



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería de Producción**

***Sistema de Producción Toyota en una metalmecánica. Caso de  
estudio: CMIM***

Sara Carolina Arévalo Avilés

Nicole Carolina Narváez Jara

Damián Encalada Avila

Cuenca

2026

## **Dedicatoria**

A mis padres y hermanas, por ser el pilar fundamental de mi vida. Por su apoyo, sacrificio y sobre todo, amor incondicional.

Nicole

## **Dedicatoria**

A mis padres, Javier y Renata y a mi hermana, Soledad por su apoyo y amor incondicional.

Sara

## **Agradecimientos**

A Dios, por ser la guía constante en mi vida y acompañarme en cada paso de este camino.

A mis padres, por brindarme cada una de las oportunidades que he tenido, tanto en mi vida personal como académica. Por ser mi principal apoyo, mi guía y el motor que me ha permitido llegar hasta aquí. Gracias por todo su esfuerzo, trabajo y sacrificio.

A mis hermanas, por ser la definición de amor incondicional, mi mayor inspiración y mis confidentes más importantes.

A mis profesores, por todo el conocimiento y experiencia compartidos a lo largo de estos años.

En especial, a mi tutor, el Ingeniero Damián Encalada, por su apoyo, orientación y acompañamiento en la elaboración de este trabajo.

A mi compañera y amiga Sara, por su dedicación, esfuerzo y compromiso para hacer posible este trabajo, así como por todo el tiempo, aprendizaje y experiencias compartidas durante la carrera.

Finalmente, a todas y cada una de las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este camino y han contribuido a que hoy pueda culminar esta etapa.

Nicole

### **Agradecimientos:**

A mis padres, por brindarme la oportunidad de seguir formándome profesionalmente, por su esfuerzo, confianza y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por ser mi mayor inspiración y motivación para alcanzar cada una de mis metas.

A mi hermana, por acompañarme en cada etapa y ayudarme a superar cada obstáculo del camino.

A mis abuelos y a toda mi familia, por creer en mí y sentirse orgullosos de mis logros.

A mi pareja y amigos, por su apoyo emocional, comprensión y compañía durante este proceso tan importante.

A mis profesores, por haberme transmitido, a través de su pasión y dedicación, los conocimientos de esta carrera y la motivación necesaria para formarme como una gran profesional.

A mi compañera Nicole, por haber compartido conmigo esta etapa universitaria y por trabajar juntas con dedicación y entusiasmo en la realización del presente trabajo.

A Dios por guiarme, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi tutor el Ingeniero Damián Encalada por su soporte durante toda la carrera, por compartirnos sus conocimientos y ayudarnos en la construcción de este trabajo.

A cada uno de los profesores que me han acompañado en este trayecto, compartiéndome sus conocimientos y experiencia en cada momento.

Sara

**RESUMEN:**

El presente trabajo de titulación se desarrolla en la empresa metalmecánica CMIM y tiene como objetivo diseñar una base operativa sólida para el proceso de fabricación del Porta Goma 3/8 NPT, mediante la aplicación progresiva de las herramientas iniciales del Sistema de Producción Toyota (TPS). Para la etapa de diagnóstico, se utilizó el Value Stream Mapping (VSM) y el Snap Picture para identificar cuellos de botella y los desperdicios o mudas. Como parte de la propuesta, se planteó la aplicación de las fases iniciales de la metodología 5S (Seiri, Seiton y Seiso), el tablero de control Kanban y mecanismos Poka Yoke, logrando mejoras tangibles en la organización del entorno, ergonomía y flujo de materiales a través de dispositivos de soporte y control visual, así como la prevención de errores humanos, garantizando la calidad y precisión en el proceso. Los resultados demuestran que la combinación de estas herramientas fortalece la estabilidad operativa y sienta las bases para una cultura de mejora continua.

**PALABRAS CLAVE:** TPS, 5s, Lean, Metalmecánica, Mejora continua

**ABSTRACT:**

The present project is carried out at the metalworking company CMIM and aims to design a solid operational foundation for the manufacturing process of the 3/8 NPT rubber holder, through the progressive implementation of the initial tools of the Toyota Production System (TPS). For the diagnostic phase, Value Stream Mapping (VSM) and the Snap Picture were used to identify bottlenecks and waste (muda). As part of the proposal, the initial phases of the 5S methodology (Seiri, Seiton and Seiso), the Kanban control board and Poka Yoke mechanisms were applied, achieving tangible improvements in the organisation of the environment, ergonomics and material flow through support devices and visual control, as well as the prevention of human error, ensuring quality and precision in the process. The results demonstrate that the combination of these tools strengthens operational stability and lays the foundations for a culture of continuous improvement.

**KEYWORDS:** TPS, 5s, Lean, Metalworking, Continuous improving

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>9</b>
Value Stream Mapping.....	9
Snap Picture.....	11
5's.....	21
Tablero Kanban .....	25
Poka Yoke .....	27
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>32</b>

## INTRODUCCIÓN

La empresa metalmecánica CMIM fue fundada en el año 1996 en la ciudad de Cuenca. Con más de dos décadas de trayectoria en el sector industrial, se ha especializado en el diseño de proyectos de ingeniería asistidos por software CAD y CAM, la fabricación de moldes para fundición a presión de aluminio y zamac, y la producción en serie de piezas metálicas. Sus productos están destinados principalmente a la industria de electrodomésticos, en especial a la línea de cocinas. Entre sus productos de mayor relevancia se encuentra el Porta Goma 3/8 NPT (ver Anexo 1), tanto por su volumen de producción como por su importancia para clientes nacionales e internacionales, lo que convierte a su proceso productivo en un elemento clave para la competitividad de la empresa.

Con el objetivo de garantizar la calidad de sus productos, satisfacer las necesidades de sus clientes y mantenerse competitiva en un mercado cada vez más exigente, CMIM ha manifestado interés en alinearse con principios asociados a la eficiencia, la reducción de inventarios y la mejora continua, comúnmente asociados al enfoque Just in Time. No obstante, en la práctica, el proceso productivo del Porta Goma 3/8 NPT se gestiona principalmente a partir de la experiencia acumulada y el conocimiento empírico del personal. En consecuencia, no se dispone de un levantamiento formal del proceso, estándares de trabajo definidos ni herramientas sistemáticas de control del flujo productivo. La ausencia de una base operativa estructurada limita la aplicación correcta de dichos procesos y dificulta el avance hacia modelos de gestión de la producción más eficientes y sostenibles.

Bajo estas condiciones, el Sistema de Producción Toyota (TPS) se presenta como un marco de referencia adecuado para abordar esta problemática. Este sistema, desarrollado originalmente en Japón, propone una forma integral de organizar la producción mediante la eliminación sistemática de desperdicios, la estandarización de los procesos y la mejora continua. A partir de estos principios, el TPS ha servido de base para el desarrollo de enfoques modernos de gestión de operaciones, entre ellos el enfoque Lean, ampliamente utilizado en entornos industriales para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos productivos (Elbert, 2018). Tomando en cuenta lo mencionado, el presente trabajo tiene como propósito diseñar una base operativa sólida para el proceso productivo del Porta Goma 3/8 NPT, mediante la aplicación

progresiva de herramientas iniciales del Sistema de Producción Toyota, siguiendo un enfoque por niveles y la estructura conceptual de la Casa del TPS. De este modo, la investigación no busca implementar de forma completa dicho sistema, sino establecer las condiciones necesarias de estabilidad y organización del proceso que permitan, en el futuro, avanzar hacia una posible alineación con los principios del Just in Time.

## MARCO TEÓRICO

El sistema de Producción Toyota (TPS) se originó en Japón a mediados del siglo XX, en un contexto marcado por limitaciones económicas y productivas. A diferencia de otras potencias, Japón disponía recursos naturales limitados, por lo que se veía obligado a importar gran parte de sus insumos. Estas limitaciones obligaron a Toyota a diseñar un modelo de producción eficiente que permitiera aprovechar al máximo los recursos disponibles (Fritze, 2016).

Bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, la compañía comenzó con el desarrollo de un sistema inspirado en los métodos de reabastecimiento utilizados en la cadena de supermercados Piggly Wiggly, basados en la reposición rápida ajustada a la demanda real del cliente, y el sistema de producción en masa de Ford Motor Company (Kehr & Proctor, 2017). La adaptación de estos principios a la realidad japonesa dio origen a un sistema de producción orientado a maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles mediante la eliminación sistemática de desperdicios y la mejora continua de los procesos (Ohno, 1988).

Tras definir un sistema adaptado a las restricciones productivas japonesas, Toyota estructuró el TPS como una filosofía de gestión integral. Sus objetivos son alcanzar estándares de calidad más altos, reducir costos y garantizar tiempos de entrega más cortos, mediante la eliminación de actividades que no agregan valor, conocida en japonés como “muda” (Kehr & Proctor, 2017).

### Estructura del Sistema de Producción Toyota

El TPS se representa mediante la metáfora de una casa, conocida como la Casa del TPS. En esta, cada componente cumple una función específica dentro del sistema productivo. Esta representación permite entender cómo los distintos elementos del sistema se acoplan para lograr un desempeño eficiente y estable. En la parte superior de la casa se encuentran los objetivos del sistema, como la mejora de calidad, la reducción de costos y la optimización de procesos.

Los pilares de la casa se basan en los conceptos de Just in Time y Jidoka. Just in Time (JIT) busca producir lo necesario en el momento preciso y en la cantidad exacta, evitando la acumulación de inventarios y la sobreproducción (Ohno, 1988). A su vez, Jidoka integra la calidad al proceso, ya que permite detener automáticamente la operación al momento de detectar un

problema. Esto permite intervenir las operaciones de forma inmediata, resolver la causa raíz del problema y evitar la propagación de defectos a lo largo del sistema (Fritze, 2016).

Por último, en la base de la casa se encuentran los cimientos del sistema, los cuales proporcionan la estabilidad necesaria para que los pilares se sostengan. Según Liker (2017), estos cimientos incluyen elementos como la estandarización del trabajo, entregas confiables de suministro de materiales, el cumplimiento de estándares y el desarrollo de las personas, el respeto y la mejora continua mediante Kaizen. Todo esto permite mantener una producción nivelada (Heijunka), la cual sigue el ritmo de la demanda del cliente y genera un flujo constante en la fábrica. Así mismo, la nivelación estabiliza las operaciones y la demanda de componentes, reduce variaciones en el proceso y permite la correcta implementación del sistema Kanban (Fritze, 2016).

A partir de la estructura conceptual de la Casa del Sistema de Producción Toyota se entiende que la implementación de este sistema debe realizarse de manera progresiva para lograr una estabilidad en los procesos, no solo con una aplicación aislada de herramientas. En función de lo señalado y considerando que la empresa no cuenta con una base operativa estandarizada se seleccionaron un conjunto de herramientas correspondientes a los niveles iniciales del TPS, orientadas principalmente al diagnóstico del sistema productivo y al fortalecimiento de sus cimientos. Las herramientas que se mencionan a continuación buscan generar las condiciones necesarias para una futura aplicación de principios como el Just in Time, mediante la reducción de desperdicios, la mejora del orden en el entorno de trabajo y el control del flujo productivo.

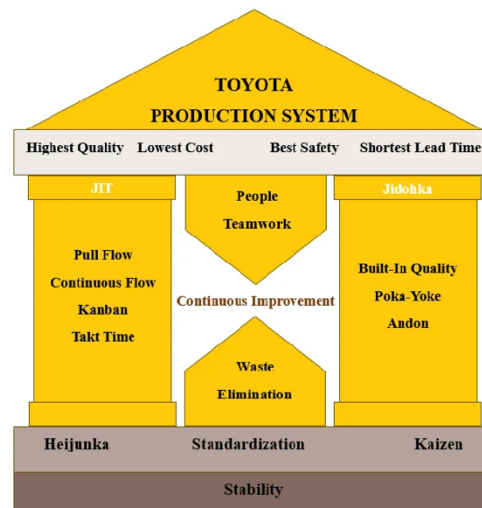


Figura 1: Casa TPS (Avdan & Onal, 2024)

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta que permite visualizar integralmente el flujo de materiales e información desde el proveedor hasta el cliente final. Con la elaboración de este mapa se pueden identificar los cuellos de botella, las operaciones sin valor agregado y las oportunidades de mejora (García Cantó & Amador Gandia, 2019). Este diagnóstico inicial permite entender cómo es el funcionamiento global del proceso.

La herramienta Snap Picture, consiste en un método visual de diagnóstico basado en la captura de fotografías del entorno de trabajo. Mediante estas imágenes se puede identificar elementos fuera de lugar dentro del área productiva en función a las “7 mudas”. La principal ventaja de esta herramienta radica en su capacidad para evidenciar visualmente problemas del entorno de trabajo y facilitar su posterior análisis mediante otras herramientas de mejora continua (Avilés, 2021).

Después de haber identificado el estado del proceso, se puede proceder a aplicar herramientas encaminadas a mejorar la organización del entorno productivo, como la metodología de las 5S. Las 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, promueven la clasificación, el orden, la limpieza, la estandarización y la disciplina, condiciones esenciales para reducir tiempos de búsqueda, mejorar la seguridad y facilitar el control visual (Chiarini, 2013).

Por otro lado, el Poka-Yoke actúa como un mecanismo de prevención de errores que impide que fallos humanos deriven en defectos, lo cual resulta esencial en procesos metalmecánicos donde precisión y repetitividad son críticas. Contribuyendo a mejorar la confiabilidad del proceso y a garantizar estándares de calidad más elevados (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009).

Por último, Anderson, D. J. y Carmichael, A, (2016) explican que el tablero Kanban se utiliza como una herramienta para visualizar el trabajo y gestionar su flujo a través de las distintas etapas de un proceso. Mediante este, los elementos de trabajo se representan y avanzan de una fase a otra, generalmente organizadas de izquierda a derecha, lo que facilita la comprensión del estado general del sistema. No obstante, es necesario establecer reglas claras, como la definición de puntos de entrega y límites de trabajo. Estos límites, apoyados por el uso de tarjetas que contienen la información de cada tarea, permiten controlar la cantidad de trabajo en proceso y

evitar la saturación. Además, el diseño del tablero es flexible y puede adaptarse a entornos físicos o digitales y a la naturaleza de la organización, siempre y cuando se mantenga la visibilidad del flujo y de las políticas de trabajo.

Según la bibliografía, la implementación del TPS en pequeñas y medianas empresas industriales ha demostrado mejoras en productividad, reducción de desperdicios y mayor estabilidad operativa (Bhamu & Singh Sangwan, 2014). Sin embargo, se han encontrado limitaciones importantes, como lo son: la resistencia al cambio organizacional, la falta de estandarización de procesos y la escasa formación del personal en principios Lean. En el sector metalmecánico, la mayoría de investigaciones se han concentrado en grandes empresas, lo que evidencia una brecha en el análisis de la aplicabilidad del TPS en pymes metalmecánicas latinoamericanas. En este caso específico en Ecuador, donde las restricciones de espacio, capital y tecnología condicionan la implementación de sistemas de mejora continua.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo adopta un diseño de estudio de caso con un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo), orientado a analizar el proceso productivo del Porta Goma 3/8 NPT y a desarrollar una propuesta de mejora basada en el Sistema de Producción Toyota (TPS).

La recolección de datos se realizó mediante observación directa en planta, cronometraje de operaciones, entrevistas al personal operativo y revisión de información interna de producción, lo que permitió entender el funcionamiento actual del proceso. Con base en la información recolectada, se diseñó un procedimiento metodológico, que se presenta de forma esquemática en la Figura 2. Este enfoque permitió abordar el problema de manera ordenada, comenzando por el análisis del estado actual del sistema, la identificación de oportunidades de mejora y la selección de las herramientas del TPS más adecuadas para el caso de estudio. A continuación, se describen las etapas que conforman el procedimiento metodológico:

### **1. Levantamiento y recolección de información del proceso productivo**

Mediante observación directa en planta, entrevista al personal operativo y revisión de registros internos se recopiló información del proceso, para así comprender el funcionamiento actual del sistema y las actividades que lo componen.

### **2. Análisis del estado actual del proceso**

La información recolectada fue analizada para identificar el flujo productivo, los desperdicios existentes y las principales oportunidades de mejora. Se realizó una evaluación prediagnóstico para evaluar la situación y poder definir indicadores.

### **3. Revisión conceptual del Sistema de Producción Toyota**

Se realizó una revisión conceptual del Sistema de Producción Toyota (TPS), considerando tanto sus fundamentos originales planteados por Ohno (1988) como enfoques más recientes desarrollados por autores como Monden (2012) y Liker (2017) con el objetivo de comprender la evolución del sistema y su aplicación en contextos productivos actuales.

### **4. Selección de herramientas del TPS aplicables al proceso**

Se identificaron y seleccionaron las herramientas del TPS más adecuadas para abordar las problemáticas detectadas.

## 5. Diseño de la propuesta de aplicación de las herramientas seleccionadas

Se diseñó una propuesta de mejora del proceso productivo basada en las herramientas del TPS seleccionadas.

## 6. Evaluación y control de la propuesta

Se evaluó el impacto potencial de la propuesta mediante indicadores de desempeño, el cumplimiento de los estándares definidos y la comparación de la nueva evaluación.

## 7. Planteamiento de acciones de mejora continua

Se plantearon acciones orientadas a la mejora continua del proceso, con el fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras propuestas.



Figura 2: Esquema Metodología

## RESULTADOS

### Value Stream Mapping

Para poder entender el funcionamiento actual del proceso productivo del Porta goma 3/8 NPT, se encontró pertinente empezar por elaborar un Value Stream Mapping (VSM). Esta herramienta permitió representar de manera adecuada el flujo de información y etapas del proceso, así como identificar los tiempos, distancias y actividades que podrían ser eliminadas (García Cantó & Amador Gandia, 2019). Al ser una herramienta visual se utilizan símbolos específicos para graficar los distintos aspectos del proceso, estos se indican a continuación en la

Tabla 1:



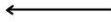



	Proveedor y Cliente
	Flujo de información electrónico
	Flujo de información manual/físico
	Transporte de materia prima o producto vía terrestre
	Buffer
	Flujo de producción pull

Tabla 1: Leyenda Interpretación del VSM

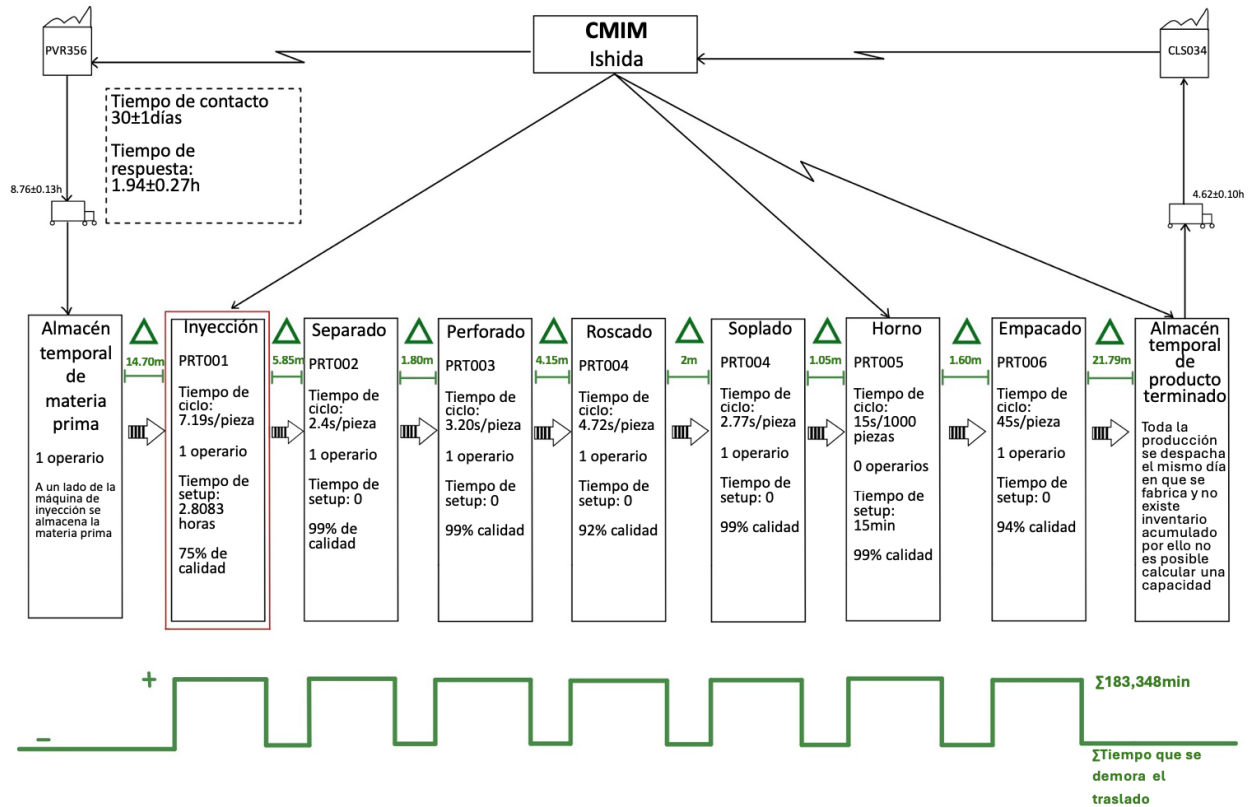


Figura 3: VSM proceso Porta Goma 3/8 NPT

A partir del análisis del mapa se identificaron varios hallazgos, uno de los principales corresponde a la identificación del cuello de botella del proceso. En este caso resultó ser el proceso de inyección, esta etapa presenta el mayor tiempo de ciclo en comparación con las demás. Esta información es clave ya que el cuello de botella condiciona el ritmo del resto de operaciones y limita la capacidad de la producción. Otro aspecto a considerar es que esta etapa presenta el nivel de calidad más bajo, lo que puede generar reprocesos y afectar la eficiencia del sistema. Como soporte de la herramienta se realizó el reporte descriptivo de cada proceso (Anexo 4).

Asimismo, el análisis evidenció que la empresa no dispone de áreas formales de almacenamiento para la materia prima ni para el producto terminado, lo que obliga a utilizar espacios temporales dentro de la planta para estas funciones. Aunque el producto terminado se despacha el mismo día de su fabricación, esta situación puede generar desorganización en el flujo de materiales y dificultar el control visual del proceso.

Esta herramienta permitió calcular un aproximado en el tiempo total de actividades que agregan valor dentro del proceso productivo, el cual es de aproximadamente 183,348 minutos. Este dato funciona como un marco de referencia inicial para evaluar el impacto de las mejoras propuestas en las siguientes etapas.

### Snap Picture

Una vez realizado el análisis mediante el Value Stream Map, se identificaron varias oportunidades de mejora relacionadas con la organización y disposición de los espacios de trabajo. Con el propósito de identificar asertivamente las “mudas” o desperdicios que existen dentro del proceso, se efectuó la herramienta Snap Picture en el cuello de botella y los dos procesos posteriores.

Esta herramienta funciona como un soporte visual dentro del análisis. Permite señalar todo lo que se encuentre fuera de lugar, como posibles riesgos, desorden y espacio mal utilizado, evidenciando así situaciones que podrían pasar desapercibidas (Avilés, 2022).

Para comenzar con la aplicación de la herramienta se estableció un índice de codificación para facilitar la identificación y clasificación de los distintos tipos de desperdicios. Las categorías utilizadas fueron:

- A1: Basura o residuos presentes en el área de trabajo.
- A2: Objetos deteriorados o en mal estado.
- A3: Riesgos potenciales de accidente.
- A4: Objetos fuera de su lugar o sin una ubicación definida.
- A5: Acumulación innecesaria de inventario.
- A6: Uso ineficiente del espacio disponible.
- A7: Condiciones ergonómicas deficientes para el operario. A8: Pasillos o áreas de circulación obstruidas.

## Máquina Inyectora

### Área 1 (Izquierda)



Figura 4: Snap Picture área izquierda inyectora

En la figura 4 se observa la presencia de objetos fuera de lugar (A4) y objetos deteriorados (A2) en el área de inyección. Además, se identificaron elementos ubicados directamente en el piso, lo que genera un riesgo potencial de accidente (A3) y evidencia deficiencias en la organización del entorno de trabajo.

## Área 2 (Frente)

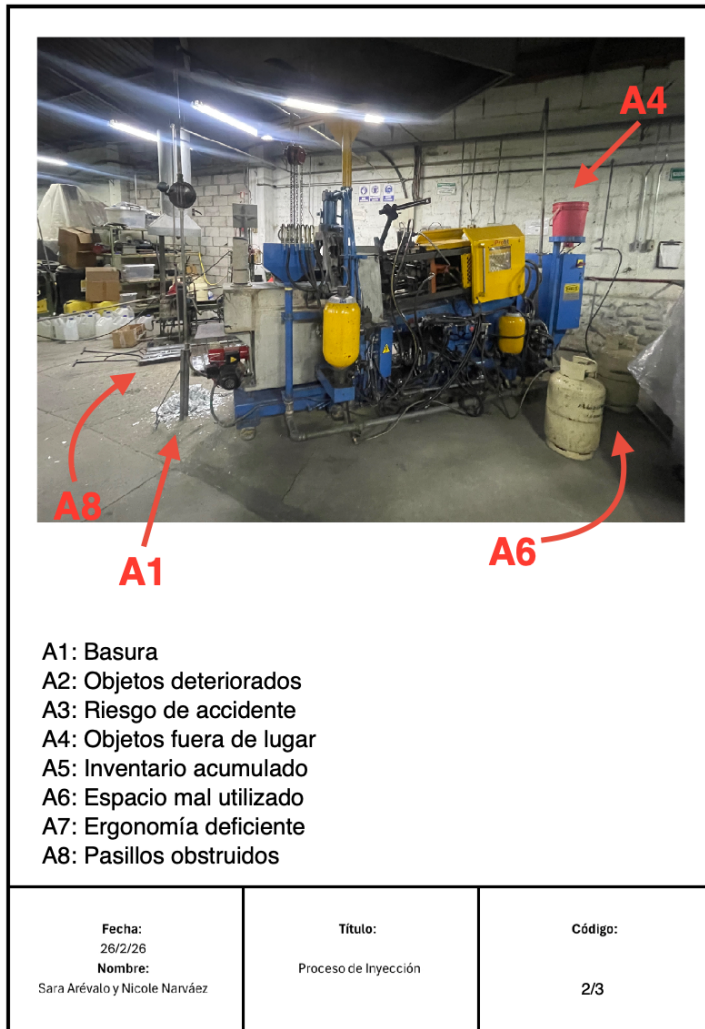


Figura 5: Snap Picture frente inyectora

En la figura 5 se identificaron presencia de basura (A1), objetos fuera de lugar (A4) y uso ineficiente del espacio (A6). Asimismo, se observan pasillos obstruidos (A8) por acumulación de materiales, lo que reduce el espacio de circulación y dificulta la movilidad dentro del área.

### Área 3 (Derecha)



A photograph of a workshop area. A large blue industrial machine is the central focus. To its left, there is a pile of debris and a red arrow labeled 'A4' pointing to it. In the foreground, a red arrow labeled 'A3' points to a red fire extinguisher on the floor. To the right of the machine, a red arrow labeled 'A2' points to a white container or object. The background shows a concrete wall with electrical conduits and a dark doorway.

A1: Basura  
A2: Objetos deteriorados  
A3: Riesgo de accidente  
A4: Objetos fuera de lugar  
A5: Inventario acumulado  
A6: Espacio mal utilizado  
A7: Ergonomía deficiente  
A8: Pasillos obstruidos

Fecha: 26/2/26 Nombre: Sara Arévalo y Nicole Narváez	Título: Proceso de Inyección	Código: 3/3
---	---------------------------------	----------------

Figura 6: Snap Picture área derecha inyectora

En la figura 6 se observa la presencia de objetos fuera de lugar (A4) y objetos deteriorados (A2) en el área. Además, se identificaron elementos ubicados directamente en el piso, lo que genera un riesgo potencial de accidente (A3) y evidencia deficiencias en la organización del entorno de trabajo.

**Máquina Separado**  
**Área 1 (Frente)**

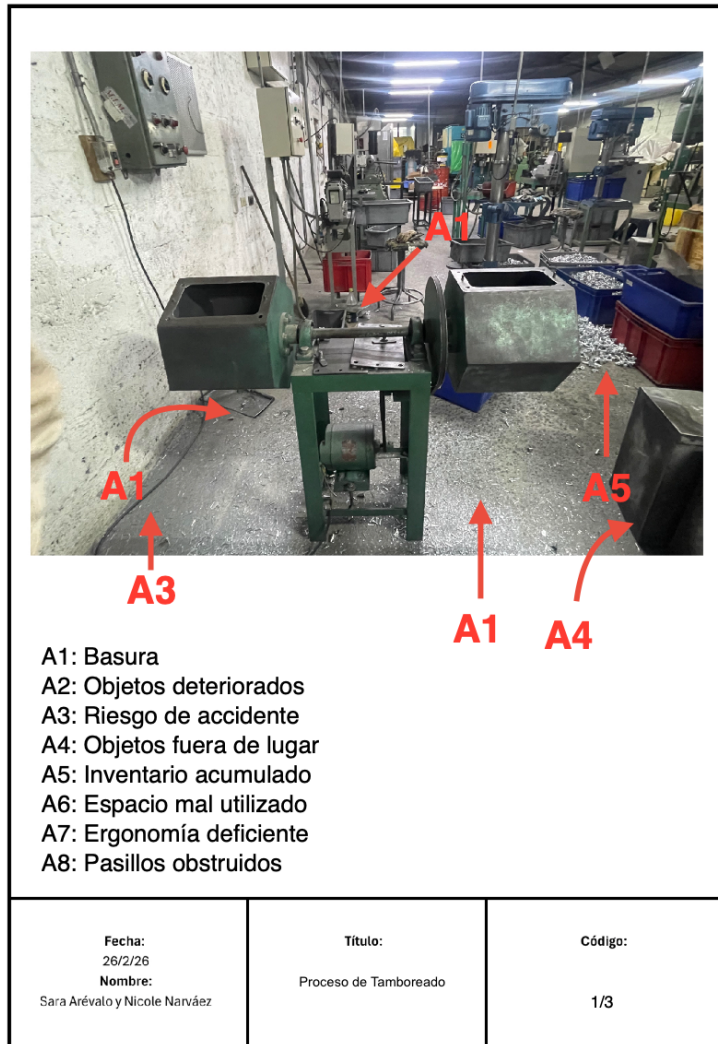


Figura 7: Snap Picture frente tambor

En la figura 7 se observa el área de la máquina del separado, se identificó presencia de basura (A1), objetos fuera de lugar (A4) e inventario acumulado (A5). Además, se detectaron elementos ubicados en el piso, lo que genera un riesgo potencial de accidente (A3), esto demuestra deficiencias en la organización del área de trabajo.

## Área 2 (Izquierda)

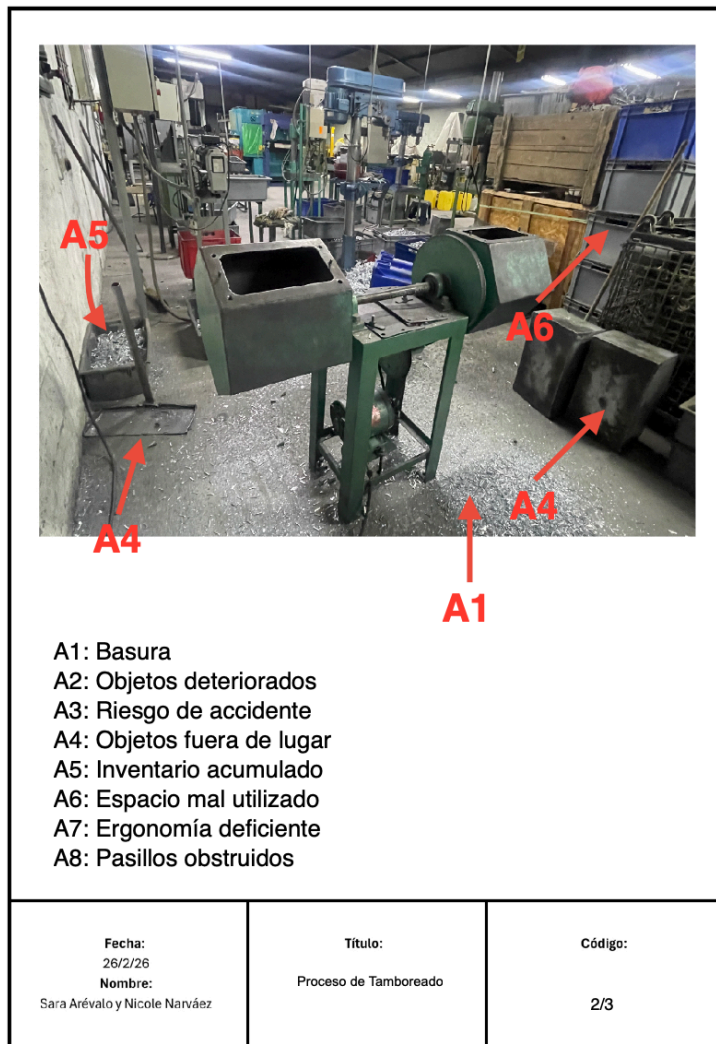
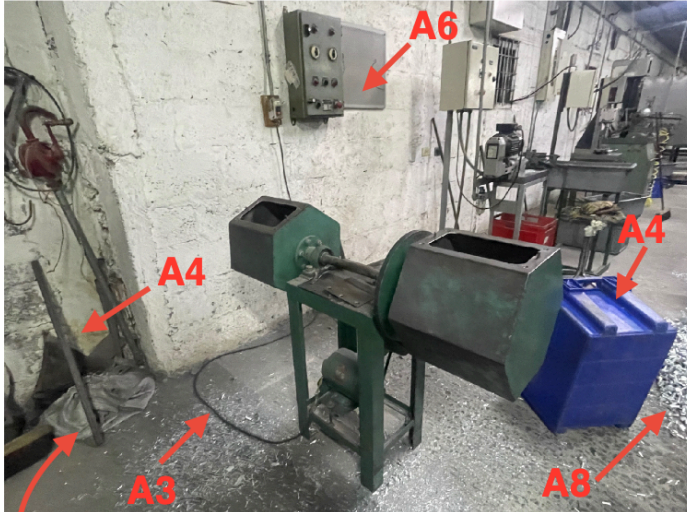


Figura 8: Snap Pictue área izquierda tambor

En la figura 8 se identificó inventario acumulado (A5), objetos fuera de lugar (A4) y presencia de basura (A1). También, se observó uso ineficiente del espacio (A6) debido a la acumulación de objetos, lo que aumenta desorden y dificulta la correcta organización del área.

### Área 3 (Derecha)



**A1**

- A1: Basura
- A2: Objetos deteriorados
- A3: Riesgo de accidente
- A4: Objetos fuera de lugar
- A5: Inventario acumulado
- A6: Espacio mal utilizado
- A7: Ergonomía deficiente
- A8: Pasillos obstruidos

Fecha: 26/2/26 Nombre: Sara Arévalo y Nicole Narváez	Título: Proceso de Tamboreado	Código: 3/3
---	----------------------------------	----------------

Figura 9: Snap Picture área derecha tambor

En la figura 9, correspondiente al área derecha de la máquina, se visualiza presencia de basura (A1) y objetos fuera de lugar (A4). Además, pasillos obstruidos (A8) y uso ineficiente del espacio (A6) como el tablero en la pared, lo que puede afectar la circulación y la organización del entorno de trabajo.

## Máquina Perforadora Área 1 (Frente)

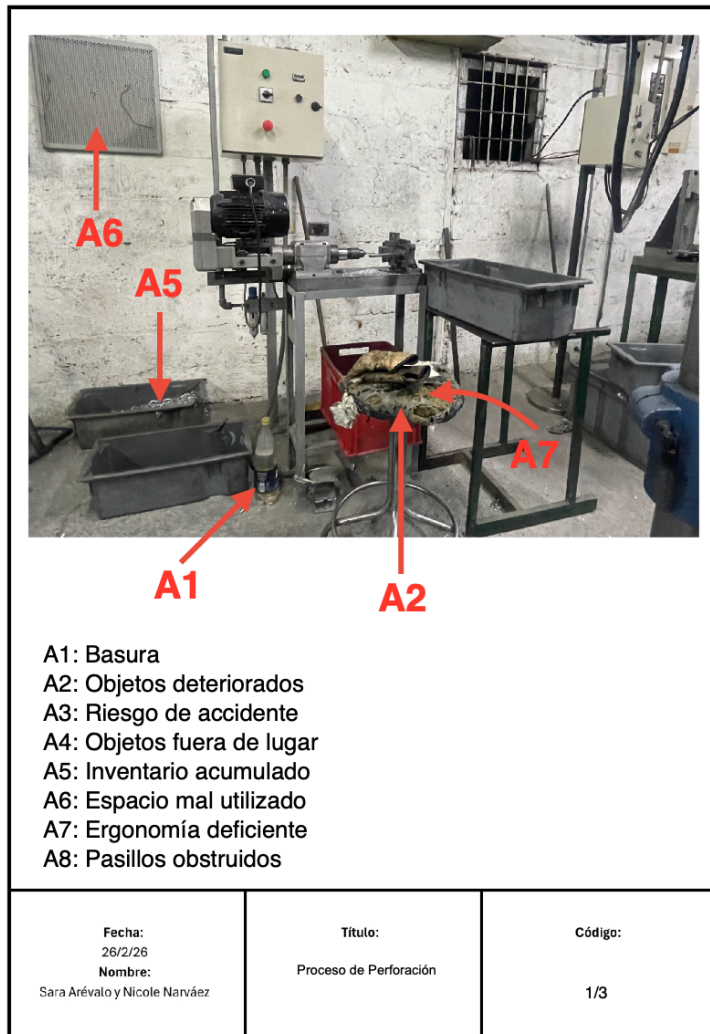


Figura 10: Snap Picture frente perforadora

En la figura 10, correspondiente al área de perforación, se identificó presencia de basura (A1) en el piso y objetos deteriorados (A2) utilizados por los operarios. Asimismo, se observó ergonomía deficiente (A7) debido a la silla empleada en el proceso, uso ineficiente del espacio (A6) e inventario acumulado (A5).

## Área 2 (Derecha)



Figura 11: Snap Picture área derecha perforadora

En la figura 11 se identificó riesgo potencial de accidente (A3) debido a objetos ubicados directamente en el suelo. Además, se observan pasillos obstruidos (A8) por material regado en el piso, objetos fuera de lugar (A4), incluyendo elementos de limpieza mal ubicados, así como inventario acumulado (A5), afectando la organización y circulación dentro del área.

### Área 3 (Izquierda)

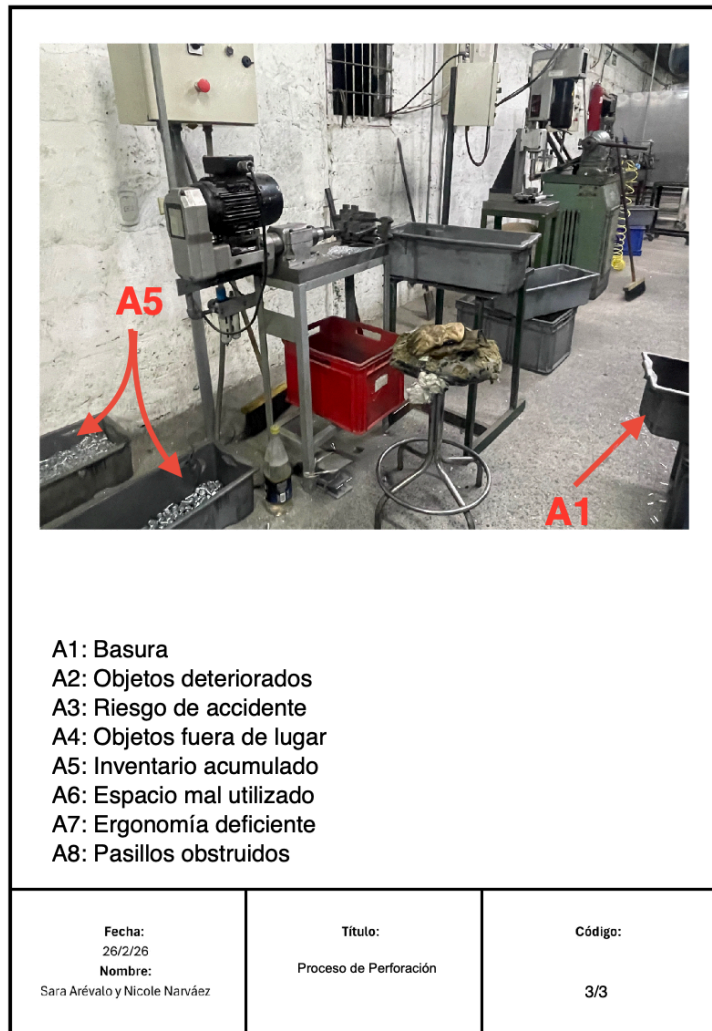


Figura 12: Snap Picture área izquierda perforadora

En la figura 12 se observa presencia de basura (A1) y acumulación innecesaria de inventario (A5) dentro del área analizada. Estas condiciones evidencian deficiencias en las prácticas de orden y limpieza.

## 5's

Una vez analizado el proceso productivo, se procedió a implementar la metodología de las 5S con el propósito de mejorar la organización y condiciones del entorno de trabajo. En esta etapa se aplicaron las tres primeras "S": Seiri (clasificación), Seiton (orden) y Seiso (limpieza). Las etapas restantes, es decir la estandarización y la disciplina de las mejoras, requieren un proceso de seguimiento continuo y un cambio cultural dentro de la organización, por lo que su consolidación se desarrollará progresivamente con el tiempo mediante controles y prácticas constantes.

La aplicación de las 3S se realizó en el cuello de botella identificado anteriormente, así como en las operaciones posteriores de separado y perforado. Cabe recalcar que no fue posible aplicar esta herramienta en la etapa previa al cuello de botella, relacionada con el manejo de materia prima, debido a que la empresa no cuenta con un almacén formal. Como se observó en el VSM, la materia prima es recibida y trasladada directamente hacia la máquina de inyección.

A continuación, se presenta la evidencia fotográfica donde se puede apreciar la diferencia en las áreas de trabajo tras la implementación.



*Figura 13*  
*Desperdicios de la inyectora antes de las 3S*



*Figura 14*  
*Desperdicios de la inyectora después de las 3S*

Se implementó el uso de una carretilla para la recolección de los desperdicios generados por la inyectora. Antes de la implementación, estos residuos se acumulaban directamente en el piso, lo que generaba más desorden y suciedad, dificultaba su manipulación y prolongaba el

tiempo en que permanecían en el área de trabajo hasta que se enfriaran. Con este nuevo cambio, los operarios depositan los residuos en la carretilla, lo que permite trasladarlos una vez que esta se llena, retirarlos con una pala ya sea para su eliminación o almacenamiento para su posterior venta. De esta manera, el área de trabajo de la inyectora se mantiene limpia y despejada en menor tiempo. (Figura 13 y 14)



Figura 15: Organización de herramientas y protección antes de las 3s



Figura 16: Lugar donde se colocó el tablero cerca de la inyectora

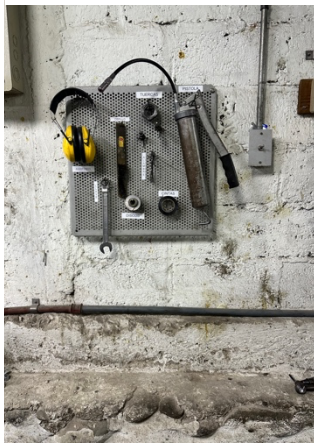


Figura 17

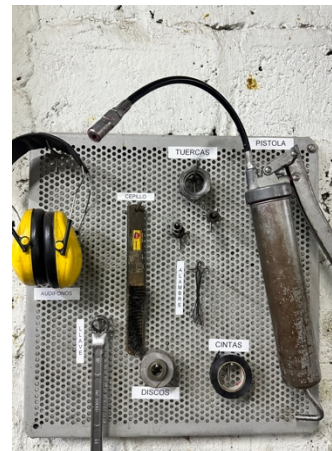


Figura 18

*Organización de herramientas y protección después de las 3s*

Con el fin de mejorar el orden y la organización en el área de trabajo, se colocó un tablero metálico próximo a la inyectora, destinado a la organización y clasificación de las herramientas y elementos de protección utilizados durante la operación de la máquina. (Figura 15,16,17 y 18)



Figura 19 :Área del separado antes de las 3s



Figura 20



Figura 21

Área del separado después de las 3s

En el área de separado, se realizaron acciones orientadas a mejorar la limpieza y organización del espacio de trabajo. Se hizo uso del tablero metálico destinado a ubicar la escoba utilizada para las tareas de limpieza, con el fin de contar con un lugar definido para su ubicación. Además, se colocó una caja bajo el tablero para depositar los desperdicios generados durante este proceso, facilitando su recolección y contribuyendo a mantener el área ordenada. Para asegurar su correcta ubicación, se delimitó en el piso con una marca en forma de 'L' de color amarillo, indicando el lugar fijo de la caja. (Figura 19,20 y 21)



Figura 22: Área del separado antes de las 3s



Figura 23: Área del separado después de las 3s



Figura 24: Área del separado después de las 3s

Como parte de la mejora en la organización del área de separado, también se incorporaron carritos con ruedas para el soporte de las cajas utilizadas en el proceso. Uno de los carritos se destinó para la caja que contiene la materia prima, mientras que el otro se asignó a la caja del producto terminado, el cual posteriormente es trasladado a la siguiente operación, el perforado. Antes de esta mejora, las cajas se colocaban directamente en el suelo, lo que además de ser poco ergonómico para los trabajadores, generaba obstáculos en el área de trabajo y dificultaba el traslado de las piezas entre las distintas actividades. (Figura 22,23 y 24)



Figura 25  
Área del perforado antes de las 3s



Figura 26  
Área del perforado después de las 3s

En el área de perforado, asimismo, se implementaron dos carritos con ruedas, uno destinado a la materia prima y otro al producto terminado, cada uno debidamente identificado para facilitar su clasificación. Anteriormente, el producto terminado se colocaba en una caja

sobre una mesa y, debido a que las piezas son pesadas, especialmente cuando se acumulan, su traslado hacia la siguiente actividad resultaba más difícil al tener que cargarlas manualmente. Por otro lado, la materia prima se ubicaba directamente en el suelo creando obstáculos y desorden. (Figura 25 y 26)

### Tablero Kanban

La implementación del tablero Kanban y sus respectivas tarjetas surge como una necesidad identificada durante la aplicación de las herramientas de diagnóstico, así como en el proceso de implementación de la metodología 5S. A lo largo de estas etapas, se evidenció que la ejecución de los procesos carecía de un sistema visual estandarizado que permitiera comprender de manera eficiente el estado de la producción y las necesidades de esta. Anteriormente, la información sobre lo que ingresaba al proceso, lo que se encontraba en ejecución y lo que ya había sido completado dependía en gran medida del conocimiento empírico de los operarios, lo que dificultaba la trazabilidad y el control del flujo. Ante esta situación, se optó por incorporar el tablero Kanban como una herramienta que permite visualizar el flujo de trabajo, estandarizar la información y mejorar la gestión y control de las actividades dentro del proceso productivo. En función de esta necesidad, se procedió a la implementación del tablero físico, utilizando un tablero de corcho, un soporte para su colocación y tachuelas, lo que permitió disponer de un sistema visual accesible y de fácil actualización dentro del área de trabajo. Dicho tablero fue estructurado de acuerdo con el flujo productivo del Porta Goma 3/8 NPT, considerando en orden los procesos de inyección, separado, perforado, roscado, soplado, horno y empaçado.

Como se evidencia en la figura 29, para su funcionamiento, se diseñaron tarjetas Kanban organizadas en tres grupos: entradas, proceso y salidas. Las tarjetas de entrada incluyen información del proveedor, la cantidad requerida, el código del producto y su nombre. Las tarjetas de proceso contienen datos relacionados con la producción, como la cantidad de piezas a fabricar, el tiempo de ciclo, el tiempo total del proceso, además del código y nombre del producto. Por último, las tarjetas de salida registran el número de piezas producidas junto con su respectivo código y nombre.

De esta manera, el tablero facilita la visualización del avance del proceso y permite un mejor control del flujo de producción. Asimismo, se explicó a los operarios el uso de la herramienta y la correcta gestión de las tarjetas, indicando que deben actualizarlas conforme las especificaciones de cada pedido y su avance, garantizando que la información sea visible y comprendida por todos los involucrados.

Cabe mencionar que el tablero implementado utiliza un soporte de corcho con tarjetas impresas fijadas con tachuelas, lo que implica la necesidad de imprimir, recortar y reemplazar las tarjetas para cada nueva orden de producción. Ante esta limitación, se propuso a la empresa la incorporación futura de un tablero y tarjetas magnéticas reutilizables, sobre las cuales la información de cada pedido pueda registrarse directamente con marcador, permitiendo una actualización más rápida y práctica del sistema. Su implementación no pudo concretarse dentro del alcance del presente trabajo debido al costo y al tiempo de entrega requerido por el proveedor para la fabricación de este tipo de tablero.



Figura 27: Tablero kanban implementado

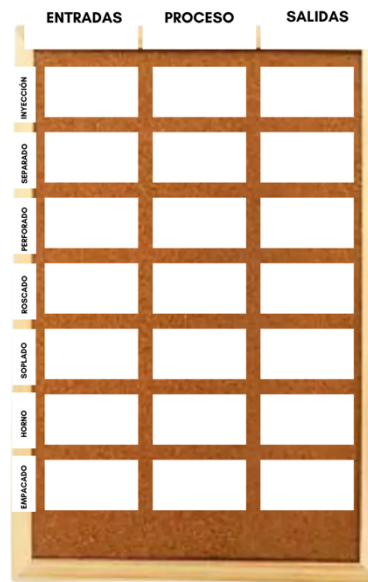


Figura 28: Tablero kanban

Entradas		Proceso		Salidas	
<b>CMIM</b>		<b>CMIM</b>		<b>CMIM</b>	
<b>Código proveedor:</b>	PPSN18062	<b>Piezas producidas:</b>	2301 unidades/día	<b>Piezas producidas:</b>	2301 unidades/día
<b>Cantidad:</b>	44 lingotes- zamac	<b>Tiempo de ciclo:</b>	7,19s/pieza	<b>Código del producto:</b>	317B8099P001
<b>Código del producto:</b>	317B8099P001	<b>Tiempo de proceso total:</b>	4,6 horas	<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT
<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT	<b>Código del producto:</b>	317B8099P001		
		<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT		

CMIM		CMIM		CMIM	
<b>Proveedor:</b>	Inyección	<b>Piezas producidas:</b>	2200 unidades	<b>Piezas producidas:</b>	2200 unidades/día
<b>Cantidad:</b>	2301 unidades	<b>Tiempo de ciclo:</b>	2,4s/pieza	<b>Código del producto:</b>	317B8099P001
<b>Código del producto:</b>	317B8099P001	<b>Tiempo de proceso total:</b>	1h28min	<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT
<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT	<b>Código del producto:</b>	317B8099P001		
		<b>Descripción:</b>	Porta Goma 3/8NPT		

Figura 29: Ejemplo de tarjetas kanban implementadas

## Poka Yoke

Una vez analizados los resultados obtenidos en el Value Stream Mapping y en el Snap Picture, se identificaron algunas oportunidades de mejora relacionadas con la calidad del proceso de roscado y la eficiencia del proceso de inyección. El Poka Yoke se consolida como una técnica que ayuda a prevenir errores, evita que estos se conviertan en defectos del producto, permiten controlar la calidad mediante soluciones que impiden o detectan fallas de manera directa (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009).

En base a esto, se plantearon dos dispositivos que funcionan como mecanismos de prevención de errores y mejora en la estabilidad del proceso. Para el proceso de roscado, el cual presenta una calidad del 92% se propone el desarrollo de un dispositivo el cual permita verificar si la rosca del Porta Goma cumple con las especificaciones requeridas. Esto funciona como un Poka Yoke de tipo guía, forma y evita que piezas defectuosas continúen en el proceso.

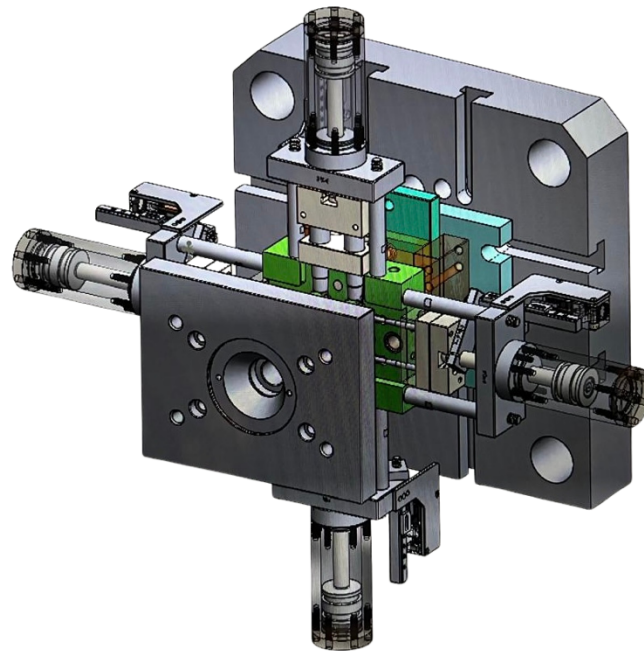


Figura 30: Poka Yoke roscado



Figura 31: Comprobación Poka Yoke en el Porta Goma

Por otro lado, para el proceso cuello de botella, que en este caso es el proceso de inyección, se propuso la idea de una modificación en el diseño del modelo actual, pasando de dos a cuatro cavidades e incorporando directamente el orificio del producto en el diseño. Esta propuesta actúa como un Poka Yoke de prevención, ya que evita completamente la fabricación del Porta Gomas sin el orificio requerido, eliminando la necesidad del proceso de perforado. A su vez, se mejora directamente en el cuello de botella, contribuyendo no solo a la reducción del tiempo de ciclo, sino de todo el proceso. A partir del análisis técnico y la revisión con el personal de planta, se concluyó que esta alternativa es viable desde el punto de vista operativo y de diseño, aunque su implementación queda planteada como una propuesta de mejora debido a los requerimientos de inversión y desarrollo del nuevo molde.



*Figura 32: Prototipo modificación molde*

## CONCLUSIONES

Para el análisis del estado actual del proceso del Porta Gomas se emplearon el Value Stream Mapping (VSM) y la herramienta Snap Picture. El primero permitió entender el flujo de información y material del proceso e identificar de manera adecuada el cuello de botella del sistema. Se concluyó que el proceso de inyección presenta el mayor tiempo de ciclo, con 7,19 segundos por pieza acompañado por un tiempo de set up que ronda las 2,8 horas y una calidad menor en comparación con el resto de operaciones. Estas particularidades condicionan el ritmo de toda la producción. Adicionalmente, se estableció que el tiempo total de actividades que agregan valor es de 183,348 minutos, dato que constituye un indicador de referencia para evaluar el impacto de las mejoras propuestas en etapas futuras.

La herramienta de diagnóstico visual, Snap Picture, fue vital para evidenciar problemas que pasaban desapercibidos en la rutina diaria. Se confirmó la ausencia de áreas formales de almacenamiento para materia prima y producto terminado, lo que obliga al uso de espacios temporales dentro de la planta y dificulta el control visual del flujo. Asimismo, se identificaron diversos tipos de desperdicios en todas las estaciones analizadas, predominando los objetos fuera de lugar (A4), la presencia de basura (A1) y la acumulación innecesaria de inventario (A5). Este diagnóstico proporcionó la base objetiva para la selección y priorización de las herramientas de mejora.

En base a la información recolectada, se implementaron las tres primeras etapas de la metodología 5S (Seiri, Seiton y Seiso) en las estaciones de inyección, separado y perforado. En el área de inyección, la sustitución de la acumulación de residuos en el suelo por el uso de una carretilla de recolección permitió mantener el área despejada y reducir el tiempo de manipulación de desperdicios. La instalación de tableros metálicos para herramientas, elementos de protección y útiles de limpieza eliminó el desorden, asegurando que cada objeto cuente con una ubicación definida y de fácil acceso. En las áreas de separado y perforado, la incorporación de carritos con ruedas para el transporte de cajas de materia prima y producto en proceso eliminó la práctica de colocar materiales en el suelo, despejando los pasillos y mejorando significativamente las condiciones ergonómicas al evitar que los operarios carguen manualmente piezas de considerable peso. Las etapas de Seiketsu y Shitsuke quedan planteadas como

continuidad necesaria del proceso en un horizonte de tiempo más amplio, su consolidación dependerá del seguimiento continuo y del desarrollo de una cultura organizacional orientada a la disciplina y la mejora continua.

En cuanto al control del flujo productivo, se diseñó e implementó un tablero Kanban físico estructurado con tarjetas de entrada, proceso y salida, alineado al flujo del Porta Goma 3/8 NPT y sus siete operaciones: inyección, separado, perforado, roscado, soplado, horno y empaçado. Cada tarjeta contiene información estandarizada sobre el producto, cantidades y estado de avance, lo que permite visualizar el flujo en tiempo real y reducir la dependencia del conocimiento empírico de los operarios para la gestión de la producción. Es importante mencionar que el tablero implementado constituye un mecanismo de control visual de nivel inicial, coherente con el Nivel 1 del TPS según la estructura de Monden (2012), y no debe interpretarse como la adopción de un sistema Pull completo, para el cual se requiere una mayor madurez operativa del proceso.

Respecto a la prevención de errores, se diseñaron mecanismos Poka-Yoke diferenciados según las características de cada operación crítica. Para el proceso de roscado, que presenta un nivel de calidad del 92%, se implementó un dispositivo de tipo guía-forma que permite verificar el cumplimiento de las especificaciones de la rosca antes de que las piezas avancen en el proceso, evitando la propagación de defectos hacia operaciones posteriores. Para el proceso de inyección, cuello de botella del sistema, se propuso una modificación del molde actual: ampliar su capacidad de dos a cuatro cavidades e integrar directamente el orificio del producto en el diseño del molde. Esta propuesta eliminaría la operación de perforado, reduciría el tiempo de ciclo del proceso y actuaría como un Poka-Yoke de prevención total al hacer imposible la fabricación de piezas sin el orificio requerido. Su implementación queda condicionada a una evaluación de inversión y desarrollo del nuevo molde por parte de la empresa.

La comparación entre el prediagnóstico y la evaluación final permite cuantificar el impacto de las mejoras implementadas. El tiempo de ciclo del cuello de botella se redujo de 7,30 a 6,61 segundos por unidad, lo que representa una mejora del 9,5%. Como consecuencia directa, la capacidad del proceso de inyección aumentó de 499 a 551 piezas por hora (+10,4%), y la producción diaria total pasó de 2.301 a 3.390 unidades, un incremento del 47,3%. La variabilidad

del proceso disminuyó de 0,895 a 0,807 segundos, lo que indica un proceso más estable y predecible. El porcentaje de cumplimiento en el cuello de botella pasó de 94,1% a 103,9%, superando por primera vez la producción esperada. En términos económicos, el throughput diario estimado creció de \$945,71 a \$1.393,29, lo que proyecta un incremento en las ganancias mensuales de \$18.914 a \$27.866, equivalente a un aumento de aproximadamente \$8.952 mensuales. No obstante, es necesario señalar que el tiempo de setup presentó un leve incremento de 168,5 a 171 minutos, y el número de paradas innecesarias aumentó de 2 a 3, aspectos que deberán ser monitoreados y atendidos en etapas posteriores de mejora.

En conjunto, las intervenciones realizadas representan un avance concreto desde un proceso gestionado de forma intuitiva hacia un sistema con mayor orden, visibilidad y control de sus operaciones. Los resultados obtenidos validan la pertinencia del enfoque adoptado: fortalecer primero la estabilidad operativa antes de avanzar hacia herramientas de mayor complejidad dentro del TPS. Este principio, está alineado con la estructura por niveles propuesta por Monden (2012) y con los fundamentos de la Casa del TPS, constituye la lógica que debe orientar cualquier proceso de transformación Lean en contextos productivos con baja madurez de procesos, como es el caso de las pequeñas y medianas empresas metalmecánicas en Ecuador.

Finalmente, el presente trabajo plantea una guía para CMIM, orientada a fortalecer y dar continuidad a las herramientas ya implementadas y propuestas, como base para futuras mejoras. La estandarización de las 5S, la implementación del Poka-Yoke en el proceso de inyección y del tablero Kanban son los pasos siguientes para mejorar el control del flujo productivo. A partir de esto, se abre el camino para, en un futuro, avanzar hacia sistemas Pull y una producción nivelada mediante Heijunka.

## REFERENCIAS

- Avilés, J. (2021), Herramientas para análisis situacional inicial, 5 de mayo de 2021, Universidad del Azuay.
- Avilés, J. (2022). *Propuesta de aplicación de la filosofía lean manufacturing en el área de bodega y despachos de la empresa Chovs Sports*.  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12303>
- Anderson, D. J., & Carmichael, A. (2016, July 28). Essential kanban condensed.  
<https://www.tigalia.com/wp-content/uploads/2020/12/Essential-Kanban-Condensed-Spanish.pdf>
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office* (Vol. 3). Springer Milan. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-2510-3>
- Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1).
- Elbert, M. (2018). *Lean Production for the Small Company* (0 ed.). Productivity Press.  
<https://doi.org/10.1201/b12358>
- Fritze, C. (2016). *The Toyota Production System*.
- García Cantó, M., & Amador Gandia, A. (2019). Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). *3C Tecnología\_ Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(2), 68–83.  
<https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>
- Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4), 921–930.  
<https://doi.org/10.1002/qre.2059>
- Liker, J. K. (with Ross, K.). (2017). *The Toyota way to service excellence: Lean transformation in service organizations*. McGraw-Hill Education.

Monden, Y. (2012). *Toyota Production System*.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.

## Anexos

### Anexo 1: Porta Goma 3/8 NPT



Figura 33: Porta Goma 3/8 NPT

### Anexo 2: Evaluación Prediagnóstico Inicial

Cuello de botella: Proceso de Inyección	
Capacidad esperada del cuello de botella	499 piezas inyectadas / hora
Tiempo de ciclo estudiado	7,30 seg/ unidad
Porcentaje de retrabajo	3%
Porcentaje de entregas puntuales	94%
Variabilidad	0,895 seg
Porcentaje de cumplimiento en el cuello de botella	94,15%
Número de paradas innecesarias en el cuello de botella	2
Número de problemas identificados en el cuello de botella	1
Tiempo de setup del cuello de botella	168,5 min / 2,81 hora
Throughput (costo x unidades)	\$ 945,71
Número de productos totales producidos en el cuello de botella	2301 unidades / día
Número de veces que se hizo mantenimiento en una unidad temporal	2 veces por mes
Número de veces que el proceso cuello de botella esta fuera de control	0
Satisfacción del cliente	muy buena
Satisfacción del empleado	buena
Ganancias aproximadas	\$ 18.914,22
* throughput por día	
* 20 días laborables	

Figura 34: Evaluación prediagnóstico Cuello de Botella

### Anexo 3: Evaluación Diagnóstico después de la aplicación de herramientas

<b>Cuello de botella: Proceso de Inyección</b>	
Capacidad esperada del cuello de botella	551 piezas inyectadas / hora
Tiempo de ciclo estudiado	6,61 seg/ unidad
Porcentaje de retrabajo	3%
Porcentaje de entregas puntuales	95%
Variabilidad	0,807 seg
Porcentaje de cumplimiento en el cuello de botella	103,00%
Número de paradas innecesarias en el cuello de botella	3
Número de problemas identificados en el cuello de botella	1
Tiempo de setup del cuello de botella	171 min / 2,85 hora
Throughput (costo x unidades)	\$ 1.393,29
Número de productos totales producidos en el cuello de botella	3390 unidades / día
Número de veces que se hizo mantenimiento en una unidad temporal	2 veces por mes
Número de veces que el proceso cuello de botella esta fuera de control	0
Satisfacción del cliente	muy buena
Satisfacción del empleado	buena
Ganancias aproximadas	\$ 27.865,80

Figura 35: Evaluación Final Cuello de Botella

### Anexo 4: Reportes descriptivos VSM

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1i2yp1CEltQrSV5vZh2tpw9VpBoBxxQ7rJzsDS8Tnse4/edit?usp=sharing>