

Universidad de La Sabana

Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas



## Proyecto de grado

Maestría en Gerencia de Operaciones

# Análisis del flujo de valor en una empresa de productos alimenticios con propósitos médicos especializados

## Value stream analysis in a specialized medical food products company

Juan Gabriel Palomino Moreno

Director del trabajo de grado

Luis Paipa Galeano, MSc., PhD.

\* E-mail: [juanpalmor@unisabana.edu.co](mailto:juanpalmor@unisabana.edu.co)

† Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de La Sabana, autopista norte de Bogotá, D.C., Chía (Cundinamarca), Colombia.

**Resumen:** la empresa objeto de estudio en este proyecto se fundó en el año 2015. Esta se dedica a la elaboración de alimentos con propósito médico especializado, que ayudan a tener un sano balance nutricional en los pacientes que por su condición médica no pueden consumir productos comunes. Inicialmente, la empresa se dedicaba exclusivamente a la comercialización de su portafolio, y sus productos eran fabricados por un tercerizado.

**Abstract:** the company under study in this project was founded in 2015. It is dedicated to the production of foods for specialized medical purposes, which help to achieve a healthy nutritional balance in patients who, due to their medical condition, are unable to consume a normal diet. Initially, the company was dedicated exclusively to the marketing and sale of its portfolio; and its products were manufactured by an outsourced.

In 2019, given the need to preserve the confidentiality of its formulas, guarantee the control of the process

En el año 2019, ante la necesidad de conservar la confidencialidad de sus fórmulas, y de garantizar el control del proceso y la calidad de sus productos, ésta decidió construir una planta de producción propia bajo los estándares de inocuidad requeridos y con las certificaciones necesarias para su funcionamiento.

El proceso productivo de la planta está diseñado de acuerdo con células de manufactura (alistamiento, pesaje, llenado, cerrado y etiquetado). En estas áreas se realizan sus operaciones de forma manual utilizando un número considerable de colaboradores.

La compañía se encuentra en una etapa de crecimiento muy importante en sus operaciones, de ahí la importancia de realizar este proyecto, a fin de implementar los principios *lean* necesarios para convertirse en una empresa de talla mundial. Esto, con una ideología de mejoramiento continuo al desarrollar un flujo de valor óptimo para el proceso con los indicadores clave de desempeño (KPI) establecidos que permitan monitorear los resultados en tiempo real y generar una transformación integral en la planta que la encamine a cumplir con las proyecciones establecidas para el año 2026.

En este estudio se propuso implementar un flujo de valor apoyado en las metodologías *lean* que lleven a la compañía a ser más competitiva y rentable frente a sus competidores, lo que le podría dar un nivel superior en los procesos productivos al eliminar los desperdicios y mejorar el costo que impacta directamente el producto. Toda esta estrategia tuvo un enfoque de cumplimiento según las necesidades de los clientes, con el fin de mantener la calidad en sus productos, los cuales constituyen el pilar fundamental y la carta de presentación de la empresa.

**Palabras clave:** *lean manufacturing*, *lean management*, excelencia operacional, estrategia, rentabilidad, productividad, costo, transformación integral, flujo de valor.

and the quality of its products, it was decided to build its own production plant under the required safety standards and with the necessary certifications for its operation.

The production process of the plant is designed in manufacturing cells (preparation, weighing, filling, closing and labelling). These are areas that carry out their operations manually using a considerable number of collaborators.

The company is in a very important stage of growth in its operations. Therefore, the importance of carrying out this project where *Lean* methodologies necessary to become a world-class company are implemented, and with an ideology of continuous improvement by developing an optimal value Flow for the process with the established key performance indicators (KPIs) that allow monitoring the results in real time and thus generate an integral transformation in the plant that leads it to meet the projections established for the year 2026.

The approach proposed in this study is to implement a value stream supported by *lean* methodologies that lead the company to be more competitive and profitable against its competitors, giving it a higher level in production processes by eliminating waste and improving the cost that directly impacts the product. All this strategy will have a focus on meeting the needs of our customers while maintaining the quality of their products, a fundamental pillar and letter of introduction of the company.

**Keywords:** *lean manufacturing*, *lean management*, operational excellence, strategy, profitability, productivity, cost, integral transformation, value flow.

## Tabla de contenido

1	Introducción .....	8
2	Problema .....	10
3	Objetivos del estudio.....	11
3.1	Objetivo general .....	11
3.2	Objetivos específicos .....	11
4	Marco teórico .....	11
4.1	<i>Aplicación de herramientas lean en el contexto de la industria farmacéutica: casos de estudio</i> .....	11
4.2	<i>Lean manufacturing</i> .....	13
4.2.1	Principios de lean manufacturing.....	13
4.2.2	Herramientas lean.....	14
4.2.3	Magnitudes clave.....	21
4.2.4	Desperdicios .....	22
5	Metodología .....	23
6	Presentación de resultados .....	25
6.1	Flujo de valor actual del proceso .....	25
6.1.1	Costo de personal .....	32
6.1.2	Maquilas .....	32
7	Oportunidad de mejora .....	34
7.1	Propuesta SMED .....	35
7.1.1	Conversión de actividades internas a externas .....	37
7.2	Aplicación de las 5S .....	41
7.3	Eliminación de los núcleos en el proceso de mezcla.....	43

8	Estado futuro.....	46
9	Conclusiones.....	49
10	Referencias.....	51

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Principios de lean manufacturing</i> .....	14
<b>Tabla 2</b> <i>Herramientas 5S</i> .....	16
<b>Tabla 3</b> <i>Fases TPM</i> .....	19
<b>Tabla 4</b> <i>Magnitudes clave</i> .....	22
<b>Tabla 5</b> <i>Mudas del proceso</i> .....	23
<b>Tabla 6</b> <i>Capacidad actual de la línea</i> .....	29
<b>Tabla 7</b> <i>Costos adicionales para cumplir con los planes de producción</i> .....	32
<b>Tabla 8</b> <i>Identificación actividades internas y externas del aseo del pesaje</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Identificación actividades internas y externas del aseo de mezcla</i> .....	37
<b>Tabla 10</b> <i>Actividades internas y externas del aseo del pesaje</i> .....	40
<b>Tabla 11</b> <i>Actividades internas y externas del aseo de mezcla</i> .....	40
<b>Tabla 12</b> <i>Tiempos de la situación antes del SMED</i> .....	41
<b>Tabla 13</b> <i>Tiempos de la situación después del SMED</i> .....	41
<b>Tabla 14</b> <i>Capacidad futura con la implementación de las mejoras</i> .....	47
<b>Tabla 15</b> <i>Costos mensuales Actuales / anteriores</i> .....	48

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Nivel de servicio con la operación propia en la planta de producción (2018-2022) ...	10
<b>Figura 2</b> Herramientas 5S.....	15
<b>Figura 3</b> Cinco pasos para reducir los tiempos de cambio de la metodología SMED.....	18
<b>Figura 4</b> Objetivos del TPM.....	19
<b>Figura 5</b> Etapas principales de un proyecto de mapeado.....	21
<b>Figura 6</b> Metodología.....	24
<b>Figura 7</b> VSM actual (macromapa flujo de valor).....	25
<b>Figura 8</b> VSM (micromapa flujo de valor - aseos).....	26
<b>Figura 9</b> Principales paros en la planta de producción .....	27
<b>Figura 10</b> Fotos del proceso de pesaje, la mezcla en planta y el almacenamiento de productos .....	27
<b>Figura 13</b> OEE planta de producción .....	30
<b>Figura 14</b> Diagrama cinco porqués .....	31
<b>Figura 15</b> VSM (microfabricación de núcleos).....	33
<b>Figura 16</b> Volumen de producción (kg) 2021 y 2022.....	34
<b>Figura 17</b> Diagrama de Gantt (aseos, pesaje 43 minutos) .....	35
<b>Figura 18</b> Diagrama de Gantt (aseos, mezcla 47 minutos) .....	36
<b>Figura 19</b> Diagrama de Gantt para pesaje después del SMED (20 minutos) .....	38
<b>Figura 20</b> Diagrama de Gantt para mezcla después del SMED.....	39
<b>Figura 21</b> Tareas asignadas por operario en el área de pesaje .....	42

<b>Figura 22</b> <i>Tareas asignadas por operario en el área de mezcla .....</i>	43
<b>Figura 23</b> <i>Proceso de fabricación con núcleos.....</i>	44
<b>Figura 24</b> <i>Proceso de fabricación sin núcleos.....</i>	45
<b>Figura 25</b> <i>VSM futuro .....</i>	46
<b>Figura 26</b> <i>Tiempo de ciclo antes y después de la implementación - balanceo de la línea .....</i>	47
<b>Figura 28</b> <i>Mejora realizada .....</i>	49
<b>Figura 29</b> <i>Reducción de los gastos .....</i>	50

## 1 Introducción

Las organizaciones de hoy están en la constante necesidad de mantener bajos costes, reducir cualquier tipo de desperdicio y acelerar la producción para alcanzar y sostener la competitividad (Bhuiyan et al., 2006). Gran parte de esto puede hacerse a través de la implementación de la Mejora Continua (MC), definida como una cultura que se mantiene a largo plazo, que tiene especialmente en cuenta la eliminación de cualquier tipo de desperdicio en el sistema organizacional y que involucra a todo el personal mediante un trabajo participativo (Bhuiyan et al., 2006; Liker, 2006; Womack y Jones, 2003; Imai, 1986).

Algunas de las iniciativas de mejora continua más populares son *Kaizen*, *Lean Manufacturing* o *Lean Thinking*, *Six Sigma*, *Balance Score Card* y *Lean-Six Sigma* (Bhuiyan et al., 2006), entre muchas otras de sostenida vigencia en la actualidad. Particularmente, *Lean Manufacturing* se ha convertido en una opción que se adapta a las diferentes situaciones de las organizaciones (Muñoz et al., 2022a). De acuerdo con los mismos autores, *lean* proporciona una alternativa para poner fin a los desperdicios, optimizar los procesos y aumentar los beneficios económicos de las empresas.

En el contexto de las metodologías que aporten al mejoramiento del ámbito industrial y pueden aportar también a las industrias farmacéuticas pensando en lo productivo como eje principal, *Lean Manufacturing* ofrece diversas oportunidades para optimizar los procesos de producción, logística y gestión, que puede conducir a la entrega más rápida, eficiente y segura de productos a sus clientes (Abdulmalek y Rajgopal, 2007).

La empresa objeto de estudio nació en el año 2015 y está dedicada a la fabricación y la comercialización de alimentos con propósito médico especializado (APME). Inicialmente, la empresa se enfocaba a la comercialización de sus productos, los cuales eran elaborados por un maquilador estratégico que brindaba una solución a las necesidades del equipo comercial. Sin embargo, el crecimiento de la compañía en el año 2017 fue mayor al esperado, dado que alcanzaron ventas superiores a los 2000 millones de pesos mensuales, equivalentes a 30 toneladas. Por esta razón, la compañía vio la oportunidad de construir una planta de producción propia para fabricar sus productos e iniciar con un proceso de transformación del negocio en busca de aumentar su rentabilidad, conservar la confidencialidad de sus fórmulas y el know-how de sus procesos.

Teniendo en cuenta las proyecciones de crecimiento y desarrollo por los nuevos convenios con entidades médicas, la empresa quiere operar en un marco de excelencia operacional adoptando la filosofía y técnicas de *Lean Manufacturing* e iniciar su transición a convertirse en una empresa de clase mundial. La empresa opta por el enfoque *Lean* al evidenciar, a través de la literatura y diferentes casos de estudio publicados, los resultados y beneficios en términos de calidad, productividad y competitividad logrados por compañías del mismo sector farmacéutico.

En este sentido, para iniciar con una aproximación a los conceptos y técnicas del enfoque *lean* la empresa, objeto de estudio, decidió realizar un análisis al proceso de producción aplicando técnicas como: VSM (*Value Stream Map*) que permite analizar el estado actual del proceso productivo y desarrollar el futuro de una forma más eficiente. La caza de mudas es quien analiza el proceso productivo para eliminar principalmente despilfarros y finalmente el *lead time* que es la técnica que nos permite medir el tiempo que transcurre desde la orden de pedido hasta la entrega del producto al cliente. El interés por aplicar el enfoque *lean*, también se unió a la necesidad de entender un problema particular de pérdida de participación en el mercado debido a un detrimento en la capacidad productiva, aspecto que se detalla más adelante.

El presente documento se estructura de la siguiente manera. Posterior a esta introducción, en el capítulo 2 se refleja la problemática central abordada, en donde se presenta el impacto que tiene para la organización la pérdida de participación en el mercado y con ello la necesidad de acelerar la implementación del pensamiento *Lean*. En el capítulo 3, se exponen los objetivos del estudio, seguido del capítulo 5 donde se expone la metodología empleada, la cual se enfoca en la caracterización del proceso mediante el empleo de la técnica VSM actual y futuro. En el capítulo 7 y 8 de resultados, se presenta la forma como se aplicaron cada una de las técnicas *lean* orientadas a mejorar la eficiencia del flujo del proceso. El trabajo culmina en el capítulo 9 con la presentación de una serie de conclusiones que pueden ser tomadas en cuenta como punto de partida para nuevos trabajos.

Los resultados principales obtenidos en la compañía, gracias a la implementación de mejoras basadas en el pensamiento *lean*, incluyeron ajustes en los procesos productivos alineados con las necesidades del negocio. Esto llevó a un aumento del 14% en las unidades producidas

mensualmente, lo que a su vez permitió reducir los costos adicionales asociados a la tercerización de la producción. Además, este enfoque contribuyó a alcanzar un nivel de servicio del 100%, lo que brindó una respuesta positiva a los clientes y ayudó a fidelizarlos con la marca.

## 2 Problema

Con la consecución de la planta de producción se proyectó una capacidad instalada que cubriría la demanda hasta el año 10 de su construcción. Así mismo, se planeó alcanzar unas ventas por \$8000 millones de pesos, equivalentes a 120 toneladas mensuales. Sin embargo, al transcurrir cuatro años de operación, la empresa evidenció que había copado su capacidad productiva.

Por lo anterior, la empresa comenzó a tener incumplimientos y pérdida de clientes evidenciado en la disminución del porcentaje en el nivel de servicio (Figura 1). Este indicador es muy importante para las empresas de consumo masivo porque demuestra la satisfacción de cumplimiento a los clientes comparando los pedidos realizados versus los entregados a conformidad, permitiendo entender la gestión de la compañía. Esta pérdida debe ser compensada por otras compañías del sector, lo que conlleva a una disminución en la participación del mercado.

### Figura 1

*Nivel de servicio con la operación propia en la planta de producción (2018-2022)*



La pérdida de un punto en el nivel de servicio representa para la compañía 80 millones de pesos en ventas dejados de recibir con una rentabilidad del 25% en el costo del producto, suma importante para el crecimiento y la sostenibilidad de la compañía, como se observa en la gráfica la compañía no tomó medidas en el año 2021 permitiendo que el problema aumentara.

En este sentido se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo lograr un flujo de valor centrado en el cliente que responda a las exigencias actuales del mercado en una empresa del sector farmacéutico?

### **3 Objetivos del estudio**

#### **3.1 Objetivo general**

Realizar un análisis del proceso de producción mediante el Mapa de flujo de Valor (VSM) como guía para implementar los principios *lean* en el camino hacia la excelencia operativa en una empresa del sector farmacéutico.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el estado actual del proceso de producción de la compañía a través de un análisis de flujo de valor y caza de mudas.
- Diseñar el estado futuro del proceso de producción de la compañía a través de la aplicación de los principios y técnicas del enfoque *lean*.
- Identificar e implementar acciones de mejora conducentes a lograr el estado futuro propuesto.
- Evaluar el impacto de las acciones de mejora en la productividad de la planta de producción.

### **4 Marco teórico**

#### **4.1 *Aplicación de herramientas lean en el contexto de la industria farmacéutica: casos de estudio.***

El enfoque *Lean*, originado en el sistema de producción de Toyota, se ha aplicado con éxito en diversos sectores industriales para mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar la calidad. En el sector farmacéutico, multinacionales como Abbot han implementado metodologías

*lean* en sus procesos, logrando una disminución en sus costos, mejores tiempos de entrega, mayor control sobre los inventarios y un aumento de la productividad en sus plantas (Kelly 2014). El estudio de Kelly (2014) describe que, para mejorar la eficiencia y la calidad de sus operaciones, Abbott creó una cultura que se centraba en el cliente, aplicó técnicas *Lean Six Sigma* para mejorar sus procesos vinculando sus competencias a los principios de excelencia operativa de Shingo. En 2015, Abbott ganó el Premio Shingo por sus logros.

Por otro lado, Novartis Pharma comenzó su proceso en excelencia operativa en 2004, logrando importantes resultados en productividad, disminución del tiempo en los ciclos y optimización en el capital de trabajo. Gran parte de estos logros se han sostenido desde el inicio del programa de Innovación, Calidad y Productividad que comenzó en ese entonces (Dreamer y Niewiarowski, 2015). Novartis Pharma superó un hito en su trayectoria estratégica, cumpliendo una visión que se había fijado en 2005 de convertirse en el “Toyota de la industria farmacéutica”. Un elemento importante en la realización de esta estrategia fue la implementación de *Lean* en todas las marcas importantes de la compañía donde se logró administrar el desperdicio a través de *Lean* y las variaciones de proceso a través de Six Sigma.

En el estudio realizado por Ahmed y Fazeeda (2020), en una industria farmacéutica de Malasia, se utilizó el Value Stream Mapping (VSM) para mejorar el proceso de la planta. En este caso, a través del VSM, la construcción de un diagrama de espina de pescado y la aplicación de la técnica de las 5S, se propuso un cambio en el diseño de las instalaciones para reducir el tiempo de entrega, estandarizar el área de almacén. Así, el porcentaje de valor agregado aumentó del 41,36 % al 70,57 %.

En síntesis, la industria farmacéutica se encuentra en constante búsqueda de mejoras para garantizar la eficiencia en sus procesos, la entrega de productos seguros y de una alta calidad. En este contexto, la aplicación de metodologías *Lean* ha emergido como una poderosa herramienta para mejorar la producción y reducir desperdicios. En este marco teórico se explora cómo las metodologías *Lean*, originarias de la industria manufacturera, han sido adaptadas y aplicadas en el ámbito farmacéutico para enfrentar sus desafíos específicos. La esencia de *Lean* radica en eliminar todo aquello que no agrega valor al proceso, enfocándose en el cliente y la mejora continua.

Uno de los pilares fundamentales de *Lean* es la identificación y reducción de desperdicios. En la industria farmacéutica, esto implica eliminar demoras, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos en los productos. Al implementar herramientas como el VSM las empresas farmacéuticas han logrado acortar los ciclos de producción, reducir costos y mejorar la confiabilidad del suministro.

## **4.2 *Lean manufacturing***

Los métodos y técnicas de *lean manufacturing* fueron desarrollados por Taiichi Ohno a lo largo de treinta y cinco años. Paso a paso, de forma empírica, mediante el contraste en la fábrica, por medio de prueba y error, de las ideas surgidas de la observación directa de los hechos, Taiichi Ohno creó el sistema de producción de Toyota (TPS) sin el soporte de grandes modelos matemáticos ni de grandes teorías; identificó el despilfarro como el enemigo público número uno de la eficiencia de las fábricas y fue ideando y experimentando un conjunto coherente de metodologías y herramientas para eliminarlo (Aguas, 2021).

El objetivo principal de este sistema es la eliminación constante y sostenible de los desperdicios, además de la satisfacción del cliente con el mínimo coste y la mayor eficiencia. Es decir, se requiere hacer más con menos e incrementar el valor del producto al minimizar los recursos necesarios para ello (Hernández y Vizán, 2013). Además, es importante desarrollar equipos de trabajo motivados y formados para resolver problemas que sustenten una filosofía de mejora continua. La filosofía lean, no da nada por sentado, busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica (Hernández y Vizán, 2013).

### **4.2.1 *Principios de lean manufacturing***

Los cinco principios centrales que los autores propusieron se presentan en la Tabla 1 (Womack y Jones, 2005).

**Tabla 1***Principios de lean manufacturing*

Principio	Definición
Especificar el valor	¿Qué esperan los clientes? ¿Por qué estarán dispuestos a pagar? ¿Qué combinación de características, disponibilidad y precio será la que prefieran?
Análisis de la cadena de valor	La cadena de valor es la secuencia de actividades necesaria para entregarle al cliente un producto o servicio.
Flujo continuo	Las empresas deben tratar de que el valor fluya continuamente, no por lotes ( <i>batches</i> ). De ahí ha surgido el término de una pieza a la vez ( <i>one-piece flow</i> ). La creación de lotes favorece la aparición de inventarios en diferentes lugares de la planta y, los inventarios crean demoras y mayores costos (Rivera, 2013, pp. 94-95).
El cliente hala ( <i>customer pull</i> )	Este principio ha sido difundido por la popularidad del justo a tiempo. El sistema de producción debe entregar a los clientes los productos que necesitan en el momento preciso. Esto implica, activar los recursos productivos solamente cuando la siguiente estación en el proceso consume las unidades que estaban listas para él (Rivera, 2013, p. 95).
Mejoramiento continuo	El eslogan comercial de Lexus (la marca de autos de lujo de Toyota) es la apasionada búsqueda de la perfección. El mejoramiento continuo (Kaizen) es la convicción de que los esfuerzos de mejoramiento nunca llegan a un final. (Rivera, 2013, p. 95).

**4.2.2 Herramientas lean**

A continuación, se hace una breve descripción de las principales herramientas del enfoque *lean* que la literatura muestra como aplicables en el camino de la excelencia operacional

**4.2.2.1 5S**

La expresión cinco S proviene de las cinco palabras japonesas *seiri* (separar), *seiton* (ordenar), *seiso* (limpiar), *seiketsu* (control visual) y *shitsuke* (disciplina), que resumen los cinco pasos a seguir para implantar esta metodología (Manzano y Gisbert, 2016). Las cinco S son una metodología que dependen una de la otra como lo muestra la Figura 2 y está enfocada en mejorar las condiciones del puesto de trabajo, que propicia:

- Mejorar la seguridad y calidad.
- Reducir las averías.

- Reducir los tiempos de cambio de referencia o producto (muda es desperdicio o aquello que no aporta) y su variación (mura que es un desequilibrio o aumento en sus tiempos de entrega del producto) al eliminar las búsquedas y minimizar desplazamientos a la hora de manipular los utilajes y herramientas necesarios para el cambio.
- Reducir el tiempo de ciclo del operario y su variación (mura) al disponer de forma adecuada las herramientas y útiles necesarios para realizar el ciclo de trabajo (Randhawa y Ahuja, 2017).

## Figura 2

### *Herramientas 5S*



De ese modo, el programa de las 5S tiene como objetivo mejorar la organización, eficiencia y seguridad del lugar de trabajo. Realizando un buen ejercicio en las 5 S se estarían impactando esas actividades y consumos que no generan algún tipo de valor, según (Cuatrecasas, 2015) se basa en evitar actividades y consumo innecesarios. Esto con el fin de invertir el tiempo en buscar, recoger y preparar elementos necesarios. Las actividades básicas de esta herramienta son las que se señalan en la Tabla 2.

**Tabla 2***Herramientas 5S*

Nombre	Actividad	Definición
<i>Seiri</i>	Organización	Disponer los puestos de trabajo con los elementos que les son propios y eliminar aquellos que no tienen utilidad en ellos o a su alrededor, los cuales estorban (Payseo, 2014).
<i>Seiton</i>	Orden	Los elementos que componen el puesto de trabajo, una vez ya se han organizado deben ahora ordenarse, de forma que se pueda identificar rápidamente la ubicación de cualquiera de ellos por su naturaleza (Payseo, 2014).
<i>Seiso</i>	Limpieza	Todos los elementos que componen el lugar de trabajo deben estar permanentemente limpios y en orden de funcionamiento. La limpieza ha pasado en la actualidad a ser una de las tareas del propio trabajador productivo (Payseo, 2014).
<i>Seiketsu</i>	Estandarización	Los procedimientos para alcanzar los objetivos de las tres primeras S deben dotarse del método adecuado para que puedan implementarse con máxima facilidad posible. Cuando se consideren suficientemente correctos, será importante su estandarización, para asegurar su correcta aplicación (Payseo, 2014).
<i>Shitsuke</i>	Disciplina	A fin de las tres primeras S se lleven a cabo, de acuerdo con los procedimientos estandarizados y se repitan estos cada vez que corresponda y no solo cuando el tiempo y la motivación lo permitan, será conveniente completar el programa 5S con la disciplina necesaria (Payseo, 2014).

**4.2.2.2 SMED.**

En 1950, el japonés Shigeo Shingo (1909-1990) comenzó a trabajar en la reducción de los tiempos de cambio de las prensas. En consecuencia, a lo largo de 30 años desarrolló una metodología a la que denominó SMED (Madariaga, 2013).

Las técnicas SMED (Single-Minute Exchange of Die) o cambio rápido de herramienta tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (*setup*). El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto A y la primera pieza producida del producto B. Esto cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio y el correspondiente aumento de la moral permiten a los operarios afrontar retos similares en otros campos de la planta. Esto último constituye una importante ventaja de carácter secundario del SMED (Rajadell y Sánchez, 2010).

La implantación de esta técnica para reducir los tiempos de cambio sigue los siguientes pasos:

1. Observar y comprender el proceso de cambio de lote:

En este primer paso, se realiza la observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo se lleva a cabo éste y conocer el tiempo invertido (Carbonell, 2013).

En esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

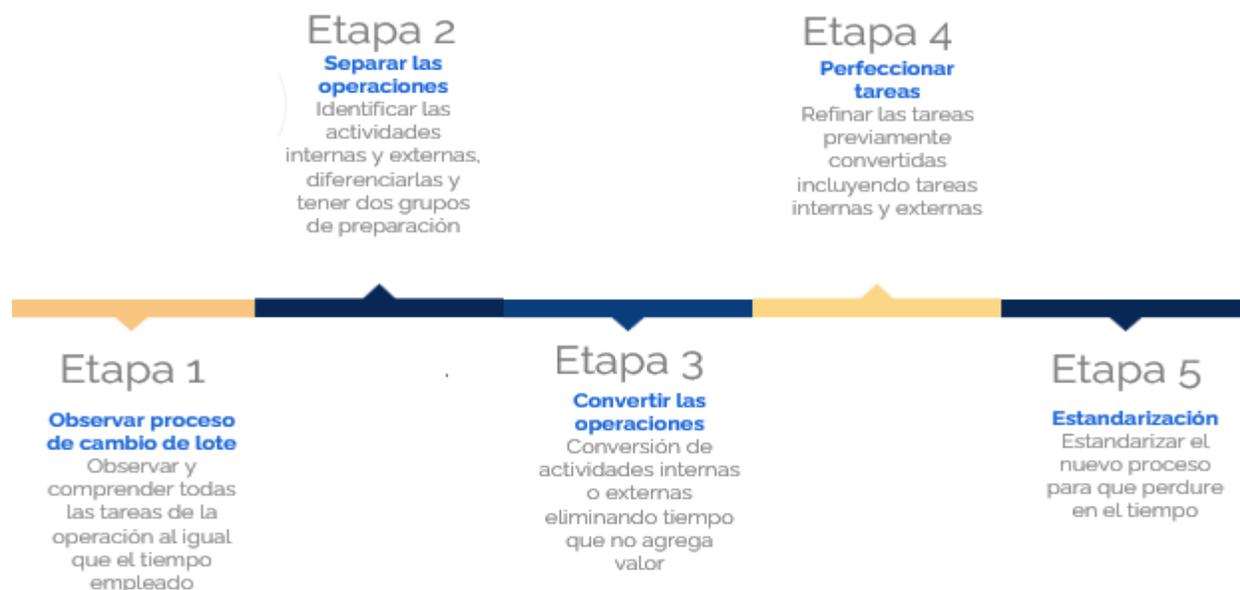
- Registrar los tiempos de cambio: conocer la media y la variabilidad, registrar las causas de la variabilidad y estudiarlas.
  - Estudiar las condiciones actuales del cambio: análisis con cronómetro, entrevistas con operarios (fabricadores), grabar en vídeo, mostrarlo después a los trabajadores y sacar fotografías.
2. Separar las operaciones internas y externas: identificar como externas aquellas operaciones que pueden realizarse con la máquina en marcha, mientras ésta procesa una referencia saliente. Identificar como internas aquellas operaciones que deben realizarse con la máquina parada (Madariaga, 2013). Por ejemplo: transportar hasta la máquina el molde que se utilizará en el siguiente lote, es una operación externa, dado que se puede realizar estando la máquina en funcionamiento. Limpiar el tamiz en un molino de pintura debe realizarse con la máquina parada y por eso se considera una operación interna (Carbonell, 2013).
3. Convertir las operaciones internas en externas: según Rajadell y Sánchez (2010), la conversión de operaciones de preparación internas a externas es quizás el principio fundamental del SMED. El objetivo es suprimir el tiempo que no agrega valor al proceso. En otras palabras, eliminar el tiempo improductivo. En esta etapa, se analizan todas las actividades internas, que son las que se realizan con un paro de máquina tratando de convertirlas en externas o, en el caso de no ser posible, intentar eliminarlas.
4. Perfeccionar tareas externas e internas: en la presente etapa se perfeccionan todos los aspectos en la operación de preparación. Aquí se incluyen todas las tareas externas e internas. Se debe

tener en cuenta que siempre se va a poder mejorar la optimización de la operación. Esta tarea es bastante compleja y precisa de alto nivel de detalle e imaginación. Se debe innovar en el diseño de dispositivos y elementos de sujeción. Por este motivo, cuando se logra alguna mejora de este tipo se comercializan de manera estándar en el mercado.

5. Estandarización: la última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello, se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo.

### Figura 3

*Cinco pasos para reducir los tiempos de cambio de la metodología SMED*



#### 4.2.2.3 Mantenimiento productivo total (TPM).

Es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental de la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios (Quizlet, s.f., párr. 1).

Para ello, el TPM propone cuatro objetivos (Hernández y Vizán, 2013). En la Figura 4 se representan.

**Figura 4**

*Objetivos del TPM*



El TPM se basa en dos fases que se dividen en cuatro pasos (Rajadell y Sánchez, 2010). Estos se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Fases TPM*

Fase 1: mantenimiento autónomo	Fase 2: proceso fiable
Volver a situar la línea en su estado inicial	Implantación de un buen indicador (eficiencia general de los equipos [OEE]).
Eliminar la suciedad y las zonas de difícil acceso	Estabilización de la OEE.
Aprender a inspeccionar el equipo	Mejorar el nivel de la OEE.
Mejora continua	Mantener el nivel de la OEE.

#### 4.2.2.4 *Just in time (JIT).*

JIT significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo lo demás, es desperdicio (muda). Toyota introdujo el JIT en los años cincuenta en respuesta a problemas que estaban enfrentando (Villaseñor, 2007). JIT es un conjunto de principios, herramientas y técnicas que permiten a la compañía producir y entregar los productos en pequeñas cantidades, con tiempo de entrega cortos, para satisfacer las necesidades del cliente. El JIT provee

tres elementos básicos: *takt time*, el flujo continuo, el sistema jalar (Milenio, 2015). *Takt time*, marca el ritmo a seguir dentro del proceso. El flujo continuo, permite a los materiales que fluyan de operación en operación y mejora la comunicación entre operadores. El sistema jalar, que permite a los materiales/productos fluir sin ningún inventario, o dentro de un rango mínimo de inventario en proceso reduce el tiempo de entrega y los costos de movimiento de inventario; refuerza la importancia de tener un sistema de calidad (Valenzuela, 2022).

#### **4.2.2.5 Mapa de Flujo de valor (VSM).**

El VSM es una metodología que ayuda a definir el camino y los hitos para la implantación del enfoque *lean* en una fábrica (Madariaga, 2013). Es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva (Krishna y Sharma, 2014).

VSM identifica cada acción para diseñar, ordenar y fabricar un producto específico. Luego, cada paso se clasifica en tres categorías: a) los que agregan valor, b) los que no agregan valor, pero son necesarios actualmente, y c) los que no agregan valor y pueden eliminarse. Después de eliminar la tercera categoría, la segunda debe abordarse a través de técnicas de flujo, atracción y perfección (Womack y Jones, 2003). Esta herramienta es una de las más importantes de la metodología *lean* para ayudar a los directivos de una compañía a señalar todas las oportunidades de mejora e incrementar el rendimiento de la operación (Abdulmalek y Rajgopal, 2007). Sin embargo, también se utiliza para reconocer rápidamente los cuellos de botella en la operación para ser tratados y eliminados (Kletti y Schumacher, 2011). Por otro lado, las etapas principales de un proyecto de mapeado se pueden resumir de acuerdo con la figura 5 en los siguientes puntos (Rother y Shook, 1998).

**Figura 5**

*Etapas principales de un proyecto de mapeado*



Un mapa del estado actual muestra los procesos/sistemas de trabajo como actualmente existen. Es vital entender las necesidades para el cambio y dónde se encuentran las oportunidades de mejora (Socconini, 2019). Asimismo, en este mapa se pueden observar los inventarios en proceso y la información para cada operación relacionada con su capacidad, disponibilidad y eficiencia (Socconini, 2019).

A partir del mapa del estado actual se diseña un mapa futuro sin desperdicios, y si los hay serán los mínimos necesarios para el desarrollo de las operaciones. En el mapa futuro se observará un flujo continuo durante transcurso de todas las operaciones y los niveles de *stock* tanto de materiales en curso como productos terminados serán mínimos (Socconini, 2019).

#### **4.2.3 Magnitudes clave**

La variable clave para implementar un sistema de gestión del flujo de la producción es el tiempo. La administración y el control de esta variable hacen que se establezcan las mejoras y estrategias del flujo de productos (Muñoz et al., 2022b). Por lo tanto, se presentan las siguientes mediciones (Tabla 4).

**Tabla 4***Magnitudes clave*

Magnitud	Definición	Fórmula
<i>Takt time</i>	<i>Takt time</i> es el tiempo que determina el ritmo al cual se debe producir al interior de una línea de producción.	$\frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Unidades Requeridas}}$ <p>Tiempo disponible: tiempo del que se dispone para la fabricación, sin incluir descansos, pausas activas, tiempo fuera de servicio, alistamientos o cambios. Unidades requeridas/demandadas por el cliente</p>
Tiempo de ciclo/proceso	<p>Individual: tiempo que dura cada operación individual como pintar una pieza, esmerilar, empacar, etc. El tiempo de cada operación individual se puede dividir a su vez en elementos específicos, como tomar material, mover piezas, realizar ensambles (Szarfman, 2018).</p> <p>Total: es el tiempo que suman todas las operaciones, y éste transcurre desde que se termina una unidad de producto hasta que se acaba la siguiente.</p>	Tiempo/unidad
<i>Lead time</i>	Es el tiempo total de la cadena de valor: desde que se tiene la materia prima hasta que se termina el producto. Incluye las actividades que agregan y que no agregan valor, y se define en el mapa de cadena de valor.	

**4.2.4 Desperdicios**

Son las actividades desarrolladas en el proceso que no agregan valor al cliente o que no tienen relación con el producto final. Existen siete tipos de desperdicio o muda (Liker y Hoseus, 2009), los cuales se explican en la Tabla 5.

**Tabla 5***Mudas del proceso*

Nombre	Definición
Sobreproducción	Es el principal desperdicio y obedece a una falta de planeación donde la producción es mayor a la necesidad requerida. Esto lleva a obtener inventarios altos e innecesarios que generan sobrecostos en la operación.
Inventarios	Este desperdicio refleja la existencia de recursos superiores al mínimo necesario. Incluye los costos de almacenamiento o bodegaje de productos terminados, en proceso o materiales.
Sobreprocesamiento	Corresponde a las actividades adicionales que se realizan a un producto sin obtener un beneficio o que no agregan valor al cliente.
Transporte innecesario	Se conoce como la distancia total recorrida por un producto. Indica los movimientos o transporte de los productos sin ningún propósito o beneficio.
Esperas	Las esperas se encuentran en todo el proceso productivo. Estas generan tiempos en los que no se realiza ninguna transformación, ya sea por la demora en los procesos anteriores o por las materias primas que esperan ser procesadas.
Movimientos innecesarios	Son todos los desplazamientos innecesarios que realizan los empleados durante su labor. Esto podría deberse a la inefectividad de los diseños de los puestos de trabajo.
Artículos defectuosos	Son los productos defectuosos que requieren un reproceso. Por lo tanto, generan pérdidas o costos adicionales.

**5 Metodología**

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en una empresa de alimentos nutricionales con propósito médico especializado ubicada en la zona franca del municipio de Cota, Cundinamarca. Se tuvo acceso a la información clasificada de la compañía y se revisaron las hojas de control de manufactura (HCM), los instructivos de fabricación y empaque (IFE). Estos aportaron datos específicos para la elaboración del flujo de valor. Finalmente, se estudió el VSM para determinar la situación actual de la operación al identificar las principales restricciones en sus procesos como se observa en la figura 6, adicionalmente se tomaron por dos meses (julio, agosto) mediciones en el gemba las cuales dieron claridad al desarrollo del trabajo.

**Figura 6***Metodología*

1. Diseño del flujo de valor actual del proceso de producción de la compañía: por medio de la observación y toma de datos, se llevó a cabo el desarrollo del VSM. Esto con el fin de establecer el estado actual del proceso en términos de cuellos de botella (diagrama de balanceo), desperdicios (mudas) y posibles oportunidades de mejora.
2. Diseño del flujo de valor futuro del proceso de producción: de manera conceptual, se identificaron herramientas y técnicas *lean* para el desarrollo del mapa futuro. En este se visualizaron los posibles resultados de las acciones de mejora y el impacto por la eliminación de desperdicios, la reducción del tiempo de ciclo, la reducción del *lead time* y la manera de conseguir un flujo continuo del producto realizado.
3. Implementación de acciones de mejora conducentes a lograr el flujo futuro: identificadas y analizadas las mudas del proceso, se aplicaron las herramientas *lean*. De acuerdo con la literatura y la experiencia, resultaban más adecuadas para reducir los desperdicios.
4. Evaluación del impacto de las acciones de mejora en términos de calidad y productividad: a través de los KPI establecidos se evaluaron los impactos directos e indirectos generados por las acciones de mejora implementadas.

## 6 Presentación de resultados

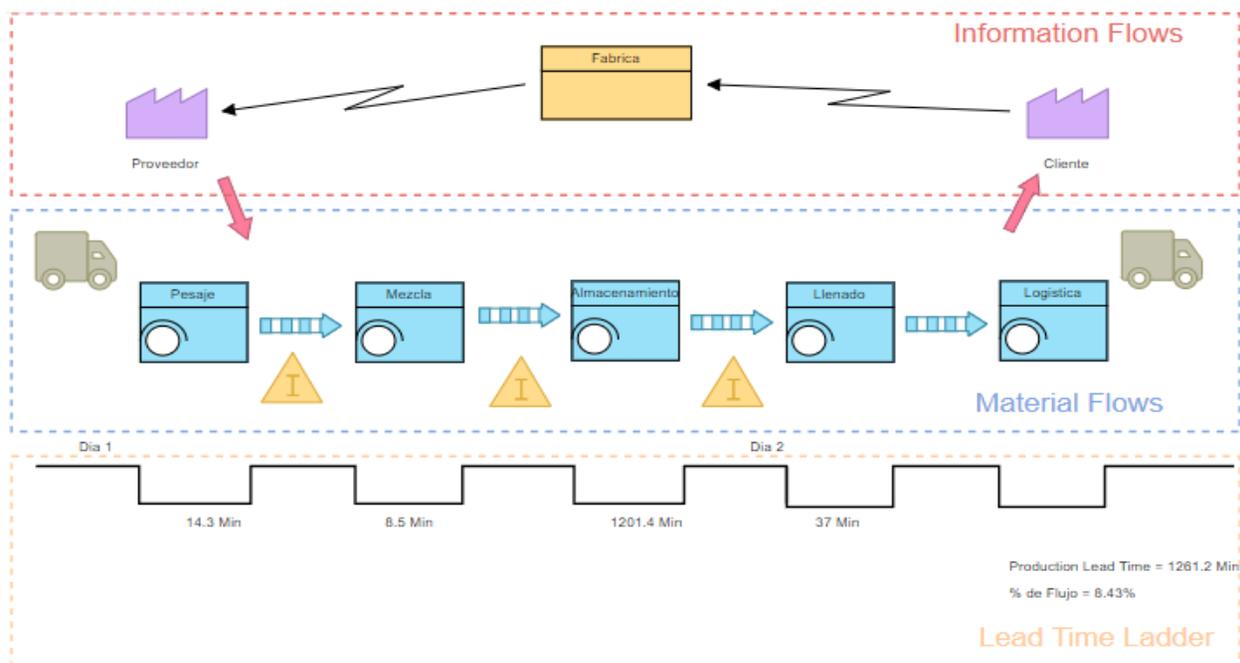
A continuación, se realiza la presentación de los principales resultados obtenidos en función de la metodología citada.

### 6.1 Flujo de valor actual del proceso

Como se mencionó en la metodología, es esencial conocer el estado actual del flujo de valor del proceso con el fin de identificar desperdicios y encontrar las oportunidades de mejora. Cabe resaltar que la empresa trabaja con un mismo proceso para diferentes productos, por lo cual se realizó un VSM general (figura 7) con la ayuda del programa online (*Visual Paradigm Online*). En este análisis se trabajó bajo la construcción de un bache de producción de 450kg equivalente a 1125 unidades de 400g

**Figura 7**

*VSM actual (macromapa flujo de valor)*



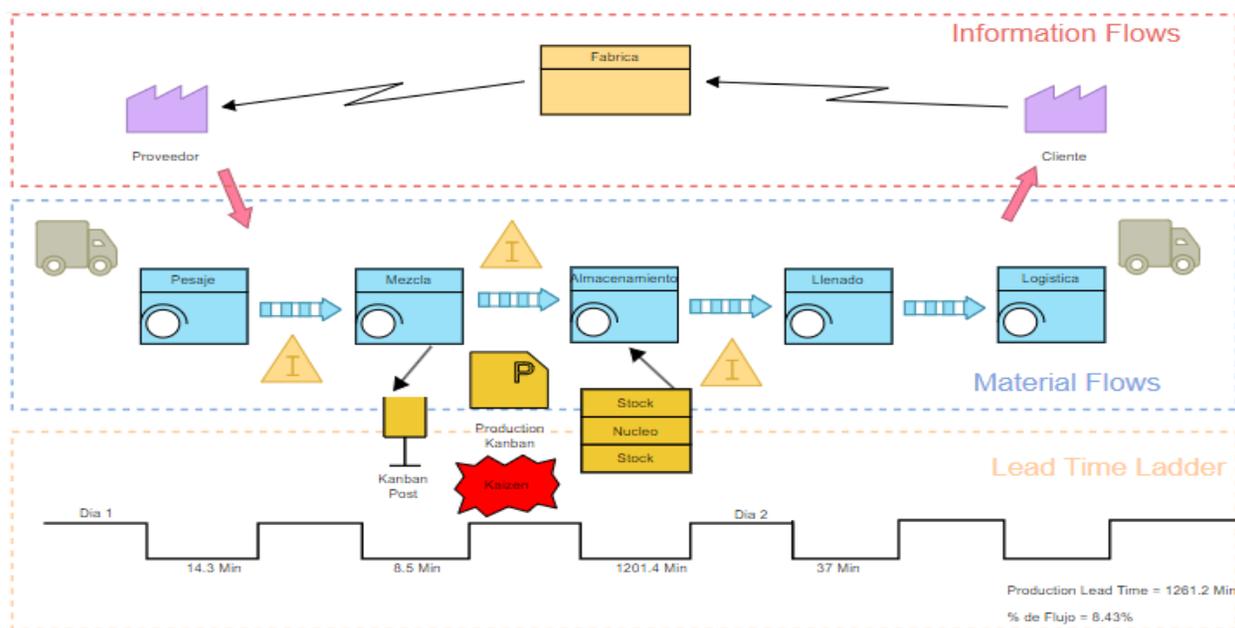
\*40 Toneladas lata pequeña / mes \*20 Toneladas lata grande / mes

Posterior al mapeo general, se identificaron dos oportunidades de mejora en el proceso productivo en las etapas de mezcla y almacenamiento. Primero, se observó que el tiempo de

almacenamiento era el más extenso en el proceso productivo debido a una serie de novedades operacionales. Por este motivo, se decidió desglosar de una manera visual la operación en el almacenamiento para identificar cómo se podía disminuir este tiempo. En la Figura 8 se muestra el micro VSM de almacén.

**Figura 8**

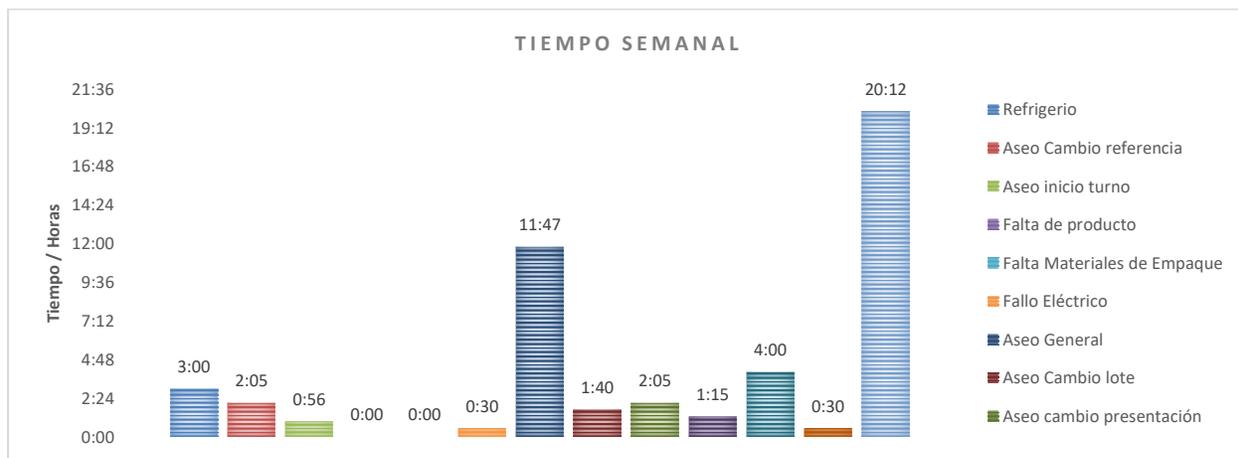
*VSM (micromapa flujo de valor - aseos)*



Al realizar el estudio de almacenamiento se detectó que posiblemente el proceso generaba un cuello de botella en el almacén como se observa en la figura 8, donde el porcentaje de flujo era bajo debido al exceso de tiempo de inactividad para culminar el producto final. Sin embargo, al revisar la figura 9, nos muestra que el tiempo de inactividad que tiene la planta está destinado a la realización de aseos dejando visiblemente el proceso que se debe atacar.

**Figura 9**

*Principales paros en la planta de producción*

**Figura 10**

*Fotos del proceso de pesaje, la mezcla en planta y el almacenamiento de productos*



En el área de mezclas se observa que el flujo no es continuo, en la fotografía de Pesaje 1 y 2 se observan los desplazamientos que deben realizar los operarios para pesar las materias primas generando tiempos muertos.



Como se observa en las fotografías anteriores, el flujo de la línea no es continuo resaltando los tiempos muertos y desplazamientos adicionales de los operarios en el proceso de pesaje. Adicionalmente, refleja el alto volumen de producto en proceso en el área de llenado que aumenta el tiempo de almacenamiento, en la fotografía se observa la cantidad de baches en el Kamban en espera de ser enviados a llenado. Cada una de estas deficiencias en el proceso y el desbalance del tiempo de ciclo se evidencian en la Figura 11. El área de etiquetado y empaque debe invertir 2160 segundos para consumir el producto elaborado en 864 segundos generando un cuello de botella en la operación.

**Figura 11**

*Desbalance del tiempo de ciclo en el proceso*



Consecuentemente, las producciones se realizaban en campañas cortas que obligaban a la planta a realizar aseos continuos para el cambio de producto. Estos duraban alrededor de 45 minutos cada uno, dado que no contaban con la estandarización en el proceso. Por ese motivo, se validó el diagrama de los cinco por qué, donde se detectó una oportunidad de mejora para el proceso. De

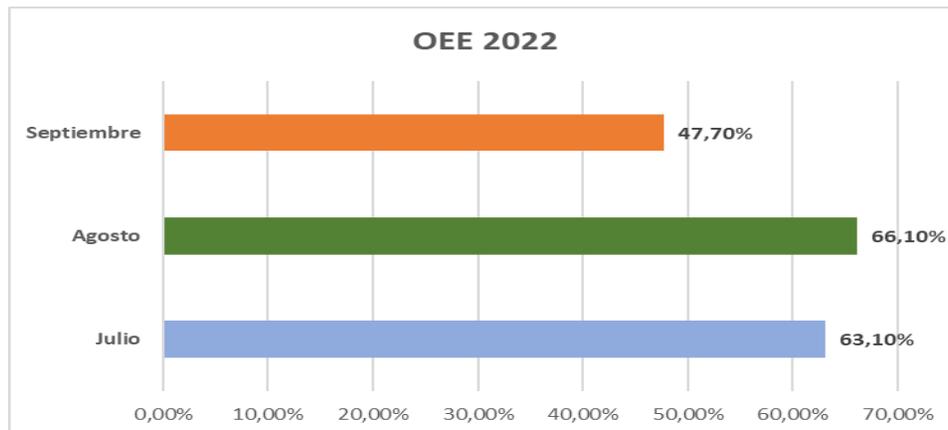
otra parte, los turnos de la planta eran de 10 horas diarias de lunes a viernes. Sin embargo, dada la cantidad de paradas, este se convertía en un tiempo productivo de 7.5 horas diarias promedio de acuerdo con el mix que se esté trabajando o la necesidad de los clientes que puede ser cambiante. Por esta razón, era importante aumentar el periodo de productividad para ganar eficiencia y cumplir con las necesidades del área comercial sin generar sobrecostos en la mano de obra.

**Tabla 6**

*Capacidad actual de la línea*

BASE DE CALCULO LATA GRANDE		BASE DE CALCULO LATA PEQUEÑA	
Tiempo disponible día (h)	10	Tiempo disponible día (h)	10
Tiempo disponible día (min)	600	Tiempo disponible día (min)	600
Tiempo Productivo (min)	450	Tiempo Productivo (min)	450
Tiempo Productivo (seg)	27.000	Tiempo Productivo (seg)	27.000
Unidades promedio (Turno)	7.800 unds	Unidades promedio (Turno)	11.700 unds
Peso promedio unidad (kg)	0,872 kg	Peso promedio unidad (kg)	0,400 kg
Total, kg (Turno)	6.802 kg	Total, kg (Turno)	4,680 kg
Total, kg (Semana)	13.603 kg	Total, kg (Semana)	21.060 kg
Total, kg (Mes)	54.413 kg	Total, kg (Mes)	84.240 kg

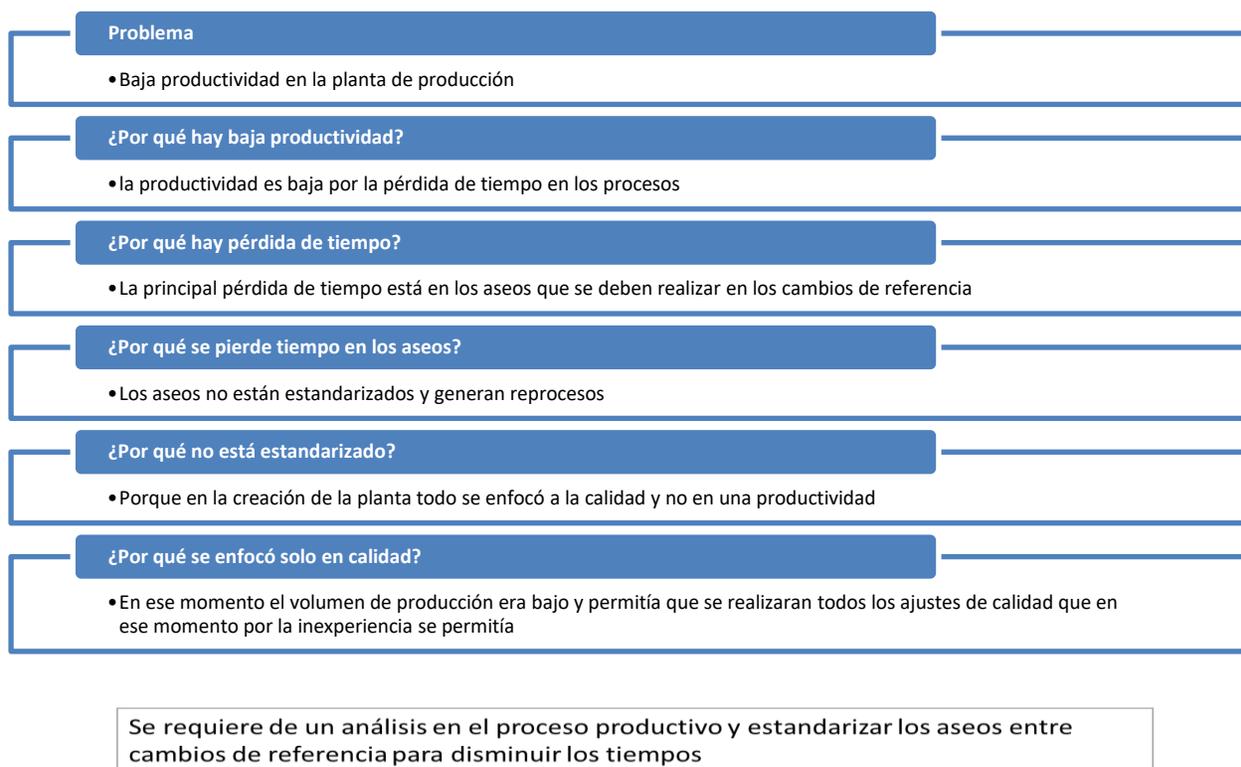
La compañía cuenta con dos referencias principales en su portafolio (Lata Grande que va de 864g a 900g y la presentación pequeña de 254g a 400g de acuerdo con el producto), después de validar por tres meses (Julio – Septiembre) el OEE de la planta de producción, se observa en la Figura 13 una coincidencia con lo descrito: las pérdidas de tiempo productivo eran elevadas. No obstante, como se trata de una empresa relativamente nueva, sin ningún tipo de medición o metodología, se evidencia la falta de estandarización, la cual fue imposible detectar en el proceso diario de producción.

**Figura 11***OEE planta de producción*

Al hacer uso del primer paso de la metodología del VSM fue posible observar con detalle el proceso. Sin embargo, antes de realizarlo, se optó por usar el diagrama de los cinco por qué con el fin de comprender las razones de ejecución de estas actividades.

## Figura 12

### Diagrama cinco porqués



Luego de realizar este diagrama, se observó que el factor que impedía una alta productividad en la ejecución del proceso era la pérdida de tiempo en la actividad tarea de aseo. No existía una estandarización del aseo entre cambios de referencia y esto se considera en la metodología *lean* como una muda enfatizada en esperas. De hecho, para cumplir los planes de producción establecidos por el área logística con base en el *forecast* de comercial, se debía incurrir en unos costos adicionales de personas y de apoyo de maquilas en el proceso. Estos últimos se desglosan a continuación (Tabla 6).

**Tabla 7***Costos adicionales para cumplir con los planes de producción*

Concepto	Cantidad	Valor
Horas extras	$10h*4d*40p=1600*$	\$ 9 667 200
Maquilas	$37\ 500un*0,400g=15\ 000$	\$ 56 250 000
Alimentación	$40p*4d*$	\$ 2 240 000
Transporte	$4d*4v*$	\$ 4 800 000
Total mes		\$ 72 957 200
Total año		\$ 875 486 400

*Nota.* \*h = horas; d = días; p = personas; v = viajes

### 6.1.1 Costo de personal

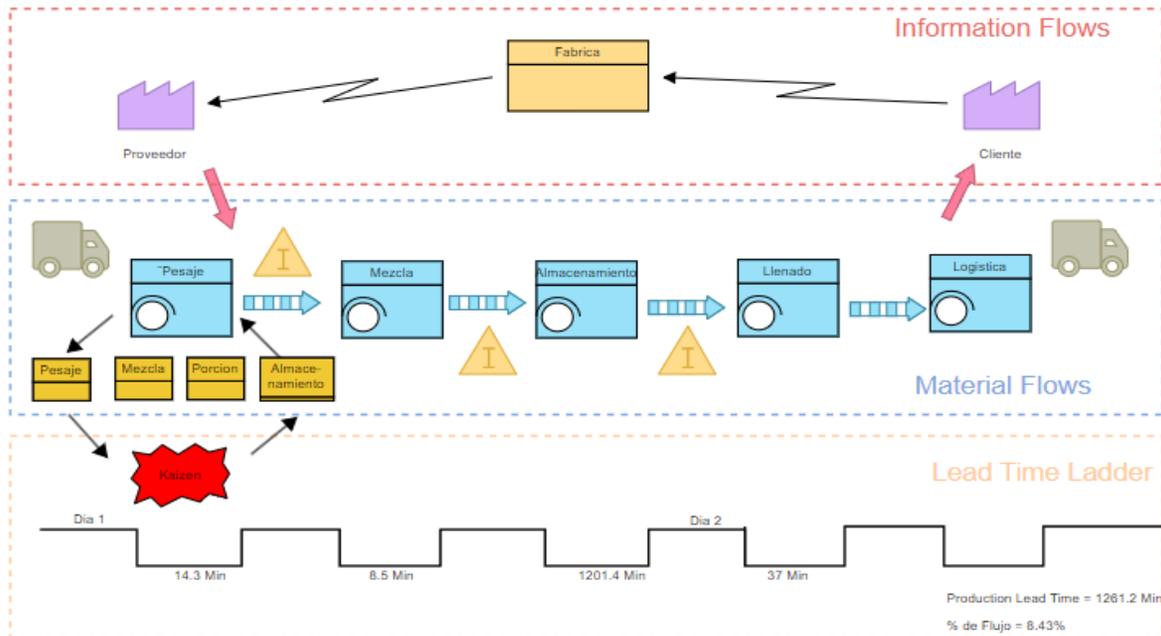
La plantilla de personal utilizada en este proceso era de 40 personas, quienes se programaron los cuatro sábados del mes en un turno de 10 horas. Adicionalmente, la empresa asumió el costo del transporte y la alimentación de los colaboradores.

### 6.1.2 Maquilas

Con el propósito de cumplir el plan, la empresa contrató a un maquilador para la fabricación de las unidades que no se lograban producir como consecuencia de la capacidad que se tenía. El segundo hallazgo detectado en el análisis del VSM fue una muda de reproceso que se presentó en la línea de pesaje y mezcla. Allí se fabricaba una premezcla o un núcleo inicial para dividirse en los baches. Esto generaba una pérdida de tiempo y trabajos repetitivos que no daban valor al proceso. Esto se observa en la Figura 15.

**Figura 13**

VSM (microfabricación de núcleos)



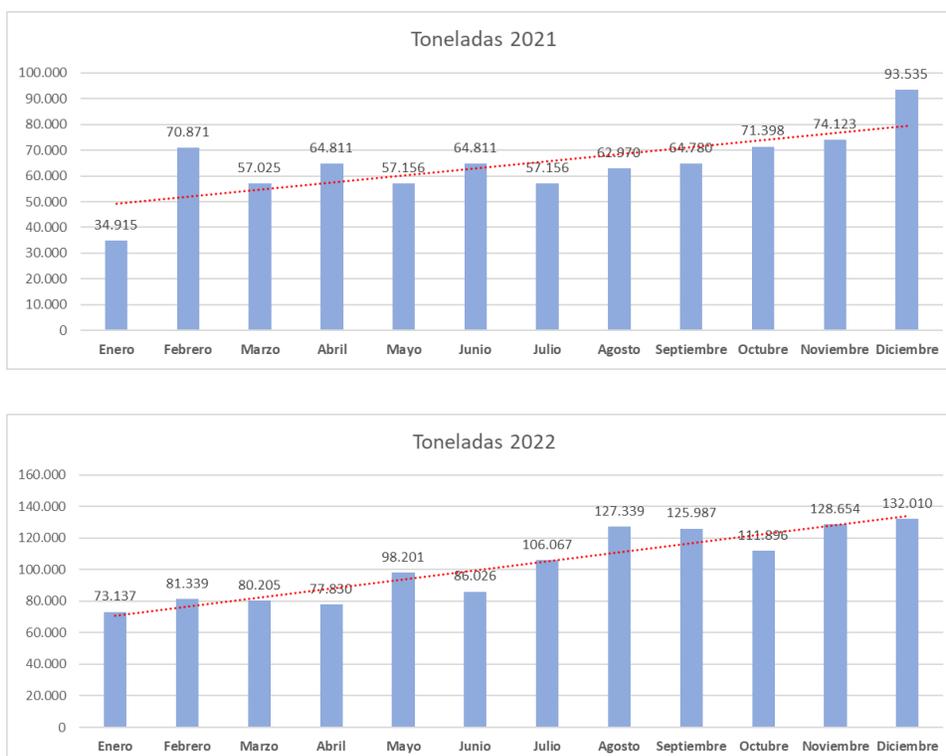
Luego de revisar el micro VSM, se observó que los procesos realizados para la fabricación de los módulos no agregaban valor; por el contrario, las tareas adicionales en la creación del módulo aumentaba el *lead time*. Por esa razón, se esperaba atacar la muda mediante un pensamiento de *lean management* para eliminar esta actividad y dejar las mezclas individuales en cada consecutivo.

## 7 Oportunidad de mejora

Después de conocer el flujo de valor y las mudas dentro del proceso, se planeó eliminarlas para construir el mapa de estado futuro y apoyar el crecimiento de la compañía respecto a las toneladas solicitadas en la planta de producción que superaban las 132 toneladas y que continúan en la tendencia de crecimiento respecto a los últimos años. Lo anterior, teniendo en cuenta el crecimiento de ésta en el último año (Figura 16).

### Figura 14

*Volumen de producción (kg) 2021 y 2022*



En esta figura se observa un incremento mes a mes de las toneladas solicitadas para el segundo semestre de 2021 donde se llegaron a fabricar 93 toneladas al mes de diciembre comparado con diciembre del 2022 se tiene un incremento del 41%. Este fue el punto de partida para ejecutar un cambio en el proceso y mejorar la productividad. Como se mencionó en el estado actual del proceso, para cumplir con los planes de producción, la compañía incurría en gastos por horas

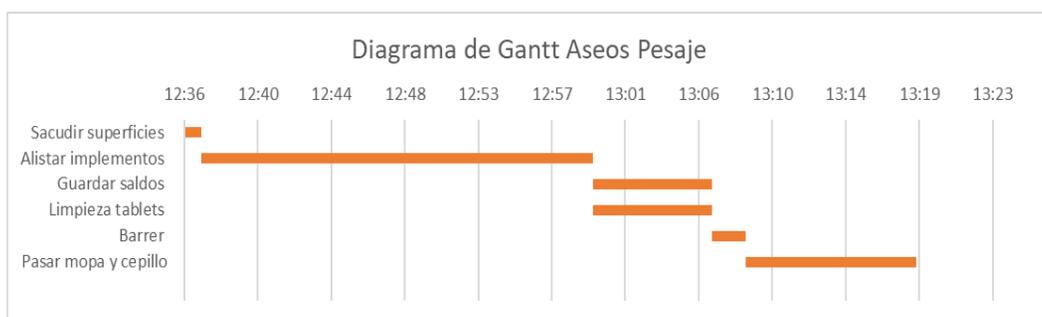
extras, transporte, alimentación y apoyo de un maquilador, quien mensualmente empacaba aproximadamente 15 000 kg (37 500 unidades). Esto evidenciaba que la compañía debía realizar cambios en el proceso productivo para disminuir costos y aumentar la productividad.

## 7.1 Propuesta SMED

Después de observar el estado actual de la empresa y ver que el mayor tiempo estaba en el almacenamiento, se optó por hacer uso de la metodología SMED de *lean manufacturing*. Dicha metodología tenía como objetivo la reducción del tiempo de cambio (Rajadell y Sánchez, 2010). En las siguientes figuras se muestra que el proceso de producción estaba desbalanceado. Una de las razones era la muda de espera causada por los altos tiempos de duración de los aseos. En la Figura 17 se plantea un diagrama Gantt para cada actividad del aseo asignado al pesaje cuando se realizaba un cambio de referencia. De igual manera, en la Figura 18 se muestra este mismo procedimiento para el proceso de mezclado, en tanto que son procesos de aseo con especificaciones diferentes.

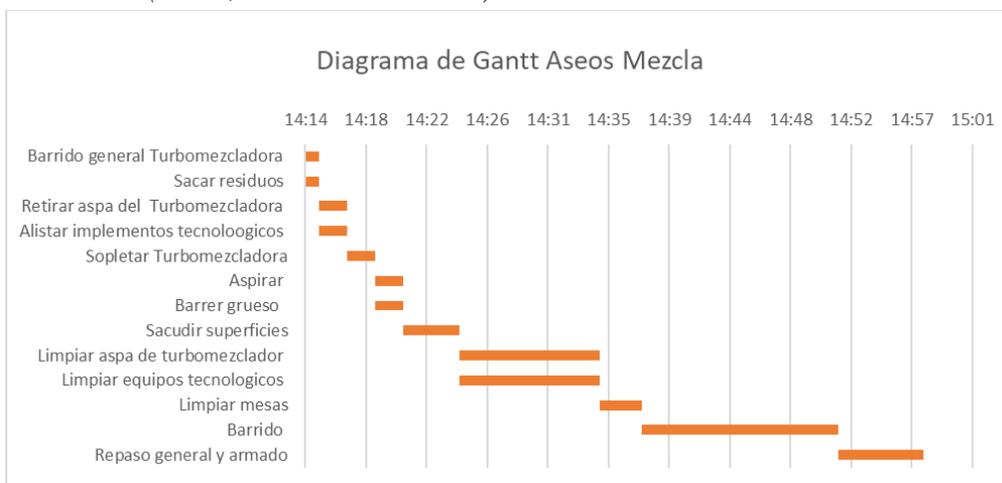
### Figura 15

Diagrama de Gantt (aseos, pesaje 43 minutos)



**Figura 16**

*Diagrama de Gantt (aseos, mezcla 47 minutos)*



Una vez observados e identificados los tiempos, se procedió a identificar las actividades externas e internas que se llevaban a cabo en el proceso de aseo (ver tablas 7 y 8).

**Tabla 8**

*Identificación actividades internas y externas del aseo del pesaje*

Actividades	Internas	Externas	Duración (min)
Sacudir superficies	X		0:01
Alistar implementos	X		0:23
Guardar saldos	X		0:07
Limpieza <i>tablets</i>	X		0:00
Barrer	X		0:02
Pasar mopa y cepillo	X		0:10
Total			0:43

**Tabla 9**

*Identificación actividades internas y externas del aseo de mezcla*

Actividades	Internas	Externas	Duración (min)
Barrido general turbo mezclador	X		0:01
Sacar residuos plásticos	X		0:00
Retirar aspa del turbo mezclador	X		0:02
Alistar implementos	X		0:00
Sopletear turbo mezclador	X		0:02
Aspirar	X		0:02
Barrer grueso	X		0:00
Sacudir superficies	X		0:04
Limpiar aspa del turbo mezclador	X		0:10
Limpiar equipos tecnológicos	X		0:00
Limpiar mesas	X		0:03
Barrido	X		0:14
Repaso general	X		0:06
Total			0:44

Al usar este método, se entiende que el proceso del aseo ejecutado en la empresa no era eficiente debido a que todos los pasos eran internos. Esto aumentaba la muda de espera y el tiempo de duración. Al respecto, se debe aclarar que las actividades internas se entienden como aquellas que se ejecutan cuando la máquina está detenida, donde se tenía un margen de mudas de espera elevado. Por otro lado, teniendo en cuenta la clasificación, fue necesario reducir los tiempos. Esto con el fin de convertir la mayor cantidad de actividades internas a externas. A raíz de esto, se propusieron algunas variaciones en la siguiente fase del método SMED.

### **7.1.1 Conversión de actividades internas a externas**

Para este paso se propuso realizar algunas actividades cuando la máquina estuviera en funcionamiento para que fuera un proceso paralelo y no se incurriera en tiempo extra que no agregaran valor. Las actividades propuestas para el cambio fueron las siguientes.

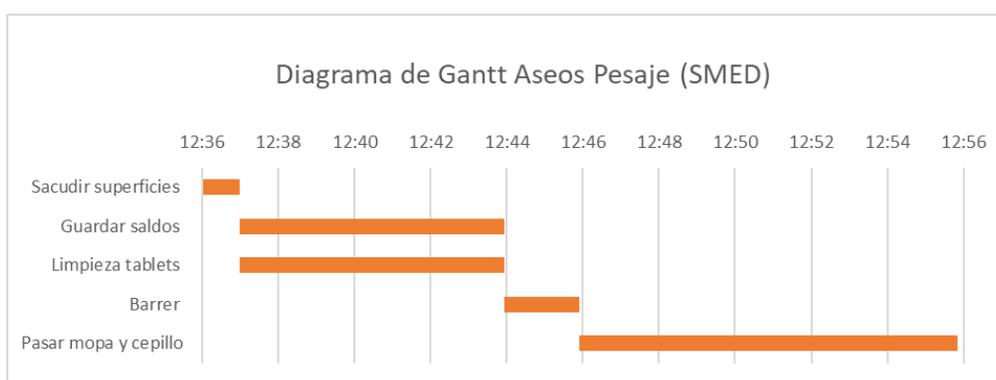
#### **7.1.1.1 Para pesaje.**

- Alistar implementos

Se propuso cambiar esta actividad de interna a externa porque la persona encargada la realizaba sin ningún contacto con la máquina que ejecutaba el proceso. Es decir, mientras el producto siguiera en producción, un operario podía alistar los implementos para el siguiente paso. Este cambio significaba una disminución de 23 minutos para el proceso de aseo de pesaje. A continuación, se muestran las tareas del proceso de aseo con sus respectivos tiempos (Figura 19).

**Figura 17**

*Diagrama de Gantt para pesaje después del SMED (20 minutos)*



#### 7.1.1.2 Para mezcla.

- Sacar residuos plásticos

Se propuso convertirla de interna a externa porque era una actividad que no tenía contacto con la máquina y no perjudicaba la asepsia del espacio donde se lleva a cabo el proceso productivo. Sin embargo, dado que se realizaba de forma paralela al barrido general del turbo mezclador, esto no implicaba una reducción del tiempo.

- Alistar implementos

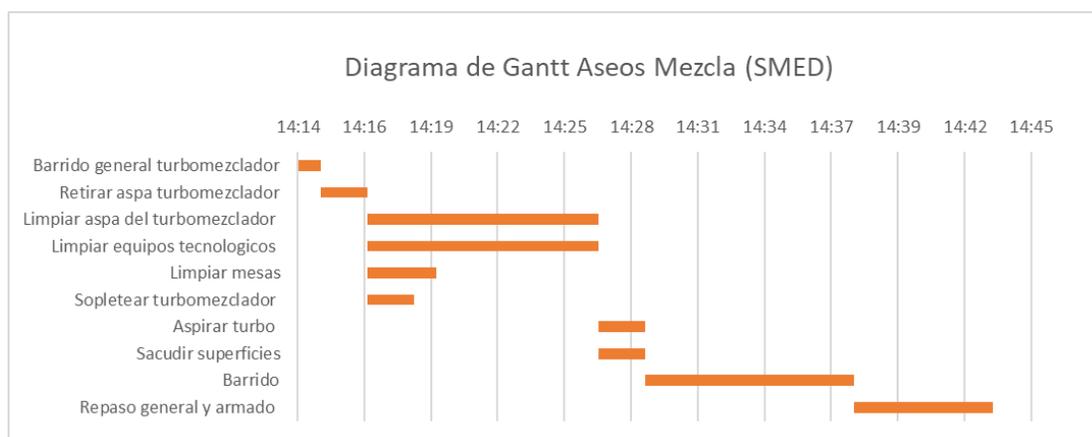
Al igual que la actividad anterior, esta se podía realizar con la máquina en marcha. No obstante, dado que se realizaba de manera paralela a una actividad interna donde se retiraba el aspa del turbo mezclador, era imposible convertirla a externa. En el proceso de aseo para mezclar las actividades que se podían convertir a externas, se trabajó con aquellas que funcionaban de forma paralela con actividades internas. De modo que no se generara ninguna disminución de tiempo. A raíz de esto,

era necesario eliminar, reducir o hacer que más actividades se realizaran al mismo tiempo para encontrar una oportunidad de mejora y hacer que el tiempo disminuyera.

Lo primero que se hizo fue reorganizar el orden en que se llevaban a cabo las actividades de aseo para que las cuatro actividades se hicieran a la vez y el tiempo se redujera considerablemente. Para eso, se estandarizaron los procesos. Había una persona encargada por actividad. Además, se optó por eliminar un barrido que se repetía en dos ocasiones innecesariamente. Los tiempos y pasos para cumplir con el aseo se muestran en las tablas 9 y 10. Finalmente, luego de convertir ciertas actividades a externas y encontrar mejoras para las que debían ser internas, se presentó el diagrama de Gantt (Figura 20).

### Figura 18

*Diagrama de Gantt para mezcla después del SMED*



De este modo, las actividades externas e internas que se llevaban a cabo en el proceso de aseo para ambos procesos quedaron de la siguiente manera (ver tablas 9 y 10).

**Tabla 10***Actividades internas y externas del aseo del pesaje*

Actividades	Internas	Externas	Duración (min)
Sacudir superficies	X		0:01
Alistar implementos		X	0:23
Guardar saldos	X		0:07
Limpieza tablets	X		0:00
Barrer	X		0:02
Pasar mopa y cepillo	X		0:10

**Tabla 11***Actividades internas y externas del aseo de mezcla*

Actividades	Internas	Externas	Duración (min)
Barrido general turbo mezclador	X		0:01
Sacar residuos plásticos	X	X	0:00
Retirar aspa del turbo mezclador	X		0:02
Alistar implementos	X	X	0:00
Sopletear turbo mezclador	X		0:02
Aspirar	X		0:02
Barrer grueso	X		0:00
Sacudir superficies	X		0:04
Limpiar aspa del turbo mezclador	X		0:10
Limpiar equipos tecnológicos	X		0:00
Limpiar mesas	X		0:03
Barrido	X		0:14
Repaso general	X		0:06

Después de aplicar la metodología SMED, se encontró que la estandarización del proceso de aseo era primordial para que el personal realizara su trabajo sin perder tiempo. Además, se debían preparar las herramientas con la máquina en marcha para disminuir el tiempo drásticamente. Tal reducción se presenta en las tablas 11 y 12.

**Tabla 12***Tiempos de la situación antes del SMED*

Antes del SMED			
	Hora inicial	Hora final	Duración
Pesaje	12:36:00	13:19:00	43 min
Mezcla	14:14:00	14:58:00	44 min

**Tabla 13***Tiempos de la situación después del SMED*

Después del SMED			
	Hora inicial	Hora final	Duración
Pesaje	12:36:00	12:56:00	20 min
Mezcla	14:14:00	14:44:00	30 min

Finalmente, la metodología SMED permitió disminuir los tiempos de aseo cuando se realizaban los cambios de referencia. El pesaje disminuyó en un 53 %, es decir, de 43 minutos a 20. Por otra parte, el aseo para mezcla logró disminuir en un 32 %, esto es, de 44 minutos a 30.

## 7.2 Aplicación de las 5S

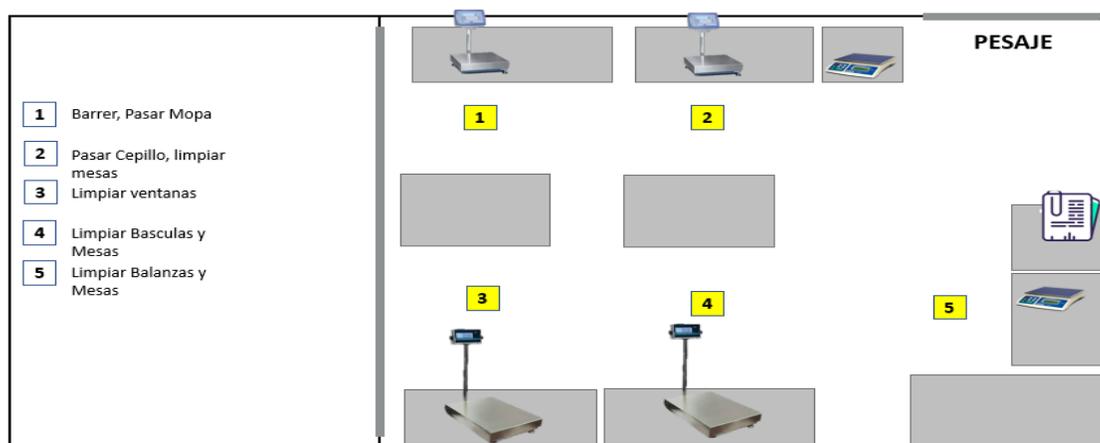
Después de reducir los tiempos de aseo con la metodología de SMED, se optó por desarrollar una estrategia que lograra estandarizar el proceso y hacer que los operarios fueran eficientes al momento de implementar el cambio.

1. *Seiri* (organización): en esta primera etapa, previa a realizar el SMED, se tenían claros los elementos y procedimientos que se debían eliminar. Sin embargo, todos los elementos de aseo que se podían utilizar estaban más próximos al área de pesaje y mezcla, donde se lleva a cabo el aseo.
2. *Seiton* (orden): cada uno de los elementos utilizados para el procedimiento de limpieza se ordenaron de tal forma que el operario los identificara rápidamente y no perdiera tiempo buscándolos.

3. *Seiso* (limpieza): para el personal que realiza los aseos se hizo obligatorio limpiar y dejar ordenados los utensilios usados después de cada limpieza. Este fue un paso más para el proceso, pero no afectó el *lead time*. Solo se estableció como un proceso externo. Además, se señaló que era necesario mantener ordenado el espacio donde se almacenan los utensilios para el procedimiento.
4. *Seiketsu* (estandarización): con el fin de implementar los cambios realizados con la metodología SMED, se realizó la estandarización del proceso. Dicha estandarización buscaba definir el paso a paso para que los operarios aplicaran exitosa y eficazmente los cambios realizados. Para ello, se crearon actividades específicas como se observa en la figura 21 y 22 con un modelo visual de trabajo.
5. *Shitsuke* (disciplina): el objetivo de la aplicación de las 5S era mantener el cambio realizado para conseguir un proceso productivo y balanceado. Esto con el fin de inculcar la disciplina necesaria para obtener los mejores resultados.

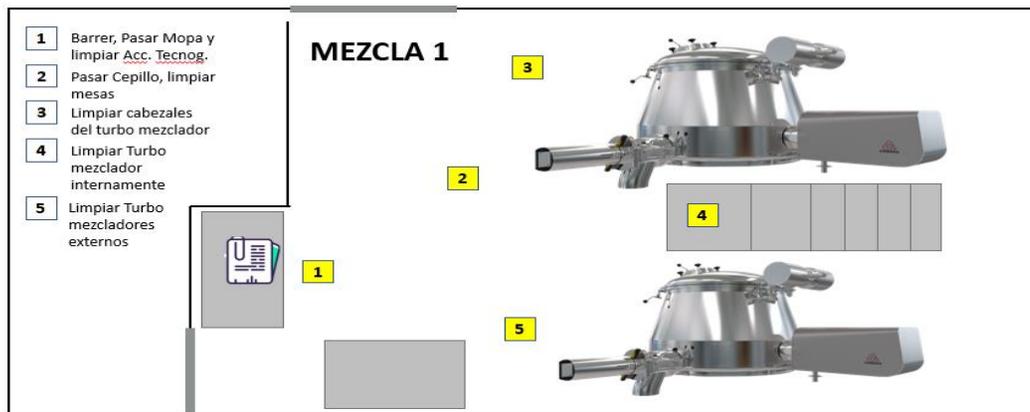
**Figura 19**

*Tareas asignadas por operario en el área de pesaje*



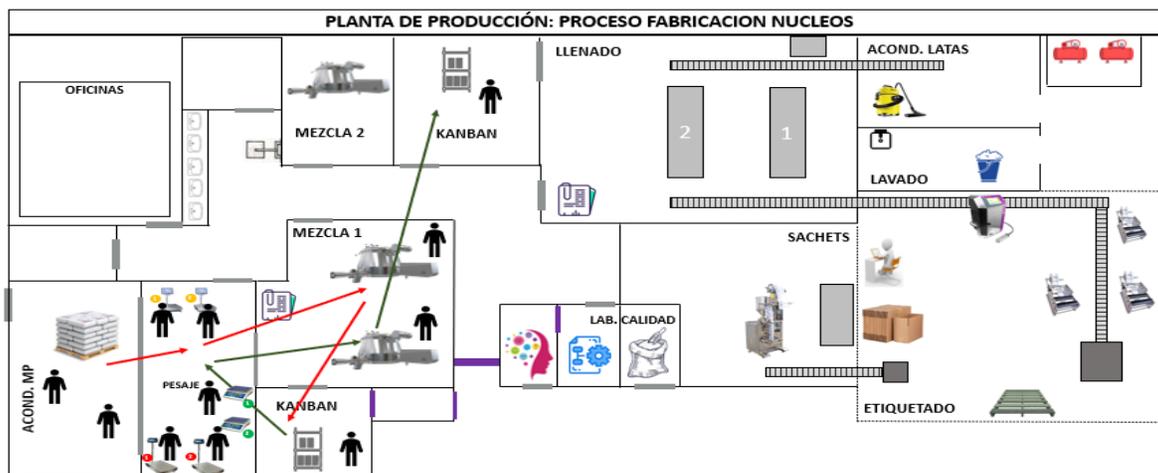
**Figura 20**

*Tareas asignadas por operario en el área de mezcla*



### 7.3 Eliminación de los núcleos en el proceso de mezcla

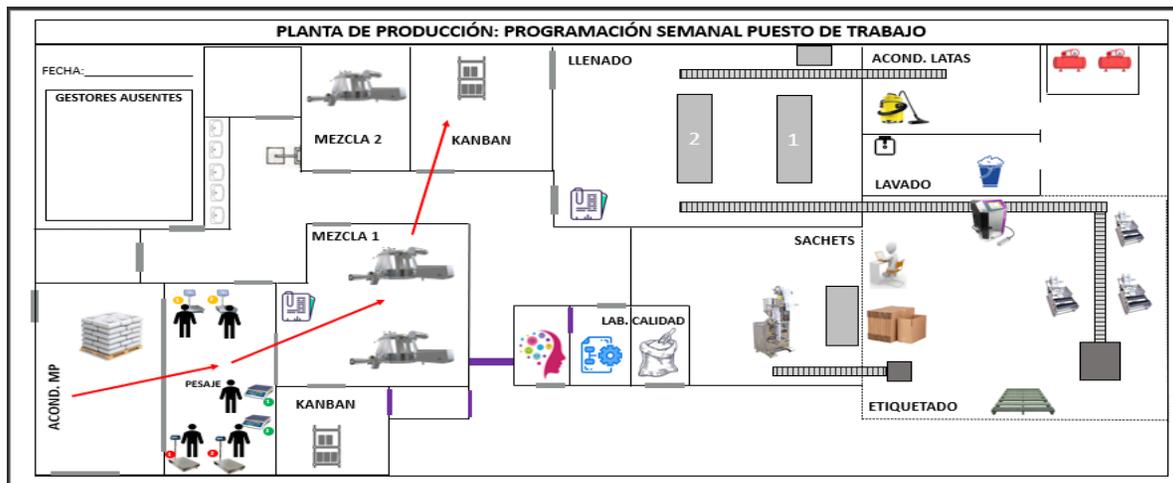
Al realizar el VSM (figura 7), se detectó que durante el proceso de pesaje y mezcla existía una oportunidad de mejora. Se trataba de la fabricación de una mezcla como se observa en la figura 10, con los ingredientes de menor porcentaje o gramaje para unificarlos en una única mezcla llamada núcleo. Esta se debía dividir de acuerdo con la cantidad de consecutivos o baches del producto para después utilizarse como un ingrediente general. Aun así, era un proceso innecesario. Por consiguiente, se señaló como desperdicio de sobreproceso, al incurrir en tiempos más altos y posibles errores que no agregaban valor al cliente y generaban pérdida de producto y productividad.

**Figura 21***Proceso de fabricación con núcleos*

La idea inicial de generar núcleos en la fabricación pretendía evitar pesar microingredientes para cada consecutivo y así facilitar el proceso en el área de pesaje. En consecuencia, la percepción de la disminución del tiempo desvirtuó la realidad de las otras áreas donde se generaban reprocesos y se daba espacio a errores y tiempos muertos. Para eliminar la muda, esta se debía convertir en una actividad de flujo continuo, sin importar la cantidad de ingredientes de la fórmula de fabricación en un menor tiempo. El método para realizar el proceso sin la formulación de núcleos se muestra en la Figura 24.

**Figura 22**

*Proceso de fabricación sin núcleos*



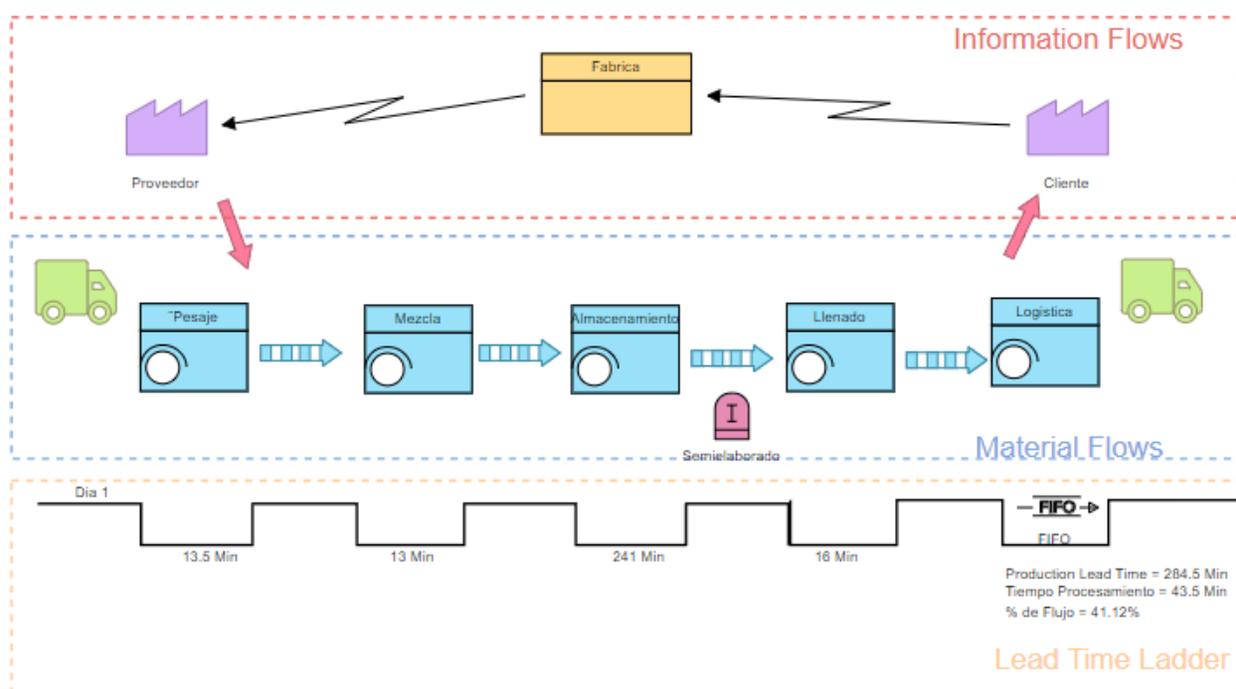
Gracias a la metodología SMED, la aplicación de las 5S y los cambios realizados con una mentalidad de *lean manufacturing*, se disminuyó el *lead time*, se estandarizó el proceso de aseo y se obtuvo un procedimiento balanceado. De igual manera, la muda de espera y los reprocesos se redujeron y se obtuvo un proceso más eficiente.

## 8 Estado futuro

Después de estandarizar el proceso y eliminar las mudas identificadas en el VSM mediante metodologías de *lean manufacturing*, se logró construir el estado futuro del proceso. De esa manera, se evidenció una mejora en la reducción del *lead time* del 77,44% y un aumento en el porcentaje de flujo del 387,78%.

**Figura 23**

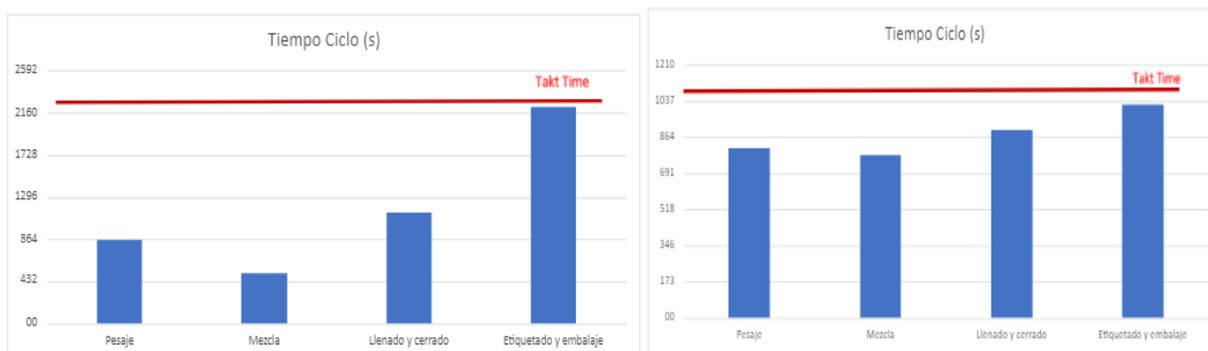
*VSM futuro*



Adicionalmente, se obtuvo un proceso balanceado y de flujo continuo en cada una de sus etapas. En la Figura 26 se evidencia que el tiempo de ciclo mejoró considerablemente en 1123 segundos respecto al estado inicial, esto incrementa los tiempos de fabricación y por ende las toneladas para dar cumplimiento a los planes de producción.

**Figura 24**

*Tiempo de ciclo antes y después de la implementación - balanceo de la línea*



Al obtener la visión futura del proceso, se observó que la capacidad de la línea aumentaba. Todo ello, cumpliendo el plan de producción con personal propio.

**Tabla 14**

*Capacidad futura con la implementación de las mejoras*

BASE DE CALCULO LATA GRANDE		BASE DE CALCULO LATA MEDIANA	
Tiempo día (h)	10	Tiempo disponible día (h)	10
Tiempo disponible día (min)	600	Tiempo disponible día (min)	600
Tiempo Productivo (min)	510	Tiempo Productivo (min)	510
Tiempo Productivo (seg)	30600	Tiempo Productivo (seg)	30600
Unidades promedio (Turno)	9.000 unds	Unidades promedio (Turno)	11.769 unds
Peso promedio unidad (kg)	0,872 kg	Peso promedio unidad (kg)	0,400 kg
Total kg (Turno)	7.848 kg	Total kg (Turno)	4.708 kg
Total kg (Semana)	39.240 kg	Total kg (Semana)	23.538 kg
Total kg (Mes)	156.960 kg	Total kg (Mes)	94.154 kg
Unidades promedio (Mes)	180.000 unds	Unidades promedio (Mes)	235.385 unds

Al aumentar la capacidad de la planta en una hora diaria, dado que se pasó de 7,5 horas a 8,5 horas productivas, la planta aumentó su capacidad hasta el punto de absorber la operación que realizaba la maquila la cual generaba un costo de \$ 56 millones mensuales. Esto se convierte en un ahorro de \$ 675 millones anuales donde adicionalmente se está protegiendo la confidencialidad de las fórmulas y garantizando la calidad de todos sus productos.

**Tabla 15***Costos mensuales Actuales / anteriores*

Concepto	Cantidad	Valor
Horas extras	$10*4*40 = 1600$	\$ 9 667 200
Alimentación	$40*4*14 000$	\$ 2 240 000
Transporte	$4*4*300 000$	\$ 4 800 000
Total mes		\$ 16 707 200
Total año		\$ 200 486 00

Concepto	Cantidad	Valor
Horas extras	$10h*4d*40p=1600*$6042$	\$ 9 667 200
Maquilas	$37 500un*0,400g=15 000$	\$ 56 250 000
Alimentación	$40p*4d*$14 000$	\$ 2 240 000
Transporte	$4d*4v*$300 000$	\$ 4 800 000
Total mes		\$ 72 957 200
Total año		\$ 875 486 400

La compañía tiene un ahorro de \$ 675 millones debido al incremento en la productividad donde se ve el ahorro en el gasto de la maquila que venía dando apoyo a la producción.

## 9 Conclusiones

- La construcción del VSM permitió conocer de manera detallada e integral el proceso de producción, resaltando las oportunidades de mejora en la planta de producción. En este contexto, se evidenciaron las operaciones que no agregaban valor a lo largo del proceso para ser intervenidas optimizando los tiempos y aumentando la productividad de la línea bajo metodologías *Lean*.
- Las mudas encontradas en el proceso fueron de espera, esto se evidenció en el momento de realizar los aseos requeridos en la planta por los cambios de producto, presentación y referencia; adicionalmente se encontró un reproceso en el área de pesaje y mezcla donde la elaboración de núcleos con micro ingredientes no generaba valor al proceso, por el contrario las actividades adicionales sumaban tiempos, en los inicios de la planta se implementaron con el pensamiento de agilizar el pesaje de las mezclas pero no se realizó un estudio de tiempo y movimientos, datos necesarios para su inclusión en el proceso, gracias al VSM, al seguimiento realizado y a la medición en proceso se descartó esta teoría.
- Las metodologías del SMED y 5S se seleccionaron para dar solución a las oportunidades de mejora encontradas en el VSM inicial. Para ello, se redujo el *lead time* y el porcentaje de flujo considerablemente como se evidencia en la Figura 28.

**Figura 25**

*Mejora realizada*

	<b>Actual</b>	<b>Futuro</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Lead time (s)</b>	75670	17070	<b>-77,44</b>
<b>Lead time (min)</b>	1261	284	
<b>Lead time (h)</b>	21:01:10	4:44:30	
<b>Tiempo de procesamiento (s)</b>	6380	7020	
<b>Tiempo de procesamiento (min)</b>	106	117	
<b>Tiempo de procesamiento (h)</b>	1:46	1:57	
<b>% Flujo</b>	8,43%	41,12%	<b>387,78%</b>

- Se identificó que la empresa estaba incurriendo en gastos elevados debido a las mudas encontradas en el proceso, la principal se generaba especialmente en la contratación de

maquiladores que soportaran la deficiencia de la planta para poder cumplir con las necesidades comerciales. No obstante, mediante las metodologías implantadas, estas se redujeron como se observa en la Figura 29.

**Figura 26**

*Reducción de los gastos*

Concepto	Costos Actuales	Costos Futuros	Ahorro
Horas extras	\$ 9.667.200	\$ 9.667.200	
Maquilas	\$ 56.250.000	\$ 0	
Alimentación	\$ 2.240.000	\$ 2.240.000	
Transporte	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000	
<b>Total mes</b>	<b>\$ 72.957.200</b>	<b>\$ 16.707.200</b>	
<b>Total año</b>	<b>\$ 875.486.400</b>	<b>\$ 200.486.400</b>	<b>\$ 675.000.000</b>

- La compañía objeto de estudio enfrentó grandes e interesantes retos gracias a la velocidad de su crecimiento. Por eso, era necesario estandarizar y optimizar los procesos en busca de un aumento de productividad que mejorara el rendimiento y disminuyera los tiempos que al final del ejercicio arrojara una rentabilidad adecuada garantizando la permanencia y competitividad en el mercado. Gracias a este proyecto se dio un enfoque diferente resaltando oportunidades en los demás procesos que no tuvieron alcance en el proyecto, pero con la convicción que siempre se puede mejorar.

## 10 Referencias

- Abdulmalek, F., & Rajgopal, J. (2007). Análisis de los beneficios de la fabricación ajustada y el mapeo del flujo de valor a través de la simulación: un estudio de caso del sector de procesos. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223-236. <https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v107y2007i1p223-236.html>
- Aguas, F. (2021). *En mi planta de producción*. LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/en-mi-planta-de-producci%C3%B3n-francisco-aguas/?originalSubdomain=es>
- Azizi, A., & Manoharan, T. (2015). Designing a future value stream mapping to reduce lead time using SMED: a case study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>
- Cabrera, R. (s.f.). *VSM Value Stream Mapping: análisis del mapeo de la cadena de valor*. Orión: <https://orion2020.org/archivo/cadenadevalor/VSM22.pdf>
- Cuatrecasas, L. (2015). *Lean management: la gestión competitiva por excelencia*. Profit Editorial.
- Diah, H., Parkhan, A., & Sugarindra, M. (2018). Productivity improvement in the production line with lean manufacturing approach: case study PT. XYZ. *The 2nd International Conference on Engineering and Technology for Sustainable Development*. Yogyakarta. [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/13/mateconf\\_icet4sd2018\\_01093/mateconf\\_icet4sd2018\\_01093.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/13/mateconf_icet4sd2018_01093/mateconf_icet4sd2018_01093.html)
- Dreamer, S., & Niewiarowski, P. (2015). *Lean en Novartis Pharma: sostenibilidad a través de una implementación de cinco pasos*. Novartis Pharma.
- Favela, M., Escobedo, M., Romero, R., & Hernández, J. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(1), 115-133. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7770068.pdf>

- Figueredo, F. (2015). Aplicación de la filosofía lean manufacturing en un proceso de producción de concreto. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 4(15), 7-24. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215047546002.pdf>
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Escuela de Organización Industrial.
- Ingeniería de Calidad. (2018). *¿Que es SMED? Metodología SMED: origen, objetivos, tipos de cambio*. <https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/que-es-smed.html>
- Jaramillo, P., & Jerves, I. (2015). *Propuesta de implementación de un laboratorio lean manufacturing-seis sigma en la Escuela de Ingeniería de la Producción y Operaciones [Trabajo de titulación]*. Universidad del Azuay.
- Kelly, S. (2014). *Creando una cultura de continuo diagnóstico Longford. Mejora y sostenibilidad sistemas de gestión en Abbott*. Abbott.
- Kletti, J., & Schumacher, J. (2011). *La producción perfecta*. Springer.
- Krishna, N., & Sharma, A. (2014). Lean manufacturing implementation sing value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 89-116. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2012-0002>
- Liker, J., & Hoseus, M. (2009). *Toyota culture: the heart and soul of the Toyota way*. Center for Quality People & Organization.
- Madariaga, F. (2013). *Lean manufacturing: exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Library of Congress.
- Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). Lean manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología*, 5(4), 16-26. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>
- Milenio. (2015). *El impacto de prácticas de manufactura de clase mundial en una empresa*. <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/impacto-practicas-manufactura-clase-mundial-empresa>

- Muñoz, J., Balón, I., Reyes, F., & Muyulema, J. (2022a). Manufactura esbelta para eliminación de desperdicios en pymes: una revisión sistemática de la literatura. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(4), 483-495. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1279>
- Muñoz, J., Zapata, C., & Medina, P. (2022b). *Lean manufacturing: modelos y herramientas*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Orquídea, A. (2016). *Propuesta de implementación de herramientas de la filosofía lean manufacturing en empresa de bebidas no alcohólicas. Caso: LENOC Industrial, SRL [Trabajo final de maestría]*. UNAPEC.
- Ortiz, J. (2022). *Modelo de gestión para la aplicación de herramientas lean manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antiplama de Lima - Perú [Tesis doctoral]*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Payseo, F. (2014). *Diseño de una línea de producción y optimización de su flujo logístico utilizando técnicas de lean manufacturing. Aplicación a la fabricación de un motor de seis cilindros diésel [Trabajo de fin de carrera]*. Universidad de Sevilla.
- Quizlet. (s.f.). *Mantenimiento productivo total*. <https://quizlet.com/mx/521092926/mantenimiento-productivo-total-flash-cards/>
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Díaz de Santos.
- Rivera, L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing. *Heurística*, 15, 91-106. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/79590/1/rivera\\_justificacion\\_conceptual\\_2013.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/79590/1/rivera_justificacion_conceptual_2013.pdf)
- Rother, M., & Shook, J. (1998). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing*. Norma.

Szarfman, J. (2018). *Mapa de la cadena de valor VSM 1*. Slideshare:  
<https://es.slideshare.net/JoseSzarfman/mapa-de-la-cadena-de-valor-vsm-1>

Todo Proyectos. (2021). *Cadena de valor*. <https://todoproyectos.mx/2021/05/17/cadena-de-valor/>

Valenzuela, A. (2022). *Sistemas de manufactura esbelta*. Slideshare:  
<https://es.slideshare.net/patitovalenzuela/sistemas-de-manufactura-esbelta>

Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press.

Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean solutions*. Free Press.