

Sistema Lean de Control Visual y Trazabilidad para el Proceso SBM en ALPLA Colombia

Alejandra Isaza Lozano

Jesús Alberto Leiva Peña

Jonathan Andrés García

Laura Esmeralda Vargas Mosquera

Katherine Melan López

Asesora:

Elizabeth Meneses Portilla

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial 2025

Resumen

El presente documento corresponde al desarrollo de la Fase 6 del Diplomado de Profundización en Gestión de la Innovación para el Diseño de Productos y Servicios, cuyo propósito es diseñar objetivos y resultados clave (OKR) aplicados al caso de innovación desarrollado en fases previas. En esta etapa, la metodología se aplica al proceso de soplado de botellas (SBM) en la empresa ALPLA Colombia S.A.S., identificado mediante un diagnóstico lean como un proceso con oportunidades de mejora en eficiencia operativa, control térmico y fortalecimiento de la cultura de estandarización. Los OKR propuestos buscan fortalecer la cultura lean, incrementar la eficiencia operativa a través del indicador de efectividad global del equipo (OEE), reducir desperdicios y consolidar prácticas sostenibles orientadas a la mejora continua.

Palabras clave: OKR, lean manufacturing, innovación, eficiencia, OEE, mejora continua.

Abstract

This essay develops Phase 6 of the Diploma in Innovation Management for Product and Service Design, whose purpose is to design objectives and key results (OKR) applied to the innovation case developed in previous phases. At this stage, the methodology is applied to the bottle blowing process (SBM) at ALPLA Colombia S. A. S., identified through a lean diagnosis as a process with opportunities for improvement in operational efficiency, thermal control, and the strengthening of the standardization culture. The proposed OKRs aim to strengthen lean culture, increase operational efficiency through the overall equipment effectiveness (OEE) indicator, reduce waste, and consolidate sustainable practices oriented toward continuous improvement.

Keywords: OKR, lean manufacturing, innovation, efficiency, OEE, continuous improvement.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Justificación.....	8
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
Marco Metodológico	10
Actividades relacionadas con la identificación de factores que generan desperdicios y variabilidad	10
Actividades orientadas al análisis del flujo del proceso mediante VSM.....	10
Actividades del impacto de las condiciones operativas y parámetros críticos	11
Actividades propuestas de mejora basadas en principios Lean	12
Resultados	14
Conclusiones	20
Recomendaciones	22
Referencias	24

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Resultados Financieros de la implementación de Válvula</i>	17
Tabla 2 <i>Resultados de reducción de scrap tras la mejora del proceso SBM</i>	17
Tabla 3 <i>Registro de OKR diseñados</i>	18

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Registro de KPI y desperdicios (OEE, Scrap, defectos)</i>	15
Figura 2 <i>Válvula Instalada con llave</i>	16

Introducción

En el contexto actual de constante transformación social, tecnológica y económica, resulta fundamental analizar los distintos factores que inciden en el desarrollo de nuestras comunidades y la competitividad de sus procesos productivos. La comprensión de estos elementos permite no solo interpretar los fenómenos industriales contemporáneos, sino también proponer soluciones efectivas que respondan a las necesidades emergentes de eficiencia, calidad y sostenibilidad. Este documento tiene como propósito presentar un análisis detallado sobre Aplicación del Lean Manufacturing y del Mapeo de Flujo de Valor (VSM) para la Optimización del Proceso de Soplado de botellas en Alpla Colombia S.A.S., considerando sus implicaciones y posibles proyecciones a futuro.

El enfoque adoptado en este trabajo se basa en una revisión teórica sistemática, complementada con un análisis de datos actuales y estudios de caso que permiten dar contexto a la realidad del problema abordado. Se mantiene una perspectiva crítica y reflexiva que permita no solo describir procesos, sino también evaluar y cuestionar las dinámicas observadas. Además, se destaca la importancia de integrar distintas disciplinas para enriquecer la perspectiva analítica.

A lo largo del documento, se desarrollarán los principales conceptos relacionados con Aplicación del Lean Manufacturing y del Mapeo de Flujo de Valor (VSM) para la Optimización del Proceso de Soplado de botellas en Alpla Colombia S.A.S., abordando su evolución, estado actual y relevancia en el contexto industrial.

Finalmente, se presentarán conclusiones orientadas a aportar al debate académico y profesional, contribuyendo a una mejor comprensión de los desafíos y oportunidades asociados a la implementación de estos enfoques en procesos productivos (Carreira, 2005, p. 279)

Justificación

La elección de este tema responde a la necesidad de profundizar en una problemática que actualmente tiene un impacto significativo en el desempeño operativo y la competitividad de los procesos industriales. La reducción del scrap en el proceso de soplado no solo representa un desafío a nivel técnico, sino que también tiene implicaciones directas en la eficiencia productiva, la sostenibilidad y la toma de decisiones organizacionales, lo que justifica su análisis desde un enfoque de performance measurement y performance management, basado en el uso de indicadores de desempeño para la mejora continua (Neely, 2007, p. 30)

Actualmente, existe una limitada cantidad de investigaciones locales que analicen este fenómeno desde una perspectiva integral, lo que genera vacíos en el conocimiento y en la formulación de estrategias adecuadas para enfrentarlo. Esta investigación busca aportar evidencia empírica y reflexión crítica, que contribuya a enriquecer el debate y fortalecer los procesos de toma de decisiones informadas.

Finalmente, la relevancia de este trabajo radica su potencial impacto en el campo académico y profesional, ya que los hallazgos obtenidos podrían ser utilizados como base para el diseño de nuevas líneas de estudio, así como para la elaboración de programas, políticas o intervenciones que respondan de manera más eficiente a las necesidades detectadas.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el impacto de la aplicación de Lean Manufacturing y del Mapeo de Flujo de Valor (VSM) en el proceso de soplado de botellas de ALPLA Colombia S.A.S., con el fin de comprender sus principales causas de ineficiencia, efectos sobre la productividad y posibles soluciones orientadas a la optimización operativa.

Objetivos Específicos

Identificar los factores que contribuyen a la generación de desperdicios y variabilidad en el proceso de soplado, mediante la recopilación de información teórica y el análisis de datos operativos relacionados con scrap, tiempos de ciclo y paros de máquina.

Analizar el flujo actual del proceso mediante el Mapeo de Flujo de Valor (VSM) para determinar actividades de valor y no valor, cuellos de botella y oportunidades de mejora asociadas al desempeño productivo.

Evaluar el impacto de las condiciones operativas y de los parámetros críticos del proceso (temperatura, tiempos de calentamiento, ajustes y micro paros) en los indicadores de eficiencia (OEE) y calidad, a partir de mediciones cuantitativas y observación en planta.

Proponer acciones de mejora basadas en principios Lean, orientadas a reducir desperdicios, estabilizar el proceso y optimizar la eficiencia global del equipo (OEE)

Marco Metodológico

Actividades Relacionadas con la Identificación de Factores que Generan Desperdicios y Variabilidad

Para identificar los factores asociados a la generación de desperdicios y variabilidad en el proceso de soplado, se realizó una revisión documental de literatura relacionada con Lean Manufacturing y mejora continua, con el fin de establecer criterios conceptuales para el análisis del sistema productivo. Estos fundamentos permiten identificar actividades que no agregan valor, variaciones operativas y oportunidades de estandarización dentro de los procesos industriales (Carreira, 2005, p. 224).

Posteriormente, se llevó a cabo una recopilación de datos cuantitativos provenientes de los registros de operación del proceso de soplado, tales como scrap, códigos de paro, tiempos de ciclo y parámetros operativos. Estos datos se obtuvieron mediante la consulta de reportes históricos y del sistema de monitoreo de la línea. Adicionalmente, se realizó observación directa en planta para documentar condiciones reales del proceso, movimientos operativos, interacciones entre equipos y eventos que pudieran influir en la variabilidad.

Como complemento, se empleó una hoja de observación Lean basada en la clasificación tradicional de mudas para registrar la presencia de esperas, retrabajos, defectos, movimientos innecesarios y ajustes operativos. Esta actividad permitió identificar eventos que no agregan valor mediante la observación estructurada del flujo real.

Actividades Orientadas al Análisis del Flujo del Proceso Mediante VSM

Con el fin de analizar el flujo del proceso, se aplicó la herramienta Value Stream Mapping (VSM) como un instrumento de análisis propio del enfoque Lean Manufacturing, el cual permite representar de manera integral las actividades que conforman un sistema productivo

e identificar aquellas que agregan y no agregan valor dentro del proceso. Esta herramienta facilita la comprensión del flujo de materiales e información y apoya la detección de desperdicios y oportunidades de mejora en entornos industriales (Carreira, 2005, p. 224).

Para ello, se realizó un levantamiento detallado de las etapas que componen la línea de soplado, desde la alimentación de preformas hasta la inspección del producto final, registrando los tiempos de operación, inventarios intermedios, desplazamientos y secuencias del proceso productivo.

Durante esta actividad se documentaron los puntos donde se concentraban actividades sin valor agregado, así como los eventos que afectaban la continuidad del flujo. Los datos recolectados fueron representados gráficamente en un mapa del estado actual, lo que permitió visualizar la cadena completa del proceso y establecer una distinción entre actividades de valor agregado (VA) y no valor agregado (NVA).

Este mapeo incluyó la documentación de los tiempos de ciclo, los flujos de información y los recursos utilizados en cada etapa del proceso. La aplicación del VSM sirvió como base metodológica para estructurar el análisis posterior del proceso de soplado, sin adelantar valores numéricos ni conclusiones dentro de esta sección.

Actividades del Impacto de las Condiciones Operativas y Parámetros Críticos

Para evaluar el impacto de las condiciones operativas del proceso de soplado, se aplicaron técnicas de estudio de tiempos y análisis de variabilidad, orientadas a caracterizar el comportamiento del proceso bajo diferentes condiciones de operación. Estas actividades permitieron identificar la relación entre la estabilidad de los parámetros críticos y el desempeño del sistema productivo, sin adelantar resultados ni conclusiones en esta etapa metodológica.

Se documentaron los parámetros técnicos del proceso, tales como la temperatura del horno, presiones de soplado, tiempos de calentamiento y ajustes operativos, con el fin de analizar su influencia sobre la eficiencia y la calidad del proceso. La medición y control de estos parámetros constituye un elemento fundamental dentro de la gestión del desempeño y la mejora continua en entornos industriales (Neely, 2007, p. 95).

Asimismo, se realizó un registro sistemático de paros y microparos, con énfasis en aquellos asociados a ajustes térmicos, fallas menores y eventos que afectan la continuidad del ciclo productivo. Esta información fue utilizada para establecer patrones de repetición y evaluar la incidencia de las condiciones operativas sobre el desempeño del proceso, como base para el análisis posterior.

Actividades Propuestas de Mejora Basadas en Principios Lean

Para orientar la formulación de las propuestas de mejora, se realizó un análisis comparativo entre la información obtenida en las etapas previas del estudio y los principios del Lean Manufacturing, con el propósito de identificar oportunidades de intervención orientadas a la reducción de desperdicios, la estabilización del proceso y la optimización del desempeño operativo. Este enfoque permite estructurar acciones de mejora de manera sistemática, alineadas con la filosofía de mejora continua en procesos productivos (Carreira, 2005).

Como parte de este análisis, se consideraron herramientas Lean como la estandarización del trabajo, el control visual, la gestión de parámetros críticos y la eliminación de actividades que no agregan valor. Estas herramientas fueron seleccionadas en función de su aplicabilidad al proceso de soplado y de su contribución a la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad del sistema productivo.

Asimismo, el análisis del flujo del proceso mediante VSM sirvió como referencia para establecer las bases de un escenario futuro orientado a la mejora del desempeño, priorizando la reducción de variabilidad y la optimización del flujo de trabajo. Esta actividad se desarrolló con un enfoque metodológico, sin detallar acciones específicas ni resultados, dejando la definición de las mejoras para la sección correspondiente de resultados.

Resultados

Documentación visual: Se realizó fichas de máquina por cada referencia, esto nos ayuda a controlar más el proceso ya que se obtienen parámetros establecidos.

Modificación en checklist actual, ya que tenían ítems que no agregaban valor y se colocaron nuevos ítems que nos ayudan a identificar cualquier desviación con respecto al efecto resorte.

Bloqueo de parámetros críticos: Se instaló una válvula reguladora con llave la cual solo manteniendo puede modificar la presión de la refrigeración de la corona de la preforma.

Modificación de los formatos de control de procesos con información que si agrega valor y se actualizaron fichas de cada referencia envase.

La incorporación de una válvula de bloqueo en el proceso productivo de ALPLA generó mejoras significativas tanto en la eficiencia operativa como en los resultados financieros. Tras su implementación, el nivel de scrap se redujo hasta un 1%, representando una disminución considerable frente a los valores previos.

Esta optimización en la calidad del proceso permitió un ahorro directo en costos equivalente al 37,2%, lo que se traduce en un beneficio económico de \$14.253.206. Estos resultados reflejan la efectividad de la solución adoptada y destacan el impacto positivo de aplicar mejoras técnicas enfocadas en la reducción de desperdicios y la estabilidad operativa.

En conjunto, la implementación de la válvula de bloqueo no solo fortaleció el control del proceso, sino que también generó un retorno financiero inmediato, posicionándola como una inversión altamente rentable para la compañía.

Figura 1

Registro de KPI y desperdicios (OEE, Scrap, defectos).



Nota. Registro histórico de KPI de desempeño correspondientes a diez meses de operación, incluyendo indicadores de OEE, scrap y defectos. Los datos fueron extraídos desde Power BI, plataforma conectada directamente al software de monitoreo de la máquina, lo que garantiza trazabilidad, exactitud y actualización en tiempo real de la información registrada. *Fuente.*

Autoría Propia

Figura 2

Válvula Instalada con llave.



Nota. Válvula equipada con un mecanismo de bloqueo mediante llave, diseñada para prevenir ajustes no autorizados y minimizar el riesgo de errores humanos. *Fuente.* Autoría Propia

Tabla 1*Resultados Financieros de la implementación de Válvula*

Gramaje	Consumo	Consumo	Scrap	% Scrap	Costo	Costo total
(g)	Real	AP (unid)	(unid)		unitario	Scrap (\$)
	(unid)				(\$)	
10,5	519,946	510,464	9,482	1,82%	300	2,844,600
19	898,427	879,93	18,497	2,07%	350	6,063,530
28	603,582	578,88	24,702	4,09%	680	16,797,560
31	382,403	374,4	8,003	2,09%	850	6,802,550

*Fuente. Autoría Propia***Tabla 2***Resultados de reducción de scrap tras la mejora del proceso SBM*

Antes	Scrap %	Después	Scrap %
Septiembre	3,27%	Noviembre	1,77%
Octubre	2,37%	Reducción en	1,05%
		comparación a los	
		dos meses anteriores	
Promedio	2,82%	Proporción	37,20%
		Ahorro en costos	\$ 14.253.206

Nota. La implementación de la válvula de bloqueo redujo el *scrap* al 1% y generó un ahorro del 37,2%, equivalente a \$14.253.206. *Fuente. Autoría Propia*

Tabla 3*Registro de OKR diseñados*

Nombre del estudiante	Objetivo (O)	Resultados Clave (KR)
Jonathan Andrés García	O1. Fortalecer la cultura Lean y la estandarización operativa en la línea SBM para garantizar estabilidad y mejora continua.	KR1.1: Implementar tres (3) tableros visuales de control Lean (OEE, scrap y paros) antes de finalizar el trimestre. KR1.2: Capacitar al 100 % del personal operativo y técnico en uso de procedimientos estandarizados (SOPs). KR1.3: Lograr una participación del 80 % del personal en actividades Kaizen mensuales. KR1.4: Reducir las desviaciones por ajustes no estandarizados en un 40 %.
Jonathan Andrés García	O2. Incrementar la eficiencia global del equipo (OEE) y reducir desperdicios mediante la optimización del proceso térmico del SBM.	KR2.1: Aumentar el OEE promedio del 85 % al 88 % en tres meses. KR2.2: Reducir el scrap del 2,7 % al 1,5 % en el mismo periodo. KR2.3: Disminuir microparos tipo G14 y G17 en 30 %. KR2.4: Implementar control térmico automatizado antes de enero de 2026. KR2.5: Alcanzar un CV menor al 5 % en parámetros térmicos.
Alejandra Isaza Lozano	O3. Mejorar la comunicación interáreas y la gestión visual del desempeño productivo.	KR3.1: Implementar un tablero digital compartido entre mantenimiento y producción. KR3.2: Reducir el tiempo de respuesta ante desviaciones del proceso en un 25 %.

<p>Jesús Alberto Leiva Peña</p>	<p>O4. Consolidar el sistema de indicadores Lean en la línea SBM.</p>	<p>KR3.3: Aumentar las reuniones de revisión de desempeño Lean de 1 a 4 por mes. KR4.1: Diseñar y validar un dashboard en Power BI para seguimiento de OEE, scrap y paros. KR4.2: Generar reportes automáticos semanales. KR4.3: Lograr una precisión superior al 95 % en la captura de datos de planta.</p>
<p>Katherine Melan López</p>	<p>O5. Fomentar la participación y liderazgo del personal operativo en proyectos Kaizen.</p>	<p>KR5.1: Crear un comité Kaizen con al menos 5 integrantes activos. KR5.2: Presentar mínimo 10 ideas de mejora en tres meses. KR5.3: Implementar el 60 % de las propuestas aprobadas.</p>
<p>Laura Esmeralda Vargas Mosquera</p>	<p>O6. Alinear la innovación Lean con la sostenibilidad ambiental.</p>	<p>KR6.1: Reducir el consumo energético en un 10 % mediante control térmico eficiente. KR6.2: Disminuir el uso de aire comprimido en 8 % sin afectar la calidad del producto. KR6.3: Implementar un sistema de monitoreo ambiental en el área SBM.</p>

Nota. Los OKR fueron diseñados por el equipo de trabajo con base en el diagnóstico Lean y los indicadores de desempeño del proceso SBM de ALPLA Colombia S.A.S. *Fuente.* Autoría Propia

Conclusiones

El diagnóstico Lean Manufacturing aplicado al proceso Stretch Blow Molding (SBM) de ALPLA Colombia S.A.S. permitió identificar los principales factores que inciden en la eficiencia global del equipo (OEE), la generación de desperdicios (scrap) y la estabilidad de las condiciones operativas del proceso. Estos resultados confirman que la eliminación de actividades que no agregan valor y la estandarización de los parámetros críticos son elementos fundamentales para mejorar el desempeño productivo, en concordancia con los principios del Lean Manufacturing y del Sistema de Producción Toyota (Carreira, 2005, p. 224); (Biscontini, 2020, p. 13).

Asimismo, el análisis de indicadores de desempeño evidenció la importancia del uso sistemático de métricas para evaluar el comportamiento del proceso y comparar los resultados antes y después de la implementación de mejoras. La medición del desempeño permitió sustentar la toma de decisiones con base en datos objetivos, fortaleciendo el control operativo y la trazabilidad de los resultados obtenidos (Neely, 2007, p. 101).

La incorporación del sistema de Objetivos y Resultados Clave (OKR) se consolidó como un complemento estratégico al enfoque Lean, al facilitar la alineación entre los hallazgos del diagnóstico y metas operativas claras y medibles. Esta integración contribuye al fortalecimiento de la cultura de mejora continua y a la gestión del desempeño orientada a resultados, aspectos clave para la sostenibilidad de las mejoras implementadas (Carreira, 2005, p. 215).

Finalmente, los resultados del estudio evidencian que la articulación entre Lean Manufacturing y el uso de tecnologías digitales propias de la Industria 4.0, como sistemas de análisis de datos y control visual, representa una oportunidad para fortalecer la eficiencia operativa y la estabilidad del proceso SBM. Esta integración permite avanzar hacia una gestión

más robusta, flexible y basada en datos, en línea con las tendencias actuales de los sistemas productivos (Ferreira et al., 2023).

Recomendaciones

Se recomienda fortalecer de manera continua los programas de capacitación del personal operativo y técnico en principios de Lean Manufacturing, SMED y Kaizen, con el fin de consolidar la estandarización de los procesos y la eliminación sostenida de desperdicios. El desarrollo de competencias en estas metodologías resulta clave para asegurar la estabilidad operativa y la mejora continua, en coherencia con los fundamentos del pensamiento Lean y del Sistema de Producción Toyota (Carreira, 2005, p. 2); (Biscontini, 2020, párr. 13).

Asimismo, es pertinente consolidar un sistema integral de indicadores de desempeño que permita el seguimiento sistemático de variables críticas como OEE, scrap, tiempos de ciclo y paros de máquina. El uso constante de métricas facilita la comparación de resultados, el análisis antes y después de las mejoras implementadas y la toma de decisiones basada en datos objetivos, fortaleciendo el control del desempeño organizacional (Neely, 2007, p. 3).

Desde una perspectiva de sostenibilidad, calidad y seguridad y salud en el trabajo, se recomienda alinear las prácticas operativas del proceso SBM con los lineamientos establecidos en las normas (Organización Internacional de Normalización. ISO 9001, 2015) y (Organización Internacional de Normalización. ISO 45001, 2018), con el propósito de garantizar la estandarización documental, la mejora del control de procesos y la protección del personal operativo (International Organization for Standardization [ISO], 2015, 2018).

Adicionalmente, se sugiere avanzar en la integración de herramientas Lean con tecnologías asociadas a la Industria 4.0, tales como sistemas de monitoreo digital, analítica de datos y tableros de control visual, que permitan mejorar la trazabilidad de la información y el control en tiempo real del proceso productivo. Esta integración favorece una gestión más

eficiente y flexible de los sistemas de manufactura, en línea con las tendencias actuales del sector industrial (Castro et al. 2023, p. 46)

Finalmente, se recomienda ampliar la aplicación del sistema de Objetivos y Resultados Clave (OKR) a otras áreas de la organización, promoviendo una gestión transversal orientada a resultados y a la mejora continua. La adopción de este enfoque permite alinear los objetivos estratégicos con el desempeño operativo, fortaleciendo la cultura organizacional y la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo (Carreira, 2005, p. 219).

Referencias

- Biscontini, T. (2020). *Toyota Production System (TPS)*. Salem Press Encyclopedia.
<https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/html/56gxlq5w2z>
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works : Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. AMACOM. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/2ksb2a0et5>
- Castro, H., Costa, F., Ferreira, T., Ávila, P., Cruz-Cunha, M., Ferreira, L., . . . Bastos, J. (2023). Data Science for Industry 4.0 and Sustainability: A Survey and Analysis Based on Open Data. In L. P. Ferreira, P. Ávila, J. Bastos, F. ., Silva, ., J. Sá, & M. Brito, *Lean Manufacturing and Industry 4.0*. doi:10.3390/books978-3-0365-7716-6
- Neely, A. (2007). *Business Performance Measurement*. Cambridge University Press 2.
https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780511372674_A23677709/preview-9780511372674_A23677709.pdf
- Organización Internacional de Normalización. ISO. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Organización Internacional de Normalización. ISO. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use.
<https://www.iso.org/standard/63787.html>