.36%
Packaging & Container	**19**	**1.02**	**55.11%**
Paper/Forest Products	6	0.96	43.69%
Power	46	0.48	74.15%
Precious Metals	56	0.84	7.28%

Nota. Información de https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Anexo 4

Prima de riesgo país (PRP)

Fecha	Tasas de interés: EMBIG Perú (pbs)	PRP
2-Jun-26	111	1.11
3-Jun-26	109	1.09
4-Jun-26	**107**	**1.07**
5-Jun-26	110	1.1

Nota. Información de https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04709XD/html