

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DEL SETUP DE LAS MÁQUINAS DE LAS
LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BALLOON EN LA EMPRESA
A-MEDICAL CON DMAIC Y SMED PARA AUMENTAR EL
RENDIMIENTO DEL ÁREA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: LUIS DIEGO JIMÉNEZ VARGAS

TUTOR: ING. JOEL PICADO SANABRIA

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA
AGOSTO, 2025**

CONTENIDO

CONTENIDO	I
TABLAS.....	V
FIGURAS.....	VI
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTOS.....	IX
EPÍGRAFE	X
RESUMEN.....	XI
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ANTECEDENTES	4
1.4.1 Antecedentes nacionales	4
1.4.2 Antecedentes internacionales	5
1.5 PROYECCIONES.....	7
1.5.1 Alcances	7
1.5.2 Limitaciones	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES	9
2.1.1 DMAIC	9
2.1.2 Análisis FODA.....	10
2.1.3 Matriz de estrategias.....	11
2.1.4 Árbol de CTQ (critical to quality)	12
2.1.5 Diagrama de flujo	13
2.1.6 Diagrama de recorrido	14
2.1.7 Toma de muestras de distancias	15
2.1.8 Gráfico de barras	16
2.1.9 Lluvia de ideas	17

2.1.10 Entrevista	17
2.1.11 Encuesta	18
2.1.12 Diagrama de Ishikawa.....	19
2.1.13 Multivoto.....	20
2.1.14 Diagrama de Pareto	21
2.1.15 Optimización de procesos.....	22
2.1.16 Diagrama de Gantt.....	23
2.1.17 Auditar procesos	24
2.1.18 Caminatas gemba	25
2.1.19 Mejora continua.....	26
2.1.20 Cuantificación de beneficios.....	27
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	28
2.2.1 Visión/misión.....	28
2.2.2 Antecedentes históricos	28
2.2.3 Ubicación geográfica.....	29
2.2.4 Estructura organizacional.....	29
2.2.5 Cantidad de empleados	30
2.2.6 Tipos de productos.....	31
2.2.7 Mercado de exportación.....	31
2.2.8 Descripción general del proceso productivo	31
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	35
3.3.1 Sujetos de información.....	36
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS	36
3.5 INSTRUMENTOS	38
3.5.1 Entrevistas	38
3.5.2 Encuesta	39
3.5.3 Caminatas gemba	39
3.5.4 Toma de muestras de distancias	40

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
4.1 DEFINIR	44
4.1.1 Análisis FODA.....	44
4.1.2 Matriz de estrategias basadas en el análisis FODA.....	47
4.1.3 Resumen de los lotes de producción	49
4.1.4 Árbol de CTQ	50
4.1.5 Diagrama de flujo del proceso.....	52
4.2 MEDIR	55
4.2.1 Metodología del setup actual	55
4.2.2 Diagrama de recorrido	56
4.2.3 Toma de tiempos de las actividades en el setup de las máquinas.....	60
4.3 ANALIZAR	68
4.3.1 Lluvia de ideas	69
4.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	70
4.3.3 Multivoto.....	72
4.3.4 Diagrama de Pareto	73
CAPÍTULO V. PROPUESTA	76
5.1 MEJORAR	77
5.1.1 Nuevos muebles para almacenamiento	77
5.1.2 Documento de información de lotes.....	80
5.2 CONTROLAR	83
5.2.1 Auditorías.....	83
5.2.2 Caminatas gemba en las líneas	84
5.2.3 Realizar tomas de tiempos periódicamente	84
5.3 CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS	85
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS	92
APÉNDICES	98

APÉNDICE 1: Machote en blanco de la entrevista realizada a los colaboradores de la línea de balloon de la empresa A-MEDICAL	99
APÉNDICE 2: Machote en blanco de la encuesta realizada a los colaboradores de la línea de balloon de la empresa A-MEDICAL	100
APÉNDICE 3: Ejemplo de un documento de información de lotes	101
ANEXOS.....	102
ANEXO 1: Documento de registro del entrenamiento	103
ANEXO 2: Cotización de los nuevos muebles de almacenamiento.....	104

TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área para la división de Costa Rica	30
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico	37
Tabla 3.2: Machote de entrevistas	38
Tabla 3.3: Machote de encuesta	39
Tabla 4.1: Matriz de estrategias	48
Tabla 4.2: Lotes de producción más recurrentes	49
Tabla 4.3: Distancia desde cada celda al mueble principal de herramientas	58
Tabla 4.4: Actividades del setup de las máquinas	59
Tabla 4.5: Tiempos de setup para la celda #10	60
Tabla 4.6: Tiempos de setup para la celda #04	62
Tabla 4.7: Tiempos de setup para la celda #09	64
Tabla 4.8: Tiempos de setup para la celda #02	66
Tabla 4.9: Resumen de celdas y tiempos máximos de setup en las máquinas de balloon	68
Tabla 4.10: Lluvia de ideas de la problemática actual	69
Tabla 4.11: Multivoto de las causas	73
Tabla 4.12: Resultados del multivoto ordenados de modo descendente	74
Tabla 5.1: Costos para la propuesta #1	79
Tabla 5.2: Costos para la propuesta #2	81
Tabla 5.3: Comparativa de los tiempos de la situación actual versus la mejorada	85

FIGURAS

Figura 2.1: Imagen ilustrativa del DMAIC	10
Figura 2.2: Imagen ilustrativa del análisis FODA	11
Figura 2.3: Imagen ilustrativa de la matriz de estrategias.....	12
Figura 2.4: Imagen ilustrativa de un árbol de CTQ	13
Figura 2.5: Imagen ilustrativa de un diagrama de flujo	14
Figura 2.6: Imagen ilustrativa de un diagrama de recorrido.....	15
Figura 2.7: Imagen ilustrativa de una toma de muestras de distancias	16
Figura 2.8: Imagen ilustrativa de un gráfico de barras.....	16
Figura 2.9: Imagen ilustrativa de una lluvia de ideas.....	17
Figura 2.10: Imagen ilustrativa de una entrevista	18
Figura 2.11: Imagen ilustrativa de una encuesta	19
Figura 2.12: Imagen ilustrativa de un diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 2.13: Imagen ilustrativa de un multivoto	21
Figura 2.14: Imagen ilustrativa de un diagrama de Pareto	22
Figura 2.15: Imagen ilustrativa de la automatización de procesos	23
Figura 2.16: Imagen ilustrativa de un diagrama de Gantt.....	24
Figura 2.17: Imagen ilustrativa de la auditoría de procesos	25
Figura 2.18: Imagen ilustrativa de la caminata gemba	26
Figura 2.19: Imagen ilustrativa de la mejora continua	27
Figura 2.20: Imagen ilustrativa de la cuantificación de beneficios	27
Figura 2.21: Mapa satelital de A-MEDICAL	29
Figura 2.22: Organigrama de A-MEDICAL	30
Figura 2.23: Diagrama de flujo del proceso productivo.....	32
Figura 3.1: DMAIC del método de investigación aplicado	35
Figura 3.2: Imagen ilustrativa del gemba.....	40
Figura 3.3: Imagen ilustrativa de toma de muestras de distancias	41
Figura 4.1: Análisis FODA para la empresa A-MEDICAL	45
Figura 4.2: Árbol de CTQ.....	51
Figura 4.3: Diagrama de flujo del proceso de balloon.....	53
Figura 4.4: Herramientas (conos, moldes, calefactores)	54

Figura 4.5: Diagrama de recorrido del Área de Balloon.....	57
Figura 4.6: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #10.....	61
Figura 4.7: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #04.....	63
Figura 4.8: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #09.....	65
Figura 4.9: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #02.....	67
Figura 4.10: Diagrama de Ishikawa	70
Figura 4.11: Diagrama de Pareto de las causas.....	75
Figura 5.1: Imagen ilustrativa del mueble de almacenamiento.....	78
Figura 5.2: Diagrama de Gantt de las propuestas #1 y #2	82

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi madre Ana Vargas, por enseñarme el poder de no rendirme ante las dificultades y siempre tener el coraje de ver hacia adelante, así como por apoyarme en todo momento y ser una gran mamá.

Gracias ma.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales primeramente a Dios, por darme la vida, salud y trabajo para poder perseguir mis sueños. A mi abuela, por enseñarme muchas lecciones de vida. A mi novia, por ser una motivación extra y apoyarme en este camino. Y a la profesora Joel Picado, por toda la ayuda brindada a lo largo del bachillerato.

EPÍGRAFE

*El futuro pertenece a aquellos que creen
en la belleza de sus sueños.*

Eleanor Roosevelt

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la empresa A-MEDICAL, ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, específicamente en el área de producción del producto *balloon*, un subensamble esencial en la fabricación de dispositivos médicos cardiovasculares.

El problema identificado fue el exceso de tiempos muertos durante el *setup* de las máquinas, lo cual afecta directamente la eficiencia, la productividad y el cumplimiento de las metas de producción. Para abordar esta situación, se aplicaron las metodologías DMAIC y principios básicos de SMED, con el objetivo de establecer los factores más influyentes en el proceso de *setup* y proponer soluciones prácticas.

Los resultados del análisis revelaron que las principales causas del problema son: desorden en el área de almacenamiento de herramientas, falta de documentación clara sobre los lotes, etiquetado deficiente y poca señalización en el área.

Por consiguiente, se plantearon dos propuestas: la adquisición de nuevos muebles de almacenamiento con señalización adecuada y organización por familias de herramientas, y la creación de un documento maestro de información de lotes, accesible tanto en formato físico como digital.

Relacionado a lo expuesto, se estimó que el tiempo promedio de *setup* se reduce de 39,20 minutos a 15,57 minutos, es decir, una reducción del 60 %, si se implementan estas mejoras. Esto se traduce en una disminución de pérdidas económicas por máquina, pasando de \$ 2744 a \$ 1089 por cada *setup*, con una recuperación de la inversión en aproximadamente un mes. Además, se determinaron mecanismos de control como auditorías semanales, caminatas *gemba* y tomas de tiempos periódicas para asegurar la sostenibilidad de las mejoras.

En conclusión, se cumplió el objetivo general del estudio al lograr una mejora significativa en el rendimiento del Área de Producción mediante la optimización del proceso de *setup*.

Palabras clave: proceso de *setup*, DMAIC, SMED, toma de tiempos, tiempos muertos.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, en la línea de producción del producto *balloon* de la empresa A-MEDICAL, ubicada en la Zona Franca Coyol, los operadores de las máquinas enfrentan una gran cantidad de tiempos muertos durante el *setup* que realizan al finalizar un lote y comenzar el siguiente. Estos tiempos muertos están haciendo que el proceso sea lento y poco dinámico.

Entre las posibles causas, se encuentra el desorden en las herramientas de trabajo, tales como moldes, espaciadores, conos y calefactores. Por esto, se han tomado tiempos con diferentes operadores para aproximar lo que se pierde buscando el kit de *setup*. En algunos casos, se registraron hasta 13,3 minutos de tiempo muerto solo en esta tarea, debido a que los operadores deben revisar múltiples muebles y lugares en busca de las herramientas necesarias, en especial moldes y conos.

Asimismo, las herramientas no están debidamente organizadas ni agrupadas por familia o identificadas con números específicos en un solo lugar, lo que dificulta su localización rápida. Esta situación se agrava por la falta de una cultura de orden en las líneas de producción, ya que los operadores suelen colocar las herramientas en cualquier mueble disponible, lo cual genera confusión y retrasos.

Estas condiciones provocan que el proceso sea lento y desencadenen diversas consecuencias, como la demora en la salida de lotes al mercado, pérdidas económicas por tiempos muertos y desperdicio de tiempo productivo, además de afectar el flujo de las líneas de producción. Al respecto, es importante destacar que el proceso *balloon* funciona como un subensamble que suministra material a las siguientes etapas de producción.

Por lo tanto, se efectúa un estudio para evaluar el proceso de *setup*, identificar las causas principales de los tiempos muertos y analizar posibles mejoras que permitan optimizar el proceso y reducir los tiempos de espera.

A partir de lo expuesto, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede disminuir la cantidad de tiempos muertos durante el *setup* de las máquinas y lograr que estos tiempos se reduzcan progresivamente?

1.2 OBJETIVOS

A continuación, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos que se abarcan en el presente trabajo de investigación.

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el proceso de *setup* de las máquinas de las líneas de producción de *balloon* de la empresa A-Medical, con la metodología DMAIC y SMED, de manera que se propongan soluciones que aumenten el rendimiento del área.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir el entorno y los factores que influyen en el proceso de *setup* de las máquinas de las líneas de producción de *balloon*.
- Medir el impacto de los factores identificados en el tiempo consumido en el proceso de *setup* con la aplicación de técnicas de SMED.
- Analizar las principales causas que están ocasionando desperdicios a la hora de ejecutar el *setup* de las máquinas en la fabricación de los productos de *balloon*.
- Proponer mejoras y controles que disminuyan el tiempo en la realización del *setup* de las máquinas, para así aumentar el rendimiento de las líneas de producción de *balloon*.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación se desarrolla con el objetivo de analizar, identificar y proponer estrategias que permitan la reducción de tiempos en el proceso operativo de la línea de *balloon* de la empresa A-MEDICAL. Esta necesidad surge como respuesta a diversos desafíos actuales, tales como la creciente demanda de eficiencia, la optimización de recursos y la mejora continua en la calidad del servicio o producto ofrecido.

Reducir los tiempos de ejecución no solo impacta positivamente en la productividad y rentabilidad, sino que también mejora la satisfacción del cliente, fortalece la competitividad en el mercado y posibilita una mejor gestión del talento humano al disminuir cargas innecesarias de trabajo.

Además, en el sector de la industria médica, cada vez más dinámico y exigente, contar con procesos ágiles y eficientes se convierte en un factor clave para la adaptabilidad y sostenibilidad de las organizaciones. Por ende, esta investigación busca generar conocimiento aplicable que contribuya a la toma de decisiones estratégicas y a la implementación de mejoras tangibles en los tiempos de respuesta y ejecución.

1.4 ANTECEDENTES

A continuación, se resumen algunos trabajos enfocados en el tema de investigación propuesto en este documento.

1.4.1 Antecedentes nacionales

1- “Scheduling operations and SMED: Complementary ways to improve productivity”, realizado por Charrua et al. (2019): esta investigación, con participación del Tecnológico de Costa Rica, analizó cómo la programación de operaciones puede complementar la metodología SMED para mejorar la productividad, especialmente en la industria textil. Al respecto, se utilizó un algoritmo de optimización (*simulated annealing*) para reducir los tiempos de *setup* en máquinas paralelas con dependencias de secuencia.

2- *Análisis del proceso de costeo de productos de la empresa 3M para el mejoramiento del indicador de tiempo de ciclo, utilizando la metodología Lean Manufacturing Systems (LMS)*, llevado a cabo por González et al. (2019): este proyecto se centró en mejorar el tiempo de ciclo en la empresa 3M mediante herramientas *lean*, incluyendo SMED, para reducir tiempos de cambio y aumentar la eficiencia operativa.

3- *Optimización de tiempos de cambio en procesos de extrusión mediante SMED en una empresa plástica costarricense*, hecho por Rodríguez (2021): este trabajo se desarrolló en una empresa del sector plástico ubicada en Costa Rica, donde se aplicó la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio en las máquinas de extrusión, lo que logró una mejora significativa en la disponibilidad operativa y en la eficiencia de producción. El estudio incluyó análisis de tareas internas y externas, diagramas de flujo, toma de tiempos y propuestas de estandarización.

4- *Reducción de tiempos de cambio en líneas de producción de empaques flexibles mediante SMED en la empresa Empaques del Valle S. A.*, realizado por Solano (2022): esta investigación se desarrolló en una empresa costarricense dedicada a la fabricación de empaques flexibles. Acá, se aplicó la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio entre productos, especialmente en máquinas de impresión flexográfica. El estudio incluyó análisis de tareas internas y externas, entrevistas al personal operativo, toma de tiempos y rediseño de procedimientos. Como resultado, se obtuvo una reducción del 35 % en el tiempo promedio de cambio, esto mejoró la eficiencia y capacidad de respuesta ante pedidos urgentes.

5- *Reducción de tiempos de cambio en procesos de manufactura mediante SMED en la empresa Productos Químicos Industriales S. A.*, elaborado por Méndez (2020): este trabajo se efectuó en una empresa costarricense dedicada a la producción de químicos industriales. Se aplicó la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio en los reactores y líneas de envasado. El estudio incluyó la observación directa, entrevistas al personal técnico, análisis de tareas internas y externas, y rediseño de procedimientos. Como resultado, se logró una reducción del 42 % en el tiempo promedio de cambio, lo cual mejoró la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante pedidos urgentes.

1.4.2 Antecedentes internacionales

1- *Implementación de SMED en líneas de producción de envases metálicos para bebidas*, llevado a cabo por Silva (2020): este estudio se desarrolló en una planta de fabricación de latas para bebidas. Al respecto, se aplicó SMED para reducir el tiempo de cambio entre formatos de envases (330 ml, 500 ml, entre otros). El proyecto incluyó observación directa, análisis de tareas internas y externas, rediseño de herramientas y capacitación del personal. En cuanto al resultado, se alcanzó una reducción del 55 % en el tiempo de cambio, lo que mejoró la flexibilidad ante la demanda y redujo el desperdicio de material.

2- “Reducing Changeover Time Using SMED Technique in a Food Packaging Line”, hecho por Al-Ahmari y Abdalla (2016): este trabajo se efectuó en una planta de

envasado de alimentos, donde se aplicó SMED para reducir el tiempo de cambio entre diferentes formatos de empaque. Se realizó un análisis detallado de las actividades internas y externas, se rediseñaron herramientas y se estandarizaron procedimientos. Como resultado, se logró una reducción del tiempo de cambio de 120 minutos a 45 minutos, esto mejoró la flexibilidad de producción y redujo el desperdicio.

3- “Implementation of SMED to Improve Changeover Efficiency in Pharmaceutical Packaging”, elaborado por Kumar y Singh (2021): esta investigación se realizó en una planta farmacéutica especializada en el envasado de tabletas y cápsulas. Acá, se aplicó SMED para reducir el tiempo de cambio entre distintos formatos de empaques y etiquetas. El proyecto incluyó análisis de tareas internas y externas, rediseño de estaciones de trabajo, estandarización de procedimientos y capacitación del personal. Como resultado, se redujo el tiempo de cambio de 75 minutos a 28 minutos, lo que mejoró la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante cambios regulatorios y de mercado.

4- “Improving Changeover Time in Injection Molding Using SMED Principles”, hecho por Zhang y Chen (2020): este trabajo se llevó a cabo en una planta de moldeo por inyección de componentes electrónicos. En esta se aplicaron los principios de SMED para reducir el tiempo de cambio entre moldes de diferentes productos. El proyecto incluyó análisis de tareas internas y externas, rediseño de herramientas, implementación de dispositivos de cambio rápido y capacitación del personal. En cuanto al resultado, el tiempo de cambio se redujo de 90 minutos a 30 minutos, lo cual permitió aumentar la flexibilidad de producción y reducir el inventario en proceso.

5- *Application of SMED Methodology to Reduce Changeover Time in a Manufacturing Company*, desarrollado por González y Rojas (2019): esta investigación se aplicó en una empresa manufacturera internacional para reducir los tiempos de cambio de formato en líneas de producción. Así, utilizando la metodología SMED, se obtuvo una reducción del 40 % en el tiempo de cambio, esto mejoró la eficiencia y disponibilidad de las máquinas.

1.5 PROYECCIONES

La proyección con este trabajo es analizar el proceso de *setup*, dar con las causas e implementar las mejoras correspondientes para disminuir los desperdicios. De este modo, se espera cumplir con los objetivos propuestos y llegar a soluciones concretas, rediseñar los muebles de almacenamiento y, de esta manera, lograr que la empresa comience a percibir los resultados y reconozca la importancia del proyecto y sus consecuencias positivas.

1.5.1 Alcances

El trabajo de investigación se desarrolla en la empresa A-MEDICAL, específicamente en el Área de Balloon, dentro de las líneas iniciales de producción.

El proceso que abarca el estudio es el *setup* de las máquinas, correspondiente a las actividades realizadas por los operadores para iniciar un nuevo lote de producción tras finalizar el anterior. Actualmente, el tiempo dedicado a este *setup* excede los límites esperados, lo cual genera desperdicios significativos y afecta la eficiencia del proceso.

Por consiguiente, a partir de este trabajo se busca identificar las causas que están provocando que el proceso sea más lento de lo normal, así como implementar un control efectivo desde el inicio para garantizar un flujo adecuado y eliminar los cuellos de botella existentes.

El objetivo principal es lograr una reducción considerable en el tiempo del proceso inicial de *balloon*, con el fin de mejorar el flujo de producción de lotes, incrementar la rentabilidad y facilitar el cumplimiento de las metas establecidas por la empresa.

1.5.2 Limitaciones

No se visualizan limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico es una parte fundamental de cualquier investigación ya que proporciona el sustento conceptual y metodológico necesario para comprender y analizar el problema en estudio.

Así, este marco permite establecer una base sólida para identificar las causas del problema, evaluar soluciones potenciales y justificar la implementación de mejoras que contribuyan a agilizar el proceso de *setup* en la línea de producción de *balloon* en la empresa A-MEDICAL.

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 DMAIC

ProbabilidadyEstadística.net (2025) brinda las siguientes características de esta metodología:

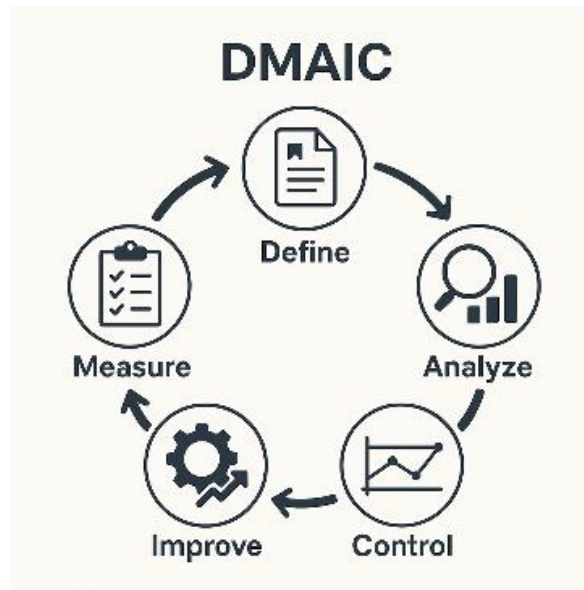
DMAIC es una metodología de la estrategia de mejora de procesos *six sigma*, es decir, DMAIC es un método que sirve a las organizaciones para medir y mejorar su rendimiento.

DMAIC es un acrónimo cuyas siglas en inglés significan definir, medir, analizar, mejorar y controlar, que son las cinco fases de la metodología DMAIC.

Aunque la metodología DMAIC normalmente se emplea para proyectos *six sigma* (o seis *sigma*), su uso no es exclusivo para este tipo de proyectos, sino que también puede utilizarse para solucionar otros tipos de problemas empresariales.

En definitiva, DMAIC es una técnica *lean* que se usa para mejorar el rendimiento de una empresa en un ámbito concreto, ya que ayuda a identificar la causa de un problema, analizarlo y encontrar una solución.

Figura 2.1: Imagen ilustrativa del DMAIC



Fuente: ProbabilidadyEstadística.net, 2025.

2.1.2 Análisis FODA

En cuanto a este análisis, Raeburn (2025) señala:

El análisis FODA es una técnica que se usa para identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio o, incluso, de algún proyecto específico. Si bien, por lo general, se usa muchísimo en pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro, empresas grandes y otras organizaciones; el análisis FODA se puede aplicar tanto con fines profesionales como personales.

El análisis FODA es una herramienta simple y, a la vez, potente que te ayuda a identificar las oportunidades competitivas de mejora. Te permite trabajar para mejorar el negocio y el equipo mientras te mantienes a la cabeza de las tendencias del mercado.

Figura 2.2: Imagen ilustrativa del análisis FODA



Fuente: Raeburn, 2025.

2.1.3 Matriz de estrategias

Es una herramienta de análisis estratégico que permite generar opciones de acción a partir de la combinación de los elementos del análisis FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Asimismo, esta matriz se estructura en cuatro cuadrantes:

- FO (fortalezas-oportunidades): Estrategias ofensivas que aprovechan las fortalezas internas para explotar oportunidades externas.
- DO (debilidades-oportunidades): Estrategias adaptativas que buscan superar debilidades internas aprovechando oportunidades externas.
- FA (fortalezas-amenazas): Estrategias defensivas que utilizan fortalezas internas para minimizar o enfrentar amenazas externas.
- DA (debilidades-amenazas): Estrategias de supervivencia que intentan reducir debilidades y evitar amenazas.

Esta matriz es útil para la toma de decisiones estratégicas al presentar de forma clara las posibles rutas de acción según el entorno y las capacidades internas de una organización (ND Marketing Digital, 2025).

Figura 2.3: Imagen ilustrativa de la matriz de estrategias



Fuente: ND Marketing Digital, 2025.

2.1.4 Árbol de CTQ (critical to quality)

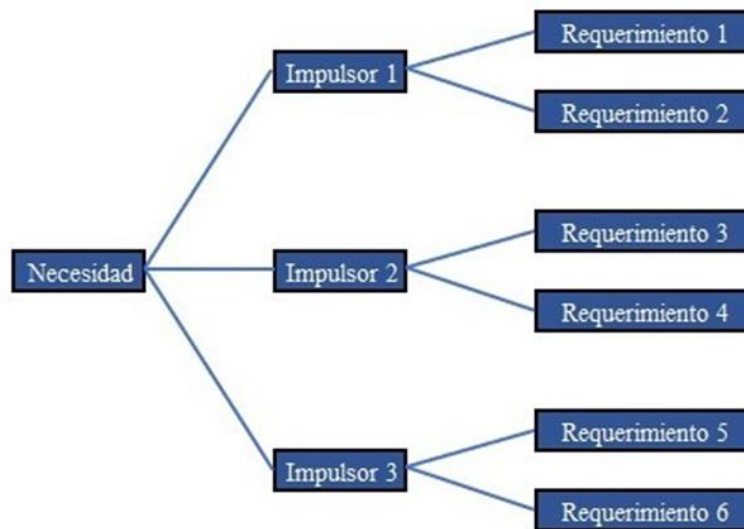
Respecto a esta herramienta, Global Trust Association (2019) señala:

El árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa.

Para desarrollar el árbol de CTQ, la organización necesita identificar al cliente o usuario, las necesidades críticas que el producto y/o servicio debe satisfacer, los controladores de calidad y los requisitos de rendimiento. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las exigencias del cliente.

Uno de los atributos más importantes de un árbol de CTQ es que viene trasladado directamente de la voz del cliente (VOC, por sus siglas en inglés) y esto nos da un panorama completo de las necesidades reales del cliente.

Figura 2.4: Imagen ilustrativa de un árbol de CTQ



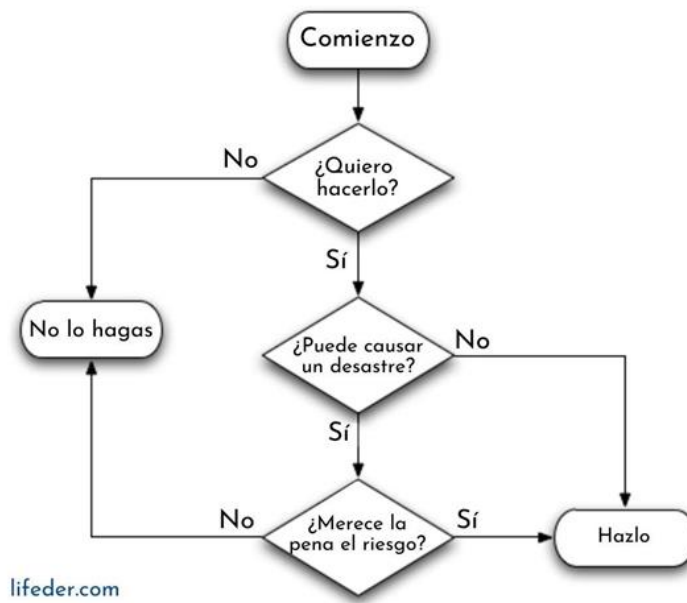
Fuente: Global Trust Association, 2019.

2.1.5 Diagrama de flujo

Con relación a este tipo de diagrama, Lucidchart (2023) establece:

Un diagrama de flujo es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender. Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia. Pueden variar desde diagramas simples y dibujados a mano hasta diagramas exhaustivos creados por computadora que describen múltiples pasos y rutas. Si tomamos en cuenta todas las diversas figuras de los diagramas de flujo, son uno de los diagramas más comunes del mundo, usados por personas con y sin conocimiento técnico en una variedad de campos. Los diagramas de flujo a veces se denominan con nombres más especializados, como "diagrama de flujo de procesos", "mapa de procesos", "diagrama de flujo funcional", "mapa de procesos de negocios", "notación y modelado de procesos de negocio (BPMN)" o "diagrama de flujo de procesos (PFD)". Están relacionados con otros diagramas populares, como los diagramas de flujo de datos (DFD) y los diagramas de actividad de lenguaje unificado de modelado (UML).

Figura 2.5: Imagen ilustrativa de un diagrama de flujo

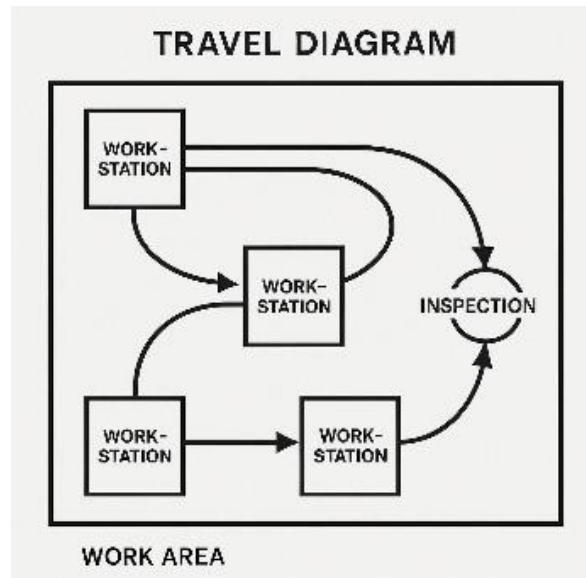


Fuente: Lucidchart, 2023.

2.1.6 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es una herramienta gráfica utilizada en el estudio de métodos para representar el trayecto físico que sigue una persona, material o información dentro de un proceso. Este diagrama permite visualizar desplazamientos, identificar movimientos innecesarios y proponer mejoras en la distribución de espacios y eficiencia operativa (Barnes, 1980).

Figura 2.6: Imagen ilustrativa de un diagrama de recorrido



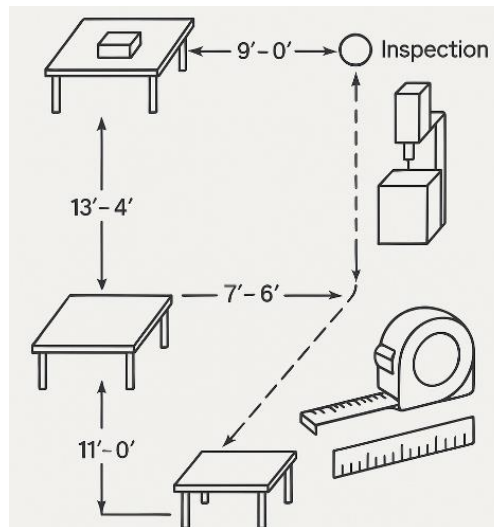
Fuente: Luciano, 2021.

2.1.7 Toma de muestras de distancias

Es una técnica utilizada en el análisis de procesos y estudios de métodos para medir con precisión las distancias físicas recorridas por personas, materiales o equipos dentro de un área de trabajo. Esta permite identificar desplazamientos innecesarios, cuellos de botella y oportunidades de mejora.

De esta forma, se utiliza para calcular el tiempo y esfuerzo asociados al movimiento, y es fundamental para aplicar principios de eficiencia como la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo de trabajo (Sánchez, 2019).

Figura 2.7: Imagen ilustrativa de una toma de muestras de distancias



Fuente: Sánchez, 2019.

2.1.8 Gráfico de barras

Un gráfico de barras es una representación visual de datos categóricos mediante rectángulos cuya longitud es proporcional al valor que representan. Se utiliza comúnmente para comparar cantidades entre diferentes grupos o categorías. En el estilo APA, las gráficas de barras se consideran figuras y deben incluir número, título, imagen, leyenda y nota si es necesario (Sánchez, 2020).

Figura 2.8: Imagen ilustrativa de un gráfico de barras

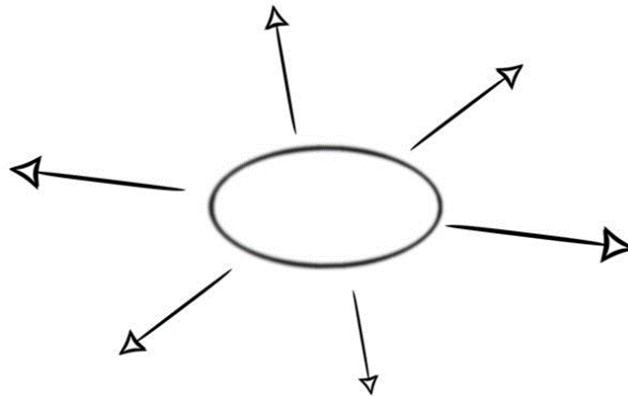


Fuente: Sánchez, 2020.

2.1.9 Lluvia de ideas

De acuerdo con Osborn (1953), la lluvia de ideas es una técnica creativa grupal utilizada para generar una gran cantidad de ideas en un corto período de tiempo. Su objetivo es fomentar la participación libre y espontánea, sin juicios ni críticas, para resolver problemas, innovar o planificar proyectos. Es ampliamente utilizada en entornos educativos, empresariales y de diseño.

Figura 2.9: Imagen ilustrativa de una lluvia de ideas



Fuente: Osborn, 1953.

2.1.10 Entrevista

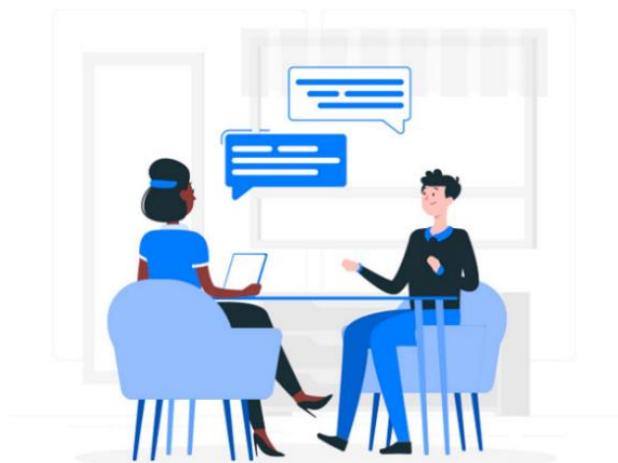
En cuanto a esta herramienta, Díaz et al. (2013) explican:

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. Canales la define como "la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto". Heinemann propone para complementarla, el uso de otro tipo de estímulos, por ejemplo, visuales, para obtener información útil para resolver la pregunta central de la investigación.

Se argumenta que la entrevista es más eficaz que el cuestionario porque obtiene información más completa y profunda, además presenta la posibilidad de aclarar dudas durante el proceso, asegurando respuestas más útiles.

La entrevista es muy ventajosa principalmente en los estudios descriptivos y en las fases de exploración, así como para diseñar instrumentos de recolección de datos (la entrevista en la investigación cualitativa, independientemente del modelo que se decida emplear, se caracteriza por los siguientes elementos: tiene como propósito obtener información en relación con un tema determinado; se busca que la información recabada sea lo más precisa posible; se pretende conseguir los significados que los informantes atribuyen a los temas en cuestión; el entrevistador debe mantener una actitud activa durante el desarrollo de la entrevista, en la que la interpretación sea continua con la finalidad de obtener una comprensión profunda del discurso del entrevistado). Con frecuencia la entrevista se complementa con otras técnicas de acuerdo con la naturaleza específica de la investigación.

Figura 2.10: Imagen ilustrativa de una entrevista



Fuente: Díaz et al., 2013.

2.1.11 Encuesta

Según Frederick (2025), “Una encuesta es un método de recopilación de información realizado a personas a través de preguntas coherentes, objetivas y articuladas, que garantiza que la información obtenida pueda ser analizada”.

Figura 2.11: Imagen ilustrativa de una encuesta



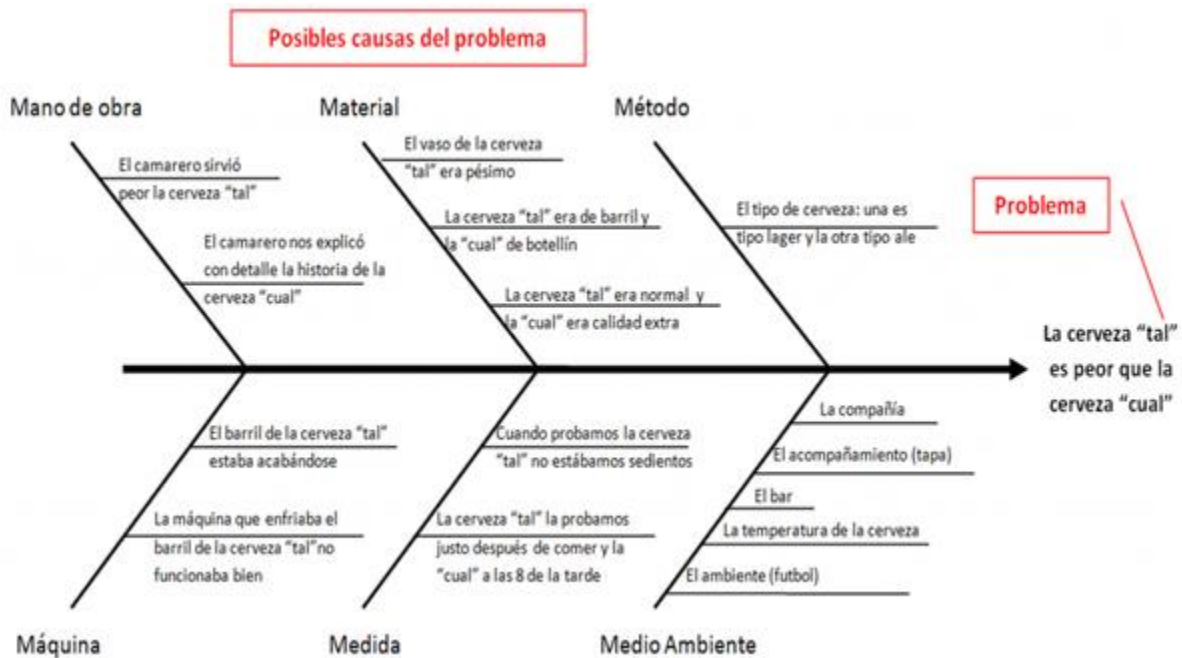
Fuente: Formento, 2020.

2.1.12 Diagrama de Ishikawa

Referente a este diagrama, Burgasí et al. (2021) mencionan:

Ha sido una herramienta que se ha usado en distintos campos de la educación, que, aplicado el diagrama de Ishikawa en este campo, permite analizar el problema principal que interviene en la calidad de un producto/servicio. Se dio como conclusión que el diagrama de Ishikawa ha sido una de las herramientas que se basa en una interrelación de causa y efecto, ayudando a obtener las causas de la dispersión y, además, a ordenar la relación en medio de las causas (p. 1213).

Figura 2.12: Imagen ilustrativa de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Manufactura Esbelta Bolivia, 2018.

2.1.13 Multivoto

Con relación al multivoto, Aiteco Consultores (2019) indica:

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando se dispone de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con el multivoto, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes.

Figura 2.13: Imagen ilustrativa de un multivoto

Ejemplo

- La siguiente es la clasificación de cada miembro del equipo para cada tema de interés.

Tema	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Orden y limpieza	5	4	1	1	5	4
Entrenamiento del personal	4	3	1	2	3	5
Eliminación de desperdicios	3	2	3	4	2	5
Clima organizacional	3	1	2	3	2	4
Reparación de infraestructura	5	1	5	5	1	3

Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

2.1.14 Diagrama de Pareto

En cuanto a este diagrama, Pingback (2025a) define cómo funciona y su objetivo:

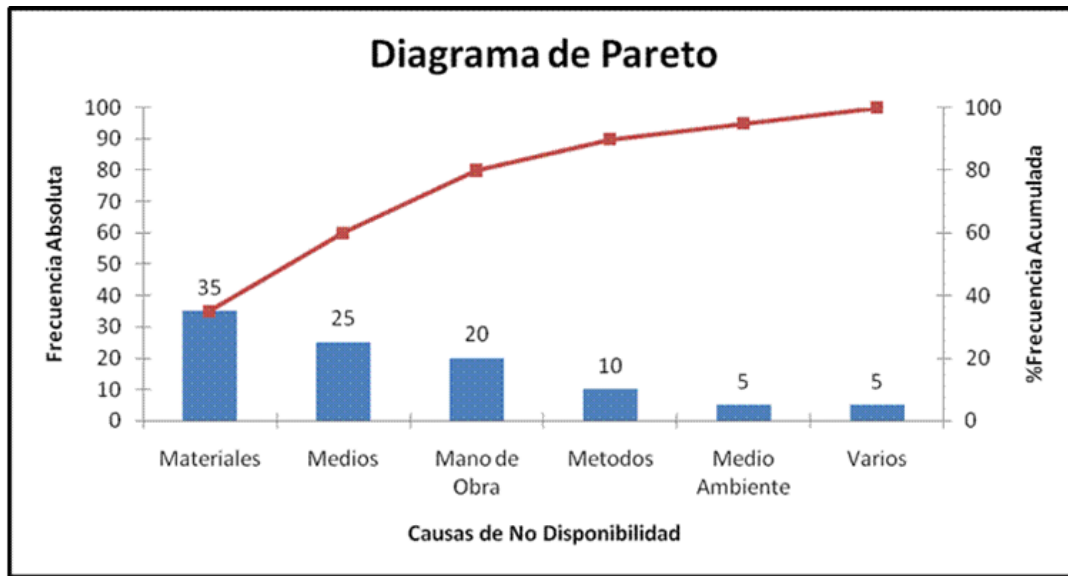
El diagrama de Pareto es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, de izquierda a derecha respectivamente.

Esta gráfica permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben resolver primero.

Su finalidad, es hacer visibles los problemas reales que están afectando el alcanzar los objetivos de la empresa y reducir las pérdidas que esta posee.

Además, permite evaluar previamente, cuáles son las necesidades del público objetivo y cómo satisfacerlas con nuestro producto o servicio, logrando también, el objetivo de la mercadotecnia.

Figura 2.14: Imagen ilustrativa de un diagrama de Pareto



Fuente: Pingback, 2025a.

2.1.15 Optimización de procesos

Respecto a la misma, SYDLE (2023) recalca la importancia de su implementación en los procesos de una empresa:

La optimización de procesos es la disciplina que adapta continuamente los procesos con el fin de mejorarlos. Para eso se debe hacer un análisis y, así, identificar los puntos deficientes y encontrar las soluciones para perfeccionarlos.

La eficiencia de una empresa depende de sus procesos. Y es por eso por lo que su optimización es fundamental para alcanzar la competitividad esperada y convertirse en una referencia en el mercado.

Figura 2.15: Imagen ilustrativa de la automatización de procesos



Fuente: SYDLE, 2023.

2.1.16 Diagrama de Gantt

Martins (2025) describe sobre esta herramienta lo siguiente:

El diagrama de Gantt, muy usado en la gestión de proyectos, es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación de tu proyecto, de dar seguimiento a los logros y de estar siempre familiarizado con el cronograma de tu trabajo. Cada barra de un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea. Cuando los miras en perspectiva, los diagramas de Gantt ofrecen a los miembros del equipo un panorama general acerca de cuál es el trabajo que hay que hacer, quién lo hace y cuándo. Gracias a los programas de gestión de proyectos en la nube los diagramas de Gantt pueden actualizarse y sincronizarse de forma rápida y para todos los miembros del equipo a la vez.

Figura 2.16: Imagen ilustrativa de un diagrama de Gantt



Fuente: Martins, 2025.

2.1.17 Auditar procesos

De acuerdo con Medina et al. (2020):

La auditoría de procesos es un proceder sistemático, que se encamina a lograr el cumplimiento de las acciones y estrategias, evalúa el rendimiento, se considera una herramienta para mejorar la calidad, busca las mayores eficiencias operativas y mejores resultados en los procesos. Los alcances previstos atañen a todas las áreas, departamentos o procesos de la organización.

Funciona en base a evidencias objetivas; se deberá tener una idea precisa del nivel de desempeño del proceso de la entidad. Por tanto, el encargado de realizarla deberá ser un personal calificado, preferentemente de la organización, para poderlo implementar como un proceso de mejora continua. En esta se examina y controla que los procesos cumplan con lo establecido en cada una de las áreas, obliga a trabajar en la búsqueda de incrementar la satisfacción de sus clientes y mejorar el uso de sus recursos.

Figura 2.17: Imagen ilustrativa de la auditoría de procesos



Fuente: Sánchez y Mena, 2020.

2.1.18 Caminatas gembas

Referente a esta herramienta, Naydenov (2025) detalla:

El término *gembas* proviene del japonés y significa 'el verdadero lugar'. En la gestión *lean*, *gembas* es el lugar más importante para un equipo, puesto que es el lugar donde realmente sucede el trabajo.

Es simple, para las bandas de rock, *gembas* es el estudio de grabación. Para los equipos de fórmula 1, *gembas* está donde sea que el auto esté. Para los fabricantes es el piso de la fábrica, etc. En otras palabras, es donde verdaderamente sucede el trabajo, es en donde puedes observarlo y analizarlo.

La caminata *gembas* es un concepto desarrollado por Taiichi Ohno, quien a menudo es considerado el padre de la producción *justo a tiempo*.

Al desarrollar tal concepto, Ohno ofrece una oportunidad real para que los ejecutivos dejen su rutina diaria, observen dónde verdaderamente sucede el trabajo y construyan relaciones con los trabajadores basadas en la confianza mutua.

Figura 2.18: Imagen ilustrativa de la caminata gemba



Fuente: Naydenov, 2025.

2.1.19 Mejora continua

Según ABPMP International (2020), mejora continua es un enfoque para la mejora de procesos operativos que se basa en la necesidad de revisar continuamente las operaciones de los problemas, la reducción de costos de oportunidad, la racionalización, y otros factores que en conjunto permiten la optimización.

A menudo asociada con metodologías de procesos, la actividad de mejora continua proporciona una visión continua, medición y retroalimentación sobre el rendimiento del proceso para impulsar la mejora en la ejecución de los procesos.

Figura 2.19: Imagen ilustrativa de la mejora continua



Fuente: ABPMP International, 2020.

2.1.20 Cuantificación de beneficios

De acuerdo con ABPMP International (2020), es el proceso de medir y expresar en términos numéricos los resultados positivos esperados o logrados por una iniciativa, proyecto o mejora de procesos. Esto puede incluir: ahorros en costos, incremento en ingresos, reducción de tiempos de ciclo, mejora en la satisfacción del cliente, reducción de errores o retrabajos.

Figura 2.20: Imagen ilustrativa de la cuantificación de beneficios



Fuente: Rivas, 2018.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se exponen los detalles más importantes de la empresa A-MEDICAL, donde se realiza el estudio.

2.2.1 Visión/misión

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

Visión

"La visión de A-MEDICAL es contribuir a que las personas lleven una mejor calidad de vida, promoviendo un estado de salud óptimo" (A-MEDICAL, 2025).

Misión

Ser una empresa competitiva que genera beneficios tanto para accionistas como para trabajadores, manufacturando productos de excelente calidad que contribuyen a mejorar y prolongar la vida de nuestros clientes. Nos comprometemos a ser socialmente responsables, respetando y protegiendo el medio ambiente, y reconociendo el esfuerzo y dedicación de cada colaborador que hace posible nuestro éxito (A-MEDICAL, 2025).

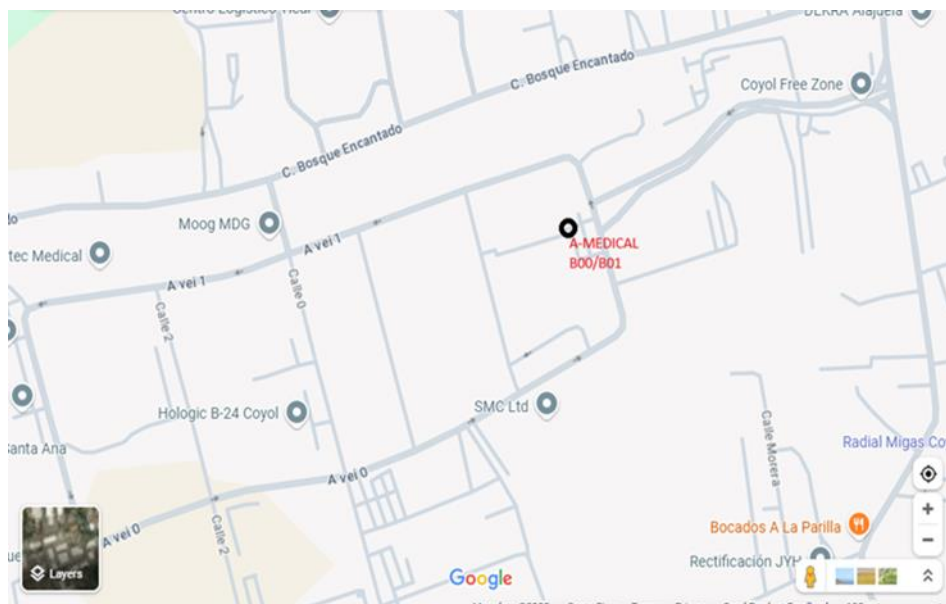
2.2.2 Antecedentes históricos

La empresa se creó en Estados Unidos, específicamente en el estado de Kentucky. Un doctor llamado John A. Wallace tuvo la idea de crear una empresa de dispositivos médicos que ayudara a las personas a mejorar su estado de salud y su calidad de vida. La idea del doctor les llamó la atención a algunos inversionistas, lo que llevó a su creación en el año de 1927. Fue tanto el éxito de la empresa que se fue expandiendo poco a poco a diferentes estados y en 1952 pasó al ámbito internacional. Actualmente cuenta con más de 50 000 empleados alrededor del mundo, en un total de 26 países, abarcando todos los continentes, donde ayuda a mejorar la vida de muchas personas.

2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa en Costa Rica es en la Zona Franca Coyoil (ZFC), edificios B00 y B01, en la provincia de Alajuela.

Figura 2.21: Mapa satelital de A-MEDICAL

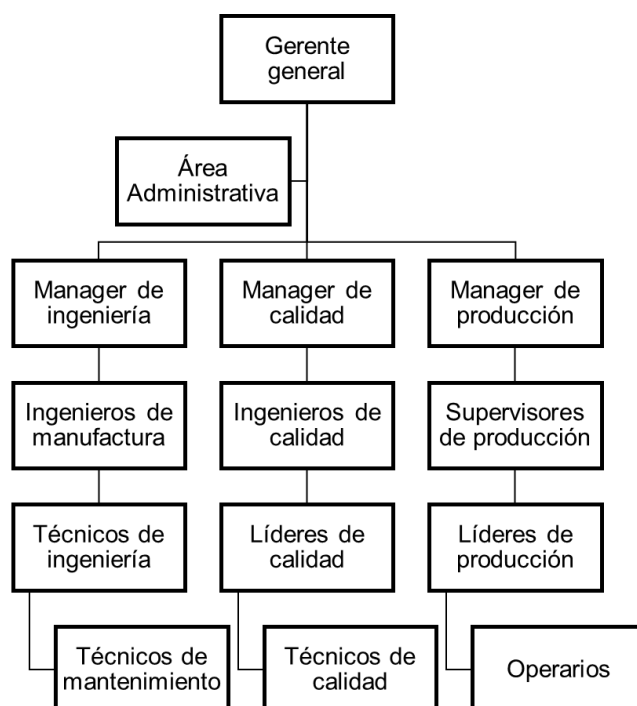


Fuente: Google Maps, 2025.

2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.22: Organigrama de A-MEDICAL



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área para la división de Costa Rica

Puesto o área	Cantidad
Ingenieros	150
Operarios	850
Líderes de producción	50
Supervisores	25
Técnicos de manufactura, calidad y mantenimiento	200
Administrativos	100
Total	1375

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El Área de Balloon, que es donde se lleva a cabo el presente trabajo, cuenta con un total de 30 operarios, dos líderes de producción, cinco ingenieros de diferentes ramas y dos supervisores; esto como suma de los turnos A y B.

2.2.6 Tipos de productos

La planta de producción ubicada en Costa Rica se especializa en la fabricación de tecnologías médicas de vanguardia, reconocidas a nivel mundial por su alta calidad y eficacia. Estas tecnologías están diseñadas para el tratamiento de una amplia variedad de enfermedades vasculares, incluyendo afecciones complejas de las arterias coronarias y periféricas.

Gracias a la innovación constante y a rigurosos procesos de manufactura, la planta contribuye significativamente a mejorar la salud y la calidad de vida de los pacientes que enfrentan estos problemas cardiovasculares, posicionándose como un referente en la industria médica a nivel global.

2.2.7 Mercado de exportación

El mercado de exportación de A-MEDICAL es de talla internacional en el tema de dispositivos médicos de alta tecnología. En la actualidad se encuentra en el mercado de los cinco continentes, aunque los productos fabricados en la planta de Costa Rica se envían en específico a Estados Unidos.

2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Un proceso productivo es el conjunto de actividades organizadas y secuenciales mediante las cuales se transforman insumos o materias primas en productos terminados o servicios, lo que agrega valor en cada etapa. Este proceso puede dividirse en varias fases, según el tipo de industria.

A continuación, se representa el proceso productivo de la empresa A-MEDICAL:

Figura 2.23: Diagrama de flujo del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El proceso productivo de A-MEDICAL comienza con la recepción del pedido por parte del cliente. A partir de este, se elaboran los planes de producción necesarios para la fabricación del producto. Una vez definidos los planes, se inicia la fabricación del producto. Tras culminar la producción, el producto se somete a rigurosos controles de calidad y pruebas finales para asegurar que cumple con las especificaciones y estándares requeridos. Posteriormente, el producto pasa por un proceso de esterilización para garantizar su seguridad. Por último, el producto se entrega al cliente y, así, se completa el ciclo productivo.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

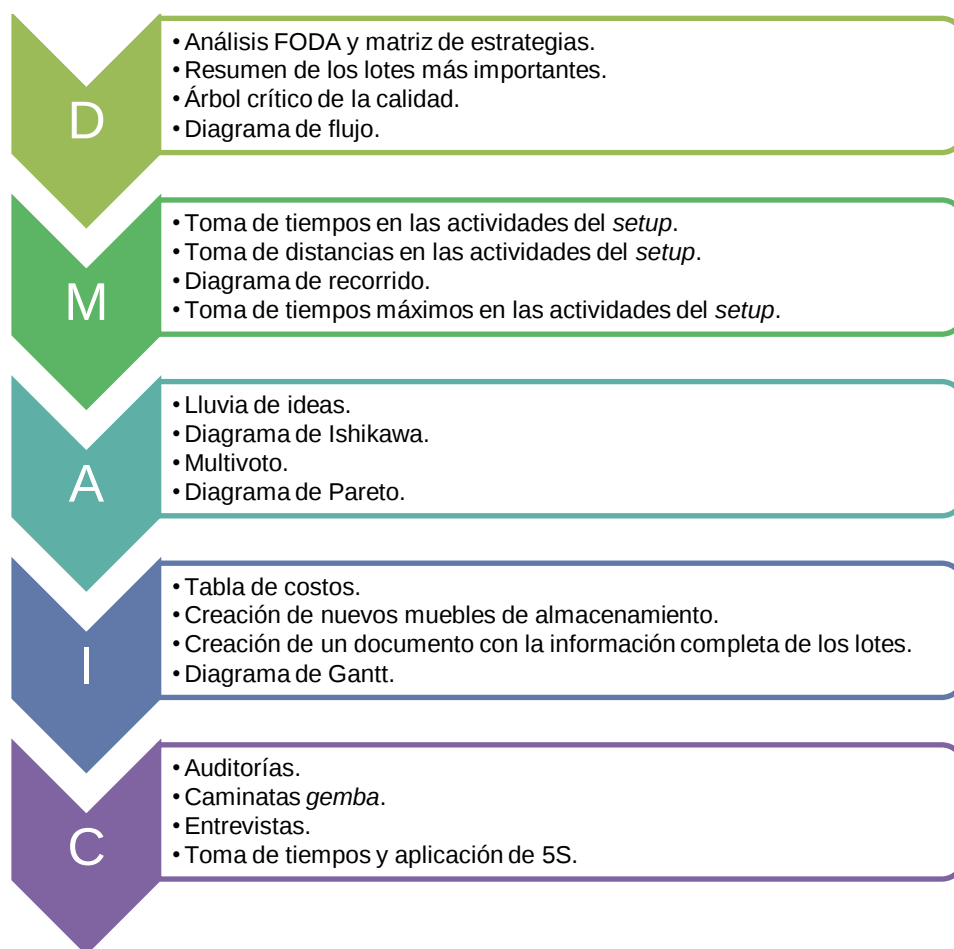
Los enfoques cuantitativos, cualitativos y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos (Hernández et al., 2014).

En este trabajo el enfoque de la investigación es mixto, ya que se pretende cuantificar la cantidad de causas que ocasionan el problema en las líneas de producción y reducirlas, pero también analizar las cualidades de las herramientas y los problemas que se experimentan en estas para erradicarlos.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Es el conjunto de procedimientos sistemáticos utilizados para recolectar, analizar e interpretar información, con el fin de responder a una pregunta o resolver un problema. En este caso, se utiliza para detallar a fondo la problemática en la línea de *balloon* de la empresa A-MEDICAL.

Figura 3.1: DMAIC del método de investigación aplicado



Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes de información primarias: estas fuentes contienen información original que ha sido publicada por primera vez y no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más. Son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa.

Fuentes de información secundarias: contienen información primaria sintetizada y reorganizada. Están especialmente diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos. Parten de datos preelaborados, como pueden ser datos obtenidos de anuarios estadísticos, internet, medios de comunicación, bases de datos procesadas con otros fines, artículos y documentos relacionados con el problema, libros, tesis, informes oficiales (Miranda y Acosta, 2008).

En el presente trabajo, las fuentes primarias de información son los testimonios de los operarios, cuando se les realicen entrevistas con respecto al proceso o se les solicite

ayuda en la lluvia de ideas para identificar las causas del problema. Por su parte, las fuentes secundarias son los inventarios de herramientas documentados previamente a este trabajo, así como otro tipo de documentos que puedan emplearse durante el proceso.

3.3.1 Sujetos de información

Los sujetos de información del presente trabajo son los trabajadores de A-MEDICAL, específicamente del Área de Balloon. Además, la información proviene de datos recopilados por medio de herramientas ingenieriles y el *project charter* que se expone en el siguiente capítulo.

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

A continuación, se aprecia la siguiente tabla con las diferentes variables de análisis.

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir el entorno y los factores que influyen en el proceso de <i>setup</i> de las máquinas de las líneas de producción de <i>balloon</i> .	Factores del proceso	Comprenden las condiciones físicas, técnicas, humanas y organizacionales que afectan la preparación de las máquinas. Estos factores pueden impactar la eficiencia, el tiempo y los desperdicios generados durante el cambio o ajuste de producción.	Por medio de herramientas ingenieriles, se identifican las posibles causas que están afectando el proceso.	Análisis FODA y matriz de estrategias, resumen de los lotes más importantes, árbol CTQ y diagrama de flujo.
Medir el impacto de los factores identificados en el tiempo consumido en el proceso de <i>setup</i> con la aplicación de técnicas de SMED.	Proceso de <i>setup</i>	Es una herramienta de mejora continua desarrollada por Shigeo Shingo, cuyo objetivo es reducir los tiempos.	Mediante diferentes estrategias por medio de herramientas de ingeniería y aplicarlas al proceso.	Toma de tiempos y distancias en actividades del <i>setup</i> , diagrama de recorrido y toma de tiempos máximos en actividades del <i>setup</i> .
Analizar las principales causas que están ocasionando desperdicios a la hora de ejecutar el <i>setup</i> de las máquinas en la fabricación de los productos de <i>balloon</i> .	Causas críticas	Se refiere al proceso de identificar, examinar y comprender los factores que originan un problema o situación específica dentro de un sistema o proceso.	Empleando herramientas ingenieriles, se pretende mejorar los procesos para evitar problemas similares en el futuro.	Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, multivoto y diagrama de Pareto.
Proponer mejoras y controles que disminuyan el tiempo en la realización del <i>setup</i> de las máquinas, para así aumentar el rendimiento de las líneas de producción de <i>balloon</i> .	Mejora del proceso	Se refiere al diseño e implementación de acciones estratégicas, técnicas o metodológicas orientadas a optimizar el proceso de preparación de máquinas en una línea de producción.	Utilizar distintas herramientas para tener control del proceso y garantizar la mejora.	Creación de nuevos muebles de almacenamiento, elaboración de un documento con toda la información de los lotes, y diagrama de Gantt.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5 INSTRUMENTOS

A continuación, se presentan los instrumentos o herramientas utilizadas para la recopilación de información.

3.5.1 Entrevistas

Díaz et al. (2013) indican sobre este instrumento:

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. Canales la define como "la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto". Heinemann propone para complementarla, el uso de otro tipo de estímulos, por ejemplo, visuales, para obtener información útil para resolver la pregunta central de la investigación.

Este instrumento sirve para hablar directamente con las personas involucradas en el proceso, realizarles una serie de preguntas sobre el procedimiento y comparar las respuestas, con el fin de obtener posibles causas y también determinar si los operadores están alineados a la hora de efectuar el *setup* de las máquinas.

Tabla 3.2: Machote de entrevistas

Entrevista a los operadores de <i>balloon</i>	
1. ¿Con cuánta frecuencia aproximadamente realiza <i>setup</i> en su estación?	R/
2. ¿Cuáles cree usted que son las causas de los altos tiempos en los <i>setup</i> ?	R/
3. ¿Siente que hay poca iluminación en algunas áreas?	R/
4. ¿Cree que con una mejor distribución de las herramientas se agilice el proceso?	R/
5. ¿Entendió de manera correcta el entrenamiento cuando se le impartió?	R/

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5.2 Encuesta

Una encuesta es un método de investigación que recopila información, datos y comentarios por medio de una serie de preguntas específicas. Asimismo, la mayoría de las encuestas se realizan con la intención de hacer suposiciones sobre una población, grupo referencial o muestra representativa.

Se escoge la encuesta para el proyecto porque de esta forma se obtienen los puntos de vista de los operadores acerca de los problemas más comunes y cuáles hacen perder más tiempo.

Tabla 3.3: Machote de encuesta

Encuesta sobre las causas de atrasos en Balloon (encierre con una X las que le parezcan más relevantes para el proceso)	
Poca iluminación	()
Poco espacio de almacenaje	()
Falta de rotulación y etiquetado	()
Muchos recorridos para traer las herramientas	()
Poco acompañamiento por parte del coreteam	()
Falta de concentración	()
Malos entrenamientos	()
No cumplimiento del proceso	()

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5.3 Caminatas gemba

Referente a esta herramienta, Naydenov (2025) detalla:

El término *gemba* proviene del japonés y significa ‘el verdadero lugar’. En la gestión *lean*, *gemba* es el lugar más importante para un equipo, puesto que es el lugar donde realmente sucede el trabajo.

Es simple, para las bandas de rock, *gemba* es el estudio de grabación. Para los equipos de fórmula 1, *gemba* está donde sea que el auto esté. Para los fabricantes es el piso de la fábrica, etc. En otras palabras, es donde verdaderamente sucede el trabajo, es en donde puedes observarlo y analizarlo.

La caminata *gemba* es un concepto desarrollado por Taiichi Ohno, quien a menudo es considerado el padre de la producción *justo a tiempo*.

Al desarrollar tal concepto, Ohno ofrece una oportunidad real para que los ejecutivos dejen su rutina diaria, observen dónde verdaderamente sucede el trabajo y construyan relaciones con los trabajadores basadas en la confianza mutua.

Las caminatas *gemba* ayudan a identificar algunas acciones tanto de los operadores como de los materiales con los que trabajan. Se efectúan de forma periódica en las líneas en diferentes momentos del día en los que se lleven a cabo los *setup* de las máquinas. Al respecto, se evalúa el tiempo y la manera en que los operadores cumplen el procedimiento y son distintas personas las encargadas de realizar dichas caminatas.

Figura 3.2: Imagen ilustrativa del gemba



Fuente: Naydenov, 2025.

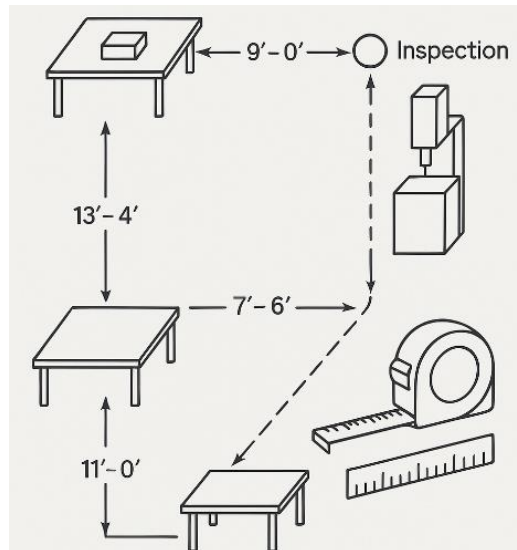
3.5.4 Toma de muestras de distancias

Es una técnica utilizada en el análisis de procesos y estudios de métodos para medir con precisión las distancias físicas recorridas por personas, materiales o equipos dentro

de un área de trabajo. Esta permite identificar desplazamientos innecesarios, cuellos de botella y oportunidades de mejora.

De este modo, se utiliza para calcular el tiempo y esfuerzo asociados al movimiento, y es fundamental para aplicar principios de eficiencia como la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo de trabajo (Sánchez, 2019).

Figura 3.3: Imagen ilustrativa de toma de muestras de distancias



Fuente: Sánchez, 2019.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se utilizan herramientas ingenieriles para analizar las posibles causas del problema. Así, se hace un análisis FODA; una matriz de estrategias basada en los resultados del FODA; un resumen de los lotes que más se trabajan, su producción por hora (UPH) y lo que se tarda en producir estos lotes; un árbol de CTQ; un diagrama de flujo del proceso de producción y un diagrama de recorrido del Área de Balloon.

Importancia del producto

El producto *balloon* forma parte de la familia de productos cardiovasculares fabricados en la planta y es fundamental para la compañía ya que funciona como un subensamble para otras líneas de producción. Por lo tanto, cualquier atraso en su fabricación impacta directamente en el cumplimiento de las métricas de producción y entrega de las demás líneas que dependen de este.

Función

El *balloon* está diseñado para su uso en procedimientos médicos de angioplastia. Al respecto, en los mismos se inserta en arterias y venas estrechadas o bloqueadas para expandirlas y mejorar el flujo sanguíneo. Esto contribuye a la reducción de síntomas como dolor en el pecho y dificultad para respirar, además de disminuir el riesgo de eventos cardiovasculares graves como infartos o accidentes cerebrovasculares. El *balloon*, que forma parte de un catéter, se infla dentro de la arteria para presionar la placa (depósitos de grasa y calcio) contra las paredes arteriales, lo que abre el espacio y facilita el paso de la sangre.

Precio y pronóstico futuro

El costo de cada *balloon* semiterminado es aproximadamente de \$ 35, porque solo se considera producto terminado una vez completado el ensamblaje final del catéter en otras líneas de producción, por lo que su valor final depende de la familia del producto. Para el año 2026, se espera la incorporación de dos nuevos productos de la misma familia, denominados Balloon18 y Balloon35. Estos son versiones mejoradas del producto actual, lo cual anticipa una demanda significativa para la empresa. Por ello, las

mejoras implementadas en el producto *balloon* actual son esenciales para analizar y aplicarlas en estos nuevos desarrollos.

4.1 DEFINIR

En el entorno industrial, la eficiencia de los procesos productivos es importante para garantizar la calidad, reducir costos y cumplir con los tiempos de entrega. Sin embargo, cuando ocurren fallas, cuellos de botella o desperdicios dentro del proceso, estos pueden afectar significativamente el rendimiento general de la producción.

Por esto, es necesario definir con precisión el problema presente en el proceso, identificar sus causas principales y delimitar su impacto.

A continuación, se detalla la problemática específica detectada en el proceso bajo análisis.

4.1.1 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta estratégica que permite identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de una organización o proceso. Su objetivo es proporcionar una visión clara del entorno interno y externo para facilitar la toma de decisiones informadas y la planificación efectiva. A continuación, se expone el análisis FODA correspondiente:

Figura 4.1: Análisis FODA para la empresa A-MEDICAL



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se hace un análisis de los distintos factores internos proporcionados por el FODA anterior.

Fortalezas

- Cumplimiento de los procedimientos

En este proceso destacan las buenas prácticas de manufactura a la hora de realizar el producto, los colaboradores no se saltan pasos de los procedimientos y todo se sigue al pie de la letra.

- Producto de calidad

Al haber una buena ejecución en las líneas de producción, aunque en ocasiones el producto tarde más en terminarse, su calidad es de las mejores en el mercado, por eso es tan cotizado y solicitado por los clientes de la industria.

- Producto clave

El producto *balloon* es un pilar para la compañía, ya que abastece una gran parte de las líneas de producción. Por consiguiente, la mejora en el proceso es de gran ayuda para el cumplimiento de metas de los diferentes departamentos.

Debilidades

- Poca flexibilidad

El proceso de *balloon* es poco flexible a la hora de realizar algún cambio muy específico; por ende, se debe prestar bastante atención para no pasar por alto ningún procedimiento.

- Poca mano de obra

En el área se cuenta con poca mano de obra para el proceso, por lo que algunas máquinas pasan cierto tiempo detenidas.

- Desorden en algunas áreas

En las áreas de almacenaje existe mucho desorden y no hay suficiente espacio para reacomodar todas las herramientas que se utilizan.

Seguidamente, se hace el análisis de los factores externos del proceso.

Oportunidades

- Mejor tecnología

En el mercado actual se cuenta con mejor tecnología que la empleada en la compañía, considerarla puede ayudar en gran manera a automatizar procesos y reducir tiempos.

- Beneficios de una zona franca

Al estar en una zona franca, la empresa tiene ciertos beneficios como descuentos en algunos componentes o prioridad para ejecutar algunos trabajos y mejorar áreas.

- Nuevos proveedores

Se pueden buscar nuevos proveedores con productos más tecnológicos, de mejor calidad y precios competitivos, con el propósito de optimizar el proceso y, a su vez, ser más atractivos para los clientes.

Amenazas

- Competencia con mejor entrega

Algunas de las empresas de la competencia tienen un mejor tiempo de entrega del producto, lo que las hace más llamativas para los clientes.

- Clientes más exigentes

Actualmente los clientes son más exigentes con los productos, tiempos de entrega, calidad, precio, entre otros. Por esto, se deben enfocar más recursos en cumplir con esas exigencias y, de esta manera, no perder clientes.

- Problemas con el clima

En el país la zona donde se ubica la planta es afectada en invierno porque ocurren deslizamientos y los caminos se complican, lo que puede generar aún más atrasos en cuanto a las entregas del producto.

4.1.2 Matriz de estrategias basadas en el análisis FODA

Una matriz FODA es una herramienta estratégica utilizada para analizar la situación interna y externa del objeto de estudio. Su fin principal es identificar factores clave que pueden influir en el logro de objetivos, lo que posibilita tomar decisiones más informadas y diseñar estrategias efectivas. Esta matriz se divide en dos dimensiones: interna (fortalezas y debilidades) y externa (oportunidades y amenazas), facilitando una visión integral del entorno.

A continuación, se aprecia la matriz de estrategias correspondiente:

Tabla 4.1: Matriz de estrategias

Oportunidades	Fortalezas	Debilidades
	FO	DO
	Aprovechar el buen cumplimiento de los procedimientos con el objetivo de implementar herramientas para obtener mejoras tecnológicas en el proceso.	Aprovechar la mano de obra que se tiene y automatizar los procesos con mejores herramientas, así como buscar proveedores para mejorar el almacenamiento de herramientas.
Amenazas	FA	DA
	Facilitar el proceso actual de producción con mejores herramientas, para obtener mejores tiempos.	Aplicar técnicas para mejorar el almacenaje de herramientas y bajar los tiempos de <i>setup</i> , con el fin de lograr una mejor calidad de entrega.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La tabla anterior muestra las estrategias del análisis FODA hecho en el proceso de *balloon*, las cuales se detallan en los siguientes párrafos:

Estrategia FO

Con la ayuda del buen cumplimiento de los procedimientos, se pueden realizar actualizaciones en el sistema o automatizaciones en el mismo, esto para mejorar el proceso sin afectar la calidad del producto.

Estrategia DO

Aprovechar el personal y capacitarlo de una mejora manera, además de automatizar procesos para que con la cantidad de empleados actual se puedan cumplir las tareas, así como buscar más contrataciones y nuevos proveedores para mejorar el tema de almacenaje de herramientas.

Estrategia FA

Analizar los diferentes tiempos del proceso y proporcionarle al personal mejores herramientas para optimizar estos tiempos de producción y, por ende, de entrega del producto a los clientes.

Estrategia DA

Aplicar técnicas para mejorar el almacenaje de herramientas y favorecer al personal con orden y aseo para que al efectuar el *setup*, las herramientas sean mucho más fáciles de encontrar.

Por lo tanto, se eligen las estrategias FA y DA pues redireccionan el estudio a un tema de implementación de técnicas para reducir los tiempos de *setup* al buscar el kit de herramientas y crear una cultura de orden y aseo con el propósito de que las tareas manuales ejecutadas en el proceso no sean las que consuman más tiempo.

4.1.3 Resumen de los lotes de producción

La cartera de lotes de la familia de *balloon* es de 26 números de parte, pero nueve de estos son los más producidos en las máquinas. A continuación, se indica una tabla con dichos números de parte, su respectiva producción por hora, cantidad de los lotes y el tiempo que se dura en producirse.

Tabla 4.2: Lotes de producción más recurrentes

Medidas de producto (mm)	Unidades producidas por hora (UPH)	Cantidad de lote	Tiempo de producción (Horas)
8 x 60	10	120	12,00
6 x 60	15	140	9,33
4 x 60	20	130	6,50
8 x 40	12	165	13,75
6 x 40	17	155	9,11
4 x 40	22	145	6,59
8 x 20	14	160	11,43
6 x 20	19	165	8,68
4 x 20	24	155	6,45

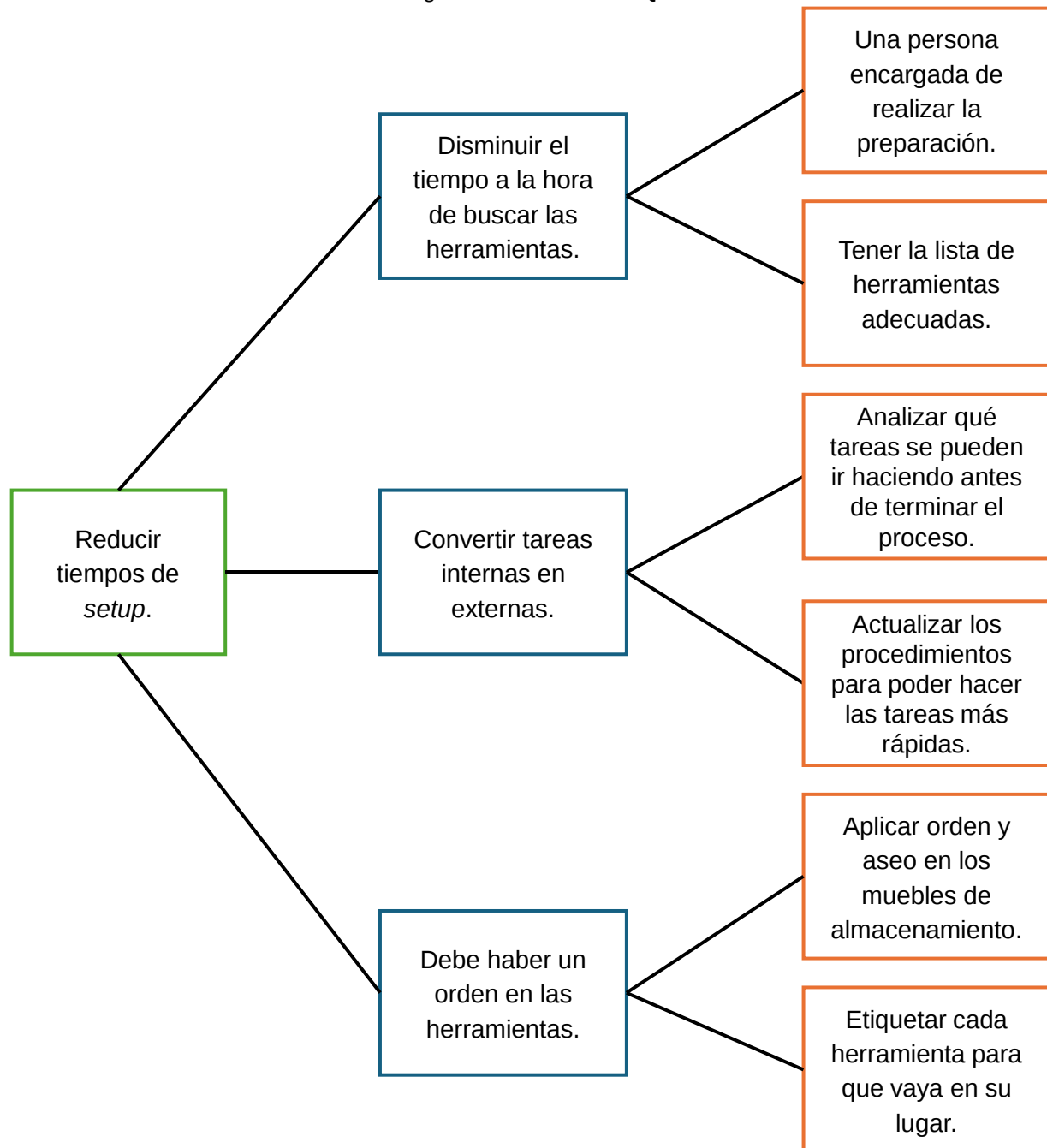
Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la tabla anterior se observan los nueve números de parte más elaborados en las máquinas de *balloon*, los cuales se trabajan al menos de dos a tres veces por semana y sus medidas son 8 x 60, 8 x 40 y 8 x 20, las más comunes en las órdenes de producción. En la tabla se aprecian las distintas capacidades de cada tipo de producto. Asimismo, en cada cambio de lote se debe realizar el *setup* para cambiar el kit de herramientas.

4.1.4 Árbol de CTQ

El árbol de CTQ se utiliza para traducir las necesidades y expectativas del cliente en requisitos de calidad específicos y medibles. Esta herramienta parte de una necesidad general del cliente y la descompone en atributos críticos, lo que permite identificar exactamente qué aspectos del producto o servicio son fundamentales para satisfacer al cliente.

Figura 4.2: Árbol de CTQ



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el árbol de CTQ anterior se observa la necesidad principal, a saber, la reducción de los tiempos del *setup* de las máquinas de *balloon*. Al respecto, hay tres factores que pueden influir.

Factor 1

Disminuir el tiempo a la hora de buscar el kit de herramientas. En cuanto a esto, se encuentran dos posibles requisitos. El primero es tener a una persona encargada de preparar el kit antes de terminar el lote que se está produciendo, para ganar ese tiempo al efectuar el cambio. El segundo es elaborar una lista de las herramientas necesarias por cada número de parte, para que la preparación sea más rápida.

Factor 2

Determinar qué tareas internas se pueden convertir en externas. Relacionado a esto, lo primero es analizar las posibles tareas que se pueden convertir y empezar a trabajarlas. La segunda es actualizar los procedimientos para automatizarlos y hacer que el proceso sea más rápido.

Factor 3

Implementar y mantener un orden en las estaciones de almacenaje de herramientas. Acá la primera opción es aplicar alguna técnica de orden y aseo para que la búsqueda de las herramientas sea más fácil. En segundo lugar, emplear el etiquetado y la buena señalización de los muebles de almacenamiento para reducir los tiempos y distancias.

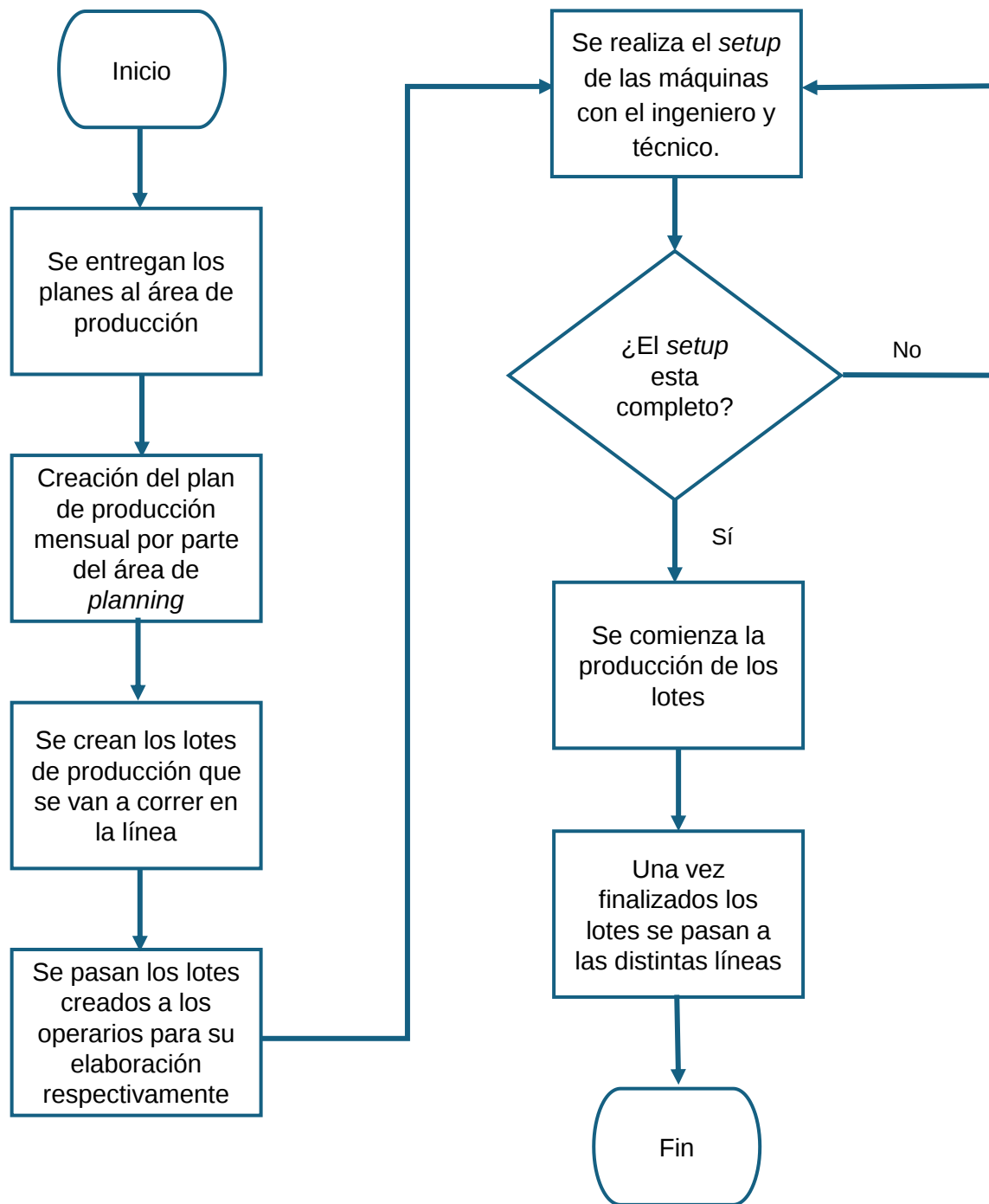
Conclusión del análisis de CTQ

Dado el análisis anterior, se eligen las ramas 1 y 3 como las más críticas que van de la mano para su mejora, porque una vez aplicada la técnica de orden y aseo, además de una buena señalización de las herramientas, se mejora el tiempo de la preparación del kit de herramientas y la búsqueda será mucho más ágil para el proceso.

4.1.5 Diagrama de flujo del proceso

A continuación, se expone un diagrama de flujo que muestra el paso a paso del proceso completo de producción de las máquinas de *balloon*, con la finalidad de comprender y analizar las diferentes etapas existentes en dicha área.

Figura 4.3: Diagrama de flujo del proceso de balloon



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el diagrama de flujo anterior, se describe el proceso del Área de Balloon, este se divide en tres etapas.

Primera etapa

La primera etapa inicia a partir de la creación de los planes de producción por parte del Departamento de Planning, actividad que se hace mensualmente. Luego, se pasan al líder y al supervisor de la línea, quienes se encargan de crear los respectivos lotes con los números de parte y las cantidades totales para cumplir con el plan mencionado. Una vez creados los lotes, el líder se los da a los operarios con el objetivo de que ellos se encarguen de la preparación de la estación de trabajo para arrancar con la siguiente etapa.

Segunda etapa

Esta etapa corresponde al *setup* de las máquinas de *balloon*. Al respecto, inicialmente se busca el kit de herramientas, el cual debe tener cuatro moldes, ocho espaciadores, seis conos y dos calefactores, que son las herramientas utilizadas para el proceso. No obstante, en el área de almacenamiento de las herramientas hay mucho desorden, lo que implica perder tiempo buscando dichas herramientas.

Encontrado todo lo necesario, se da inicio al *setup*. Acá participan el técnico o el ingeniero de la línea para el retiro y colocación del nuevo kit. Cabe señalar que los calefactores son las herramientas más pesadas, por lo tanto, se requiere de bastante cuidado al manipularlos. Además, si los moldes que se traen no calzan o no cumplen las especificaciones requeridas para el lote, se deben volver a buscar, esto aumenta aún más el tiempo.

Figura 4.4: Herramientas (conos, moldes, calefactores)



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tercera etapa

Concluido el *setup* de la máquina, se inicia la producción de los lotes. Si en algún momento se experimenta algún desajuste o fallo, se llama al ingeniero para que brinde soporte al personal con los problemas. Finalizado el proceso, se pasan los lotes terminados a las distintas líneas para la continuación del catéter. Cabe destacar que la línea de *balloon* es un subensamble para otros productos de la compañía, por lo que es un proceso de suma importancia. De este modo, los tiempos perdidos pueden ser de un mayor aprovechamiento y generar más producción para abastecer de una mejor manera las demás líneas.

4.2 MEDIR

En un proceso de producción, medir consiste en recolectar datos clave para evaluar el rendimiento, calidad y eficiencia de cada etapa productiva. Esta práctica permite identificar oportunidades de mejora, reducir desperdicios y asegurar que los productos cumplan con los estándares establecidos. Asimismo, es esencial para tomar decisiones informadas y lograr una producción más competitiva y sostenible.

4.2.1 Metodología del setup actual

En la empresa A-MEDICAL, el proceso de *setup* en la línea de *balloon* consta de ocho actividades ejecutadas cada vez que se finaliza un número de parte o lote. Este procedimiento tiene un tiempo estándar de 20 minutos y es responsabilidad de tres personas clave:

- Un operario de producción certificado en el proceso.
- Un técnico de producción.
- Un ingeniero de manufactura.

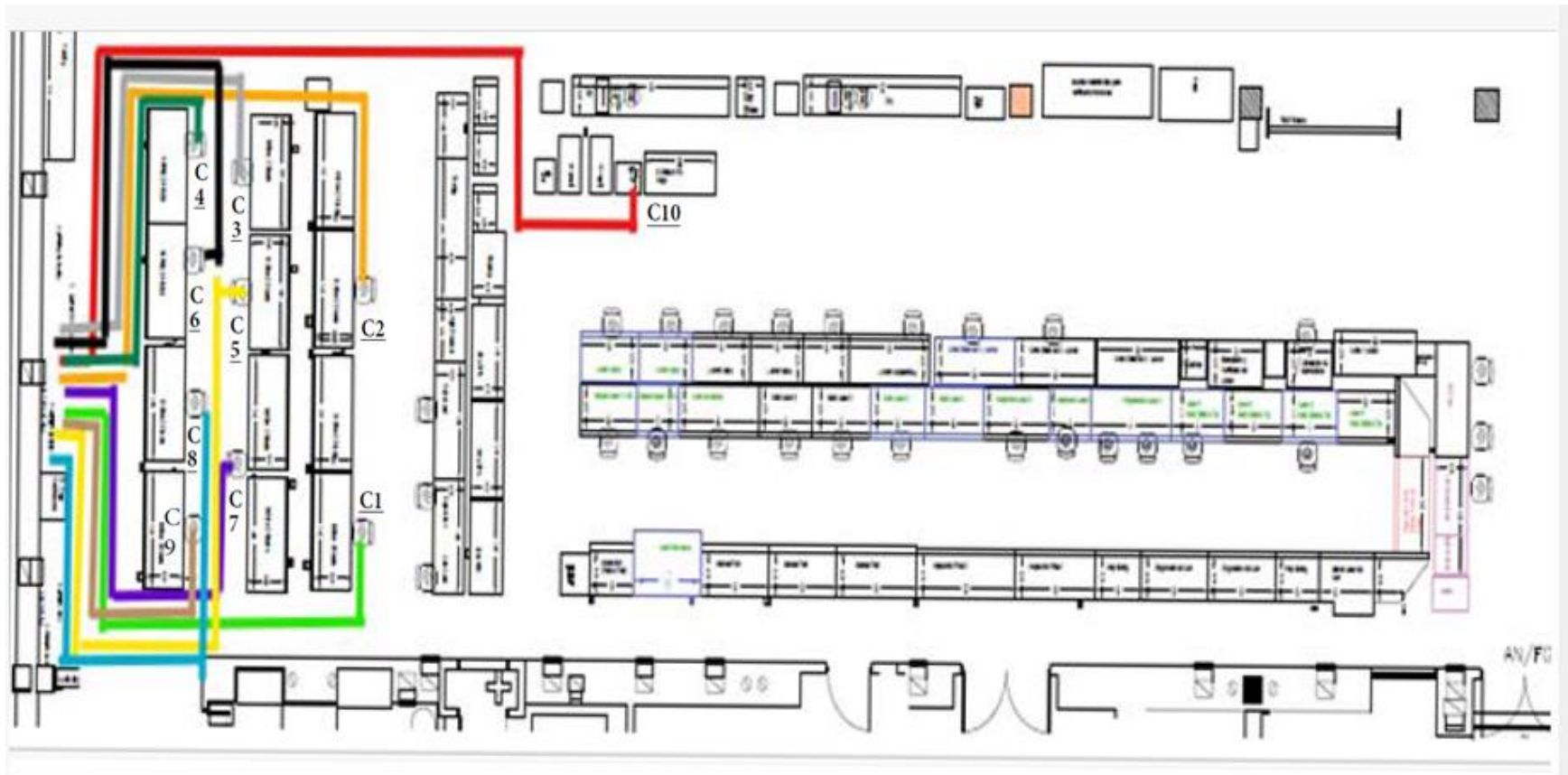
Cada uno de ellos cumple funciones específicas dentro del *setup*, lo que asegura una correcta configuración de las máquinas antes de iniciar la producción del siguiente lote. Esta coordinación es fundamental para mantener la calidad, eficiencia y trazabilidad del proceso.

4.2.2 Diagrama de recorrido

Un diagrama de recorrido es una representación visual del trayecto que sigue una persona o producto a lo largo de un proceso o espacio físico. Se utiliza comúnmente en estudios de métodos y tiempos para identificar cuellos de botella, pasos innecesarios o mejorar la eficiencia en una operación. En este se combinan símbolos y líneas que indican movimientos, paradas y actividades, lo cual facilita el análisis y la optimización de flujos de trabajo.

A continuación, se realiza un diagrama de recorrido del Área de Balloon, con el propósito de observar detalladamente las distancias que los operadores recorren a la hora de hacer el *setup* de las máquinas, desde la celda número 01 hasta la celda número 10, que es la más alejada del mueble principal de almacenamiento de herramientas.

Figura 4.5: Diagrama de recorrido del Área de Balloon



Fuente: Elaboración propia, 2025

A raíz del diagrama de recorrido, se desarrolla la siguiente tabla que explica la distancia de cada una de las celdas hasta el mueble de herramientas. Cada una se resalta con un color representativo:

Tabla 4.3: Distancia desde cada celda al mueble principal de herramientas

Desplazamiento	Color de celda	Distancia
De celda 1 al mueble de herramientas		10 m
De celda 2 al mueble de herramientas		10 m
De celda 3 al mueble de herramientas		6 m
De celda 4 al mueble de herramientas		5 m
De celda 5 al mueble de herramientas		8 m
De celda 6 al mueble de herramientas		7 m
De celda 7 al mueble de herramientas		6 m
De celda 8 al mueble de herramientas		7 m
De celda 9 al mueble de herramientas		5 m
De celda 10 al mueble de herramientas		15 m

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el diagrama de recorrido anterior, se aprecian las distancias recorridas por el personal para buscar el kit de herramientas al hacer el *setup*. En la tabla se distingue cada color con su distancia, lo cual va desde los 15 m, que es la celda 10 (vertical), hasta los 5 m, que es la menor distancia y corresponde a las celdas 4 y 9.

Esta distancia se debe recorrer las veces necesarias para conseguir las herramientas correctas. Lo deseado es desde la primera vez, pero incluso puede llevar hasta tres veces trasladarse al mueble de almacenamiento principal para conseguir todo lo requerido y poder iniciar el proceso de producción.

A continuación, se expone una tabla con las diferentes actividades del *setup* y a la persona que se le asignan.

Tabla 4.4: Actividades del setup de las máquinas

Actividad	Persona encargada
1- Limpiar la estación de trabajo	Operario de producción
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	Técnico de mantenimiento
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	Operario de producción
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	Líder de producción
5- Buscar el kit de herramientas necesario	Operario de producción
6- Instalar el kit de herramientas necesario	Técnico de mantenimiento
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	Ingeniero de manufactura
8- Iniciar el proceso de producción	Operario de producción

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según la tabla de actividades, el operario de producción concentra la mayor cantidad de tareas durante el *setup*. Esta distribución puede generar demoras, ya que debe completar cada actividad antes de pasar a la siguiente, con el fin de mantener el control y asegurar que cada paso se ejecute al 100 %. Cualquier omisión o interrupción puede afectar directamente el proceso de producción.

El producto fabricado por A-MEDICAL está destinado para utilizarse dentro del cuerpo humano, lo que exige un alto nivel de precisión y control. Por ello, cualquier error durante el proceso de *setup* puede tener graves consecuencias, no solo en auditorías de calidad o revisiones externas, sino también en la seguridad y salud del paciente final. Esto resalta la importancia de ejecutar el *setup* de manera correcta en cada ocasión.

4.2.3 Toma de tiempos de las actividades en el setup de las máquinas

Una toma de tiempos es una técnica utilizada para registrar y analizar la duración de las actividades dentro de un proceso productivo. Su objetivo principal es identificar oportunidades de mejora, establecer estándares de trabajo y aumentar la eficiencia en la ejecución de tareas.

Para determinar el tiempo de cada actividad del *setup*, se llevan a cabo dos *setup* por turno (turno A y turno B) en el mes de mayo del 2025, esto para estudiar los tiempos de forma individual y establecer cuáles son los cuellos de botella y los desperdicios para trabajar en el proceso.

En el turno A se realiza el estudio de tiempos en las celdas #10 y #04. Los resultados se aprecian en las siguientes tablas.

Celda #10

A continuación, se muestran las distintas actividades del *setup* y sus respectivos tiempos en la celda #10 en el Área de Balloon de la empresa A-MEDICAL.

Tabla 4.5: Tiempos de setup para la celda #10

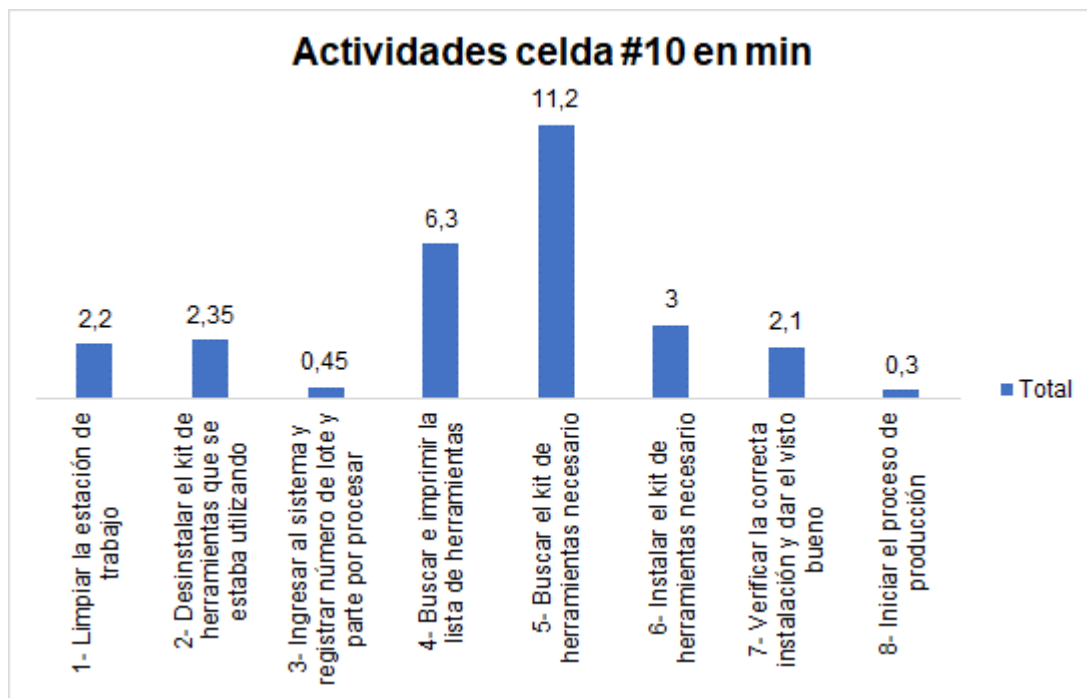
Actividad	Persona encargada	Tiempo promedio (min)
1- Limpiar la estación de trabajo	Operario de producción	2,20
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	Técnico de mantenimiento	2,35
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	Operario de producción	0,45
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	Líder de producción	6,30
5- Buscar el kit de herramientas necesario	Operario de producción	11,20
6- Instalar el kit de herramientas necesario	Técnico de mantenimiento	3,00
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	Ingeniero de manufactura	2,10
8- Iniciar el proceso de producción	Operario de producción	0,30
Tiempo total (min)		27,90

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según la tabla anterior, la actividad que más tiempo demandó fue la búsqueda del kit de herramientas necesario para el siguiente lote. Lo anterior debido a que los moldes seleccionados inicialmente no coincidían con las especificaciones requeridas, lo que obligó al operario a desplazarse hasta dos veces adicionales al mueble de herramientas para encontrar las piezas correctas.

Asimismo, la búsqueda e impresión de la lista de herramientas presentó retrasos, ya que el líder de línea no encontraba la carpeta con la información del lote por procesar. Estas ineficiencias se reflejan con mayor detalle en el siguiente gráfico de barras:

Figura 4.6: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #10



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el gráfico de barras se aprecia cómo resaltan las columnas de las actividades antes mencionadas, siendo estas dos las que más consumen tiempo al efectuar el *setup* en la celda #10.

Celda #04

A continuación, se aprecian las diferentes actividades del *setup* y sus respectivos tiempos en la celda #04 en el Área de Balloon de la empresa A-MEDICAL.

Tabla 4.6: Tiempos de setup para la celda #04

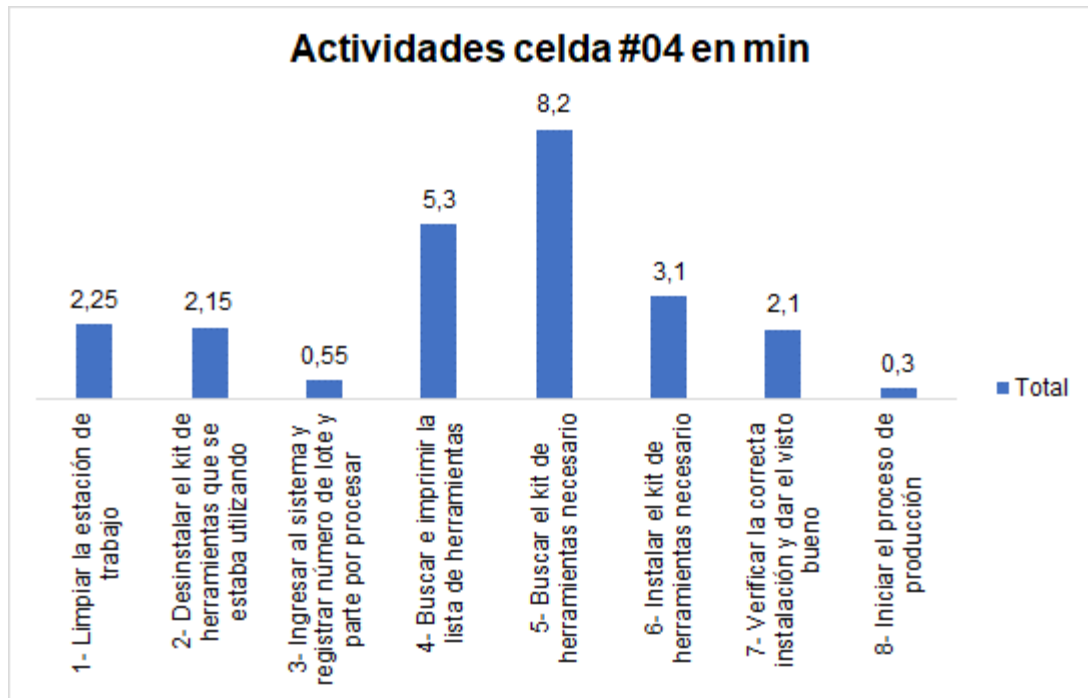
Actividad	Persona encargada	Tiempo promedio (min)
1- Limpiar la estación de trabajo	Operario de producción	2,25
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	Técnico de mantenimiento	2,15
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	Operario de producción	0,55
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	Líder de producción	5,30
5- Buscar el kit de herramientas necesario	Operario de producción	8,20
6- Instalar el kit de herramientas necesario	Técnico de mantenimiento	3,10
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	Ingeniero de manufactura	2,10
8- Iniciar el proceso de producción	Operario de producción	0,30
Tiempo total (min)		23,95

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al igual que en la celda #10, se repite el patrón de retrasos observado con anterioridad. Las actividades que más tiempo consumen continúan siendo la búsqueda del kit de herramientas y la impresión de la lista correspondiente. Aunque en este caso solo se requirió un desplazamiento al mueble de herramientas, el desorden existente dificultó la localización del equipo necesario. Además, la ausencia del líder de producción en el momento clave generó un atraso adicional al intentar imprimir la lista.

Estos tiempos se ilustran con mayor detalle en el gráfico de barras elaborado para visualizar mejor el consumo de tiempo por actividad:

Figura 4.7: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #04



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con el gráfico de barras, los picos más altos son los antes mencionados. Por ende, esas dos actividades son las que más generan desperdicios de tiempo en el *setup* de la celda #04.

Por su parte, en el turno B se realiza el estudio de tiempos en las celdas #09 y #02. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Celda #09

Seguidamente, se exponen las distintas actividades del *setup* y sus respectivos tiempos en la celda #09 en el Área de Balloon de la empresa A-MEDICAL.

Tabla 4.7: Tiempos de setup para la celda #09

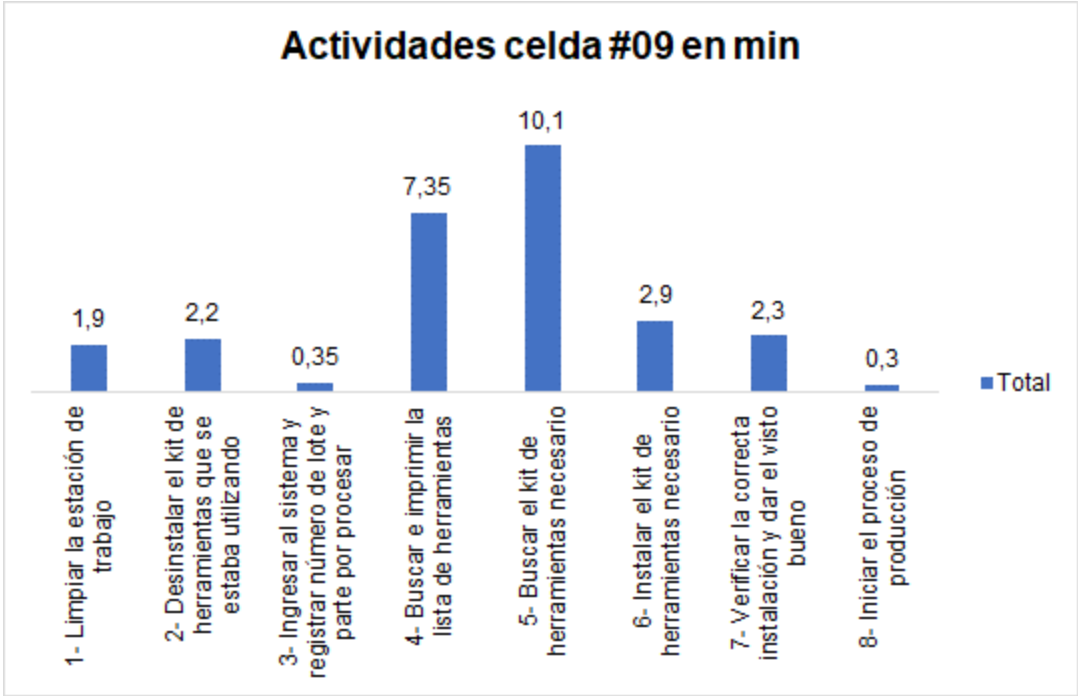
Actividad	Persona encargada	Tiempo promedio (min)
1- Limpiar la estación de trabajo	Operario de producción	1,90
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	Técnico de mantenimiento	2,20
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	Operario de producción	0,35
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	Líder de producción	7,35
5- Buscar el kit de herramientas necesario	Operario de producción	10,10
6- Instalar el kit de herramientas necesario	Técnico de mantenimiento	2,90
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	Ingeniero de manufactura	2,30
8- Iniciar el proceso de producción	Operario de producción	0,30
Tiempo total (min)		27,40

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al igual que en los *setups* anteriores, en el turno A se identificó que las actividades #4 (buscar e imprimir la lista de herramientas) y #5 (buscar el kit de herramientas) consumen más tiempo. En esta ocasión, la pérdida de tiempo se debió a que los moldes y conos estaban en bolsas con números de parte incorrectos, esto generó confusión durante la búsqueda. Además, la computadora del líder de producción no tenía acceso al sistema, por consiguiente, fue necesario reiniciarla y esperar, lo cual provocó un retraso adicional.

Para visualizar estos tiempos con mayor claridad, se elabora el gráfico de barras correspondiente que muestra el consumo por actividad:

Figura 4.8: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #09



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según el gráfico, esos detalles ocasionan que los tiempos del *setup* se disparen y afectan el rendimiento de la línea de producción, perdiendo tiempo en las esperas y en la búsqueda de las herramientas para trabajar.

Celda #02

A continuación, se muestran las diferentes actividades del *setup* y sus respectivos tiempos en la celda #02 en el Área de Balloon de la empresa A-MEDICAL.

Tabla 4.8: Tiempos de setup para la celda #02

Actividad	Persona encargada	Tiempo promedio (min)
1- Limpiar la estación de trabajo	Operario de producción	2,00
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	Técnico de mantenimiento	3,10
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	Operario de producción	0,40
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	Líder de producción	4,35
5- Buscar el kit de herramientas necesario	Operario de producción	13,30
6- Instalar el kit de herramientas necesario	Técnico de mantenimiento	2,80
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	Ingeniero de manufactura	9,30
8- Iniciar el proceso de producción	Operario de producción	0,30
Tiempo total (min)		35,55

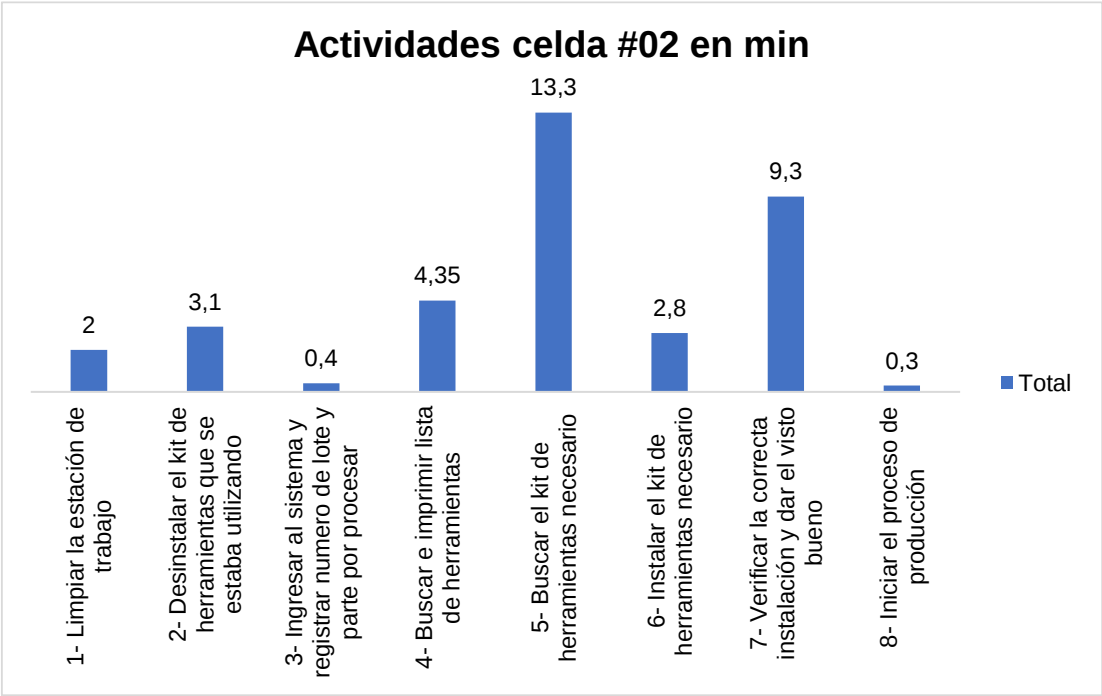
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Durante el proceso de *setup* en la celda #2, se presentaron varios problemas que incrementaron de manera significativa el tiempo total. En primer lugar, se imprimió una lista incorrecta de herramientas, situación que el operario detectó únicamente al llegar al mueble de almacenamiento. Esto generó que regresara para solicitar la lista correcta y comenzar la búsqueda de nuevo, lo cual aumentó de modo considerable el tiempo invertido.

Además, el desorden en el mueble de herramientas dificultó la localización de los implementos necesarios, replicando un problema observado también en otros *setups* realizados. Por último, al intentar contactar al ingeniero de manufactura para resolver dudas o validar procesos, este se encontraba en una reunión sin recibir una notificación previa del inicio del *setup*, lo que ocasionó una espera adicional hasta su llegada.

Para facilitar la visualización y análisis de estos factores, se grafican los datos recopilados, con el fin de medir con mayor precisión el impacto de cada problema en el tiempo total de *setup*.

Figura 4.9: Gráfico de barras de los tiempos de setup para la celda #02



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el gráfico de la celda #02, se observa el incremento del tiempo con la falla en la comunicación con el ingeniero de manufactura al llevar a cabo la verificación del *setup*, a esto se le suman las dos actividades que siempre son afectadas y consumen más tiempo de lo normal, como son la impresión de la lista de herramientas y la búsqueda de esta.

Teniendo en cuenta los resultados de la toma de tiempos de las máquinas tanto del turno A como del turno B, se identifica que las actividades que más consumen tiempo a la hora de realizar el *setup* son la búsqueda e impresión de la lista de herramientas y su respectivo rastreo en el mueble de almacenamiento, lo cual ayuda a incrementar el tiempo a la hora de cambiar de un lote a otro en las máquinas de *balloon*.

Resumen y tiempos máximos

A continuación, se aprecia una tabla con el resumen de las cuatro celdas tomadas como objeto en el presente estudio y los tiempos máximos medidos en las distintas actividades ejecutadas durante el *setup* de las máquinas de *balloon* de la empresa A-MEDICAL.

Tabla 4.9: Resumen de celdas y tiempos máximos de setup en las máquinas de balloon

Tabla resumen de celdas y tiempos máximos					
Actividad	Celda #10	Celda #04	Celda #09	Celda #02	Tiempos máximos
1- Limpiar la estación de trabajo	2,20	2,25	1,90	2,00	2,20
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	2,35	2,15	2,20	3,10	3,10
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	0,45	0,55	0,35	0,40	0,55
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	6,30	5,30	7,35	4,35	7,35
5- Buscar el kit de herramientas necesario	11,20	8,20	10,10	13,30	13,30
6- Instalar el kit de herramientas necesario	3,00	3,10	2,90	2,80	3,10
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	2,10	2,10	2,30	9,30	9,30
8- Iniciar el proceso de producción	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Tiempo total (min)	27,90	23,95	27,40	35,55	39,20

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la tabla anterior se marcan en color naranja los tiempos máximos de cada actividad realizada en el *setup* de las máquinas de *balloon*, teniendo como tiempo máximo total 39 minutos y 20 segundos, los cuales se convierten en un total de 78,4 (\$ 35 cada uno) unidades perdidas en este tiempo de espera, esto genera un gasto de \$ 2744 cada vez que se lleva a cabo el *setup* en una máquina.

4.3 ANALIZAR

Esta fase consiste en estudiar detalladamente cada una de las etapas que componen el problema, para de este modo identificar oportunidades de mejora. Así, permite visualizar flujos de trabajo, detectar ineficiencias, eliminar actividades innecesarias y optimizar recursos, con el fin de aumentar la productividad y la calidad.

Para efectuar el análisis respectivo de la problemática en el proceso, se utiliza una serie de herramientas que ayudan a definir mejor las actividades por atacar.

4.3.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una técnica creativa utilizada para generar muchas ideas en poco tiempo sobre un tema o problema específico. Además, fomenta la participación libre y sin juicios, lo que posibilita explorar soluciones innovadoras y promover la colaboración en equipos.

Para esta lluvia de ideas, se hacen tres sesiones de una hora cada una con los diferentes integrantes del equipo (líderes de producción, técnicos, ingenieros y distintos operarios encargados de las máquinas de *balloon*), tanto del turno A como del turno B. Se les comunica la necesidad de reducir los tiempos del *setup* y se les exponen las diversas actividades y el tiempo que toma cada una de estas. Luego, se les pregunta qué puede estar generando estos cuellos de botella. De esta forma, se involucra a las diferentes áreas del proceso y se obtiene como resultado la siguiente lista de ideas.

Tabla 4.10: Lluvia de ideas de la problemática actual

Lluvia de ideas	
Mano de obra	Desconcentración a la hora de realizar las tareas
	Poca capacitación al personal del área
Máquina	Máquinas obsoletas, sin actualizaciones
	Sistemas obsoletos en las computadoras
Método	Falta el documento de información de lotes
	Comunicación inadecuada entre áreas
Medio ambiente	Desorden en los muebles de almacenamiento
	Poca señalización en el área
Material	Etiquetado de las herramientas dañado
	Herramientas dañadas

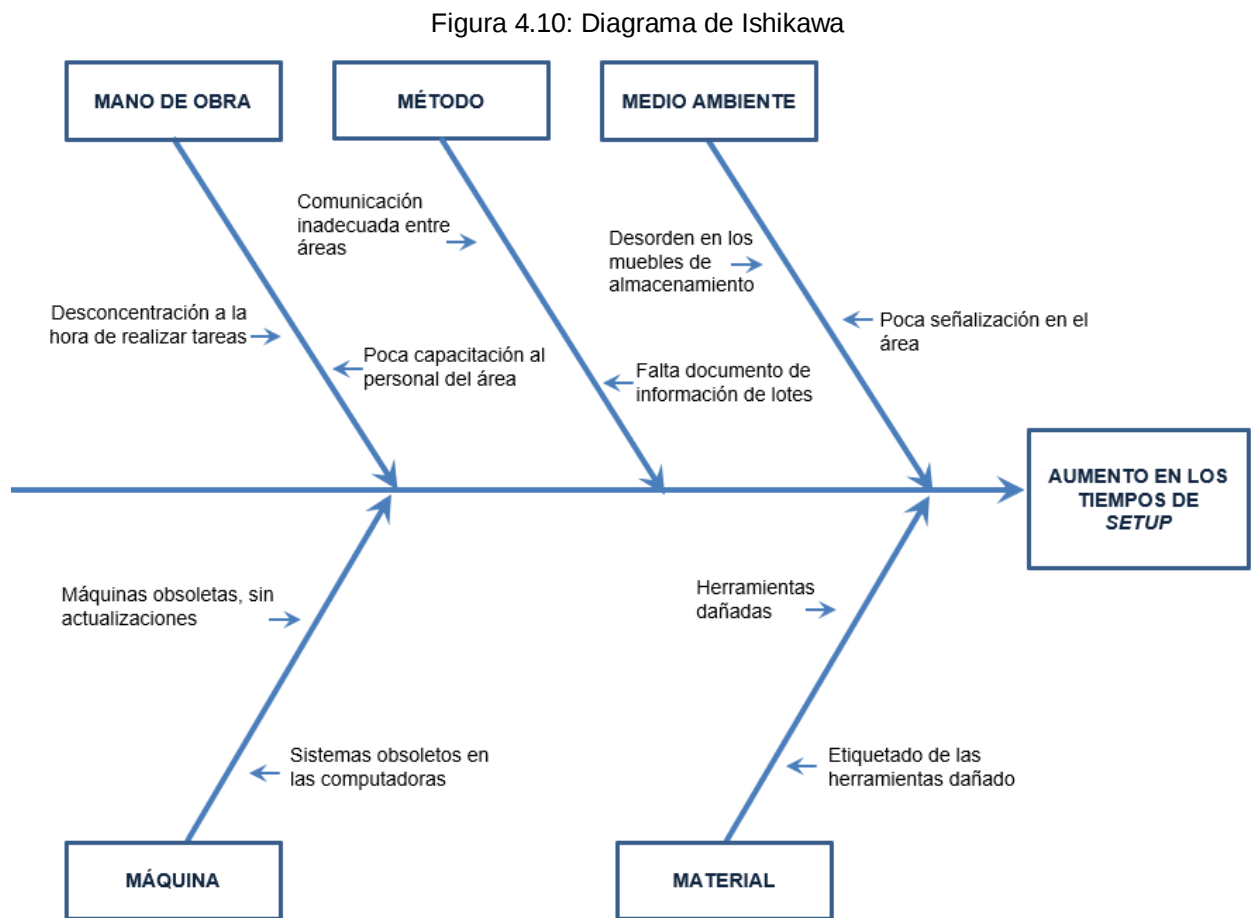
Fuente: Elaboración propia, 2025.

A partir de la reunión para la toma de ideas, se destacan diez subcausas clasificadas en cinco causas principales, a saber: mano de obra, máquina, método, medio ambiente y material.

4.3.2 Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de causa-efecto, es una herramienta visual que permite identificar, organizar y analizar las posibles causas de un problema. Esta ayuda a los equipos a encontrar la raíz del inconveniente al agrupar las causas en distintas categorías.

Así, mediante el resultado de la lluvia de ideas, se clasifica cada causa en un diagrama de Ishikawa, con el propósito de identificar y analizar las posibles subcausas que producen los cuellos de botella en el *setup* del proceso de *balloon*.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con el diagrama anterior, el principal problema es el aumento en los tiempos de *setup*. Al respecto, se obtienen cinco causas y diez subcausas, las cuales se describen a continuación.

Mano de obra

- Desconcentración a la hora de realizar las tareas

Al ejecutar tareas, el personal puede distraerse, ya sea por hablar con personal cercano a él o alguien que llega al área.

- Poca capacitación al personal del área

Se imparten muy pocas capacitaciones o se hacen de forma incompleta, esto provoca que los operarios del área desconozcan si hay algún cambio en el proceso o se genera confusión entre ellos al efectuar el *setup*.

Método

- Comunicación inadecuada entre áreas

Entre áreas es muy común la mala comunicación, lo cual ocasiona atrasos al realizar el *setup*. También, si las personas encargadas llegan tarde, esa espera aumenta el tiempo en el proceso.

- Falta de un documento donde esté la información de los lotes

Cuando el líder de producción busca la lista de herramientas, dependiendo del lote, pierde mucho tiempo, pues no existe un documento con toda la información, las computadoras pueden congelarse o se dificulta encontrar algunos lotes, lo que vuelve el proceso aún más lento.

Medio ambiente

- Desorden en el área de almacenamiento de herramientas

En la búsqueda del kit de herramientas, los operarios se encuentran con mucho desorden, herramientas en lugares incorrectos o mezcla de otras; esto ocasiona el aumento de tiempo en el *setup*.

- Poca señalización en el área

En el área se presenta muy poca o nula señalización, por esta razón, se genera confusión en los operarios al buscar las herramientas.

Máquina

- Máquinas obsoletas, sin actualizaciones

Muchas de las máquinas son obsoletas y los programas no están actualizados, situación que produce no poder implementar mejoras en el proceso.

- Sistemas obsoletos en las computadoras

Algunos sistemas de las computadoras son obsoletos, lo cual ocasiona que estas se congelen o experimenten problemas en su funcionamiento.

Material

- Herramientas dañadas

Hay muchas herramientas desgastadas, con golpes o rayones, lo que provoca que al realizar el *setup* no se obtengan las especificaciones requeridas.

- Etiquetado dañado en las herramientas

Muchos de los lugares donde están almacenadas las herramientas están mal etiquetados o no están etiquetados, esto contribuye a que el *setup* dure más.

4.3.3 Multivoto

Tomando como referencia la información obtenida en la sesión de lluvia de ideas y ordenada en el diagrama de Ishikawa, se implementa la herramienta de multivoto.

Para esta sesión, se cita a seis personas de diferentes áreas que participan en el proceso de *balloon*. La reunión se lleva a cabo el viernes 30 de mayo del 2025 a las 9:00 a.m. en la sala Monteverde, segundo piso de la empresa A-MEDICAL.

En esta se les brinda a los participantes un formulario con las posibles causas y 100 puntos que deben distribuir según su criterio, desde la causa que más influye con la pérdida de tiempo a la menos influyente, para un total de 600 puntos.

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 4.11: Multivoto de las causas

Multivoto para causas y subcausas del aumento de tiempos en el <i>setup</i> de las máquinas de <i>balloon</i>									
Se presenta una lista de causas y subcausas, y se le dan 100 puntos a cada participante para que los distribuya entre estas de acuerdo con la relevancia que considera para cada una en cuanto al aumento de tiempos a la hora de realizar el <i>setup</i> de las máquinas de <i>balloon</i> , en la empresa A-MEDICAL.									
Causas	Subcausas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	%
Mano de obra	Desconcentración a la hora de realizar las tareas	3	4	2	1	2	2	14	2,33%
	Poca capacitación al personal del área	2	1	5	1	3	3	15	2,50%
Máquina	Máquinas obsoletas, sin actualizaciones	4	5	4	3	2	4	22	3,67%
	Sistemas obsoletos en las computadoras	6	5	4	5	4	4	28	4,67%
Método	Falta el documento de información de lotes	23	25	22	26	25	20	141	23,50%
	Comunicación inadecuada entre áreas	5	7	6	3	4	5	30	5,00%
Medio ambiente	Desorden en los muebles de almacenamiento	30	25	27	32	28	35	177	29,50%
	Poca señalización en el área	11	12	12	13	13	11	72	12,00%
Material	Etiquetado de las herramientas dañado	13	12	13	13	15	12	78	13,00%
	Herramientas dañadas	3	4	5	3	4	4	23	3,83%
Total		100	100	100	100	100	100	600	100,00%

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la tabla anterior se aprecian los resultados del multivoto, sumando el total de puntos 600. A partir de estos datos, se determina que las dos subcausas con más puntos son “falta un documento de información de lotes” con 141 puntos, un 23,50 % del total, y “desorden en los muebles de almacenamiento” con 177 puntos, un 29,50 % del total.

4.3.4 Diagrama de Pareto

Es una herramienta gráfica utilizada para identificar y priorizar los problemas o causas más importantes dentro de un proceso. Se basa en el principio de Pareto, el cual indica que aproximadamente el 80 % de los efectos provienen del 20 % de las causas.

En el gráfico, las barras representan las causas o problemas, ordenadas de mayor a menor frecuencia o impacto, y una línea acumulativa muestra el porcentaje total. Esto permite enfocar esfuerzos en las áreas que generan la mayor parte de los problemas o pérdidas.

Con la información obtenida en el multivoto, se ordenan los porcentajes y las subcausas de forma descendente, esto para identificar de mejor manera las que tienen más puntos.

A continuación, se presenta la tabla en el orden mencionado:

Tabla 4.12: Resultados del multivoto ordenados de modo descendente

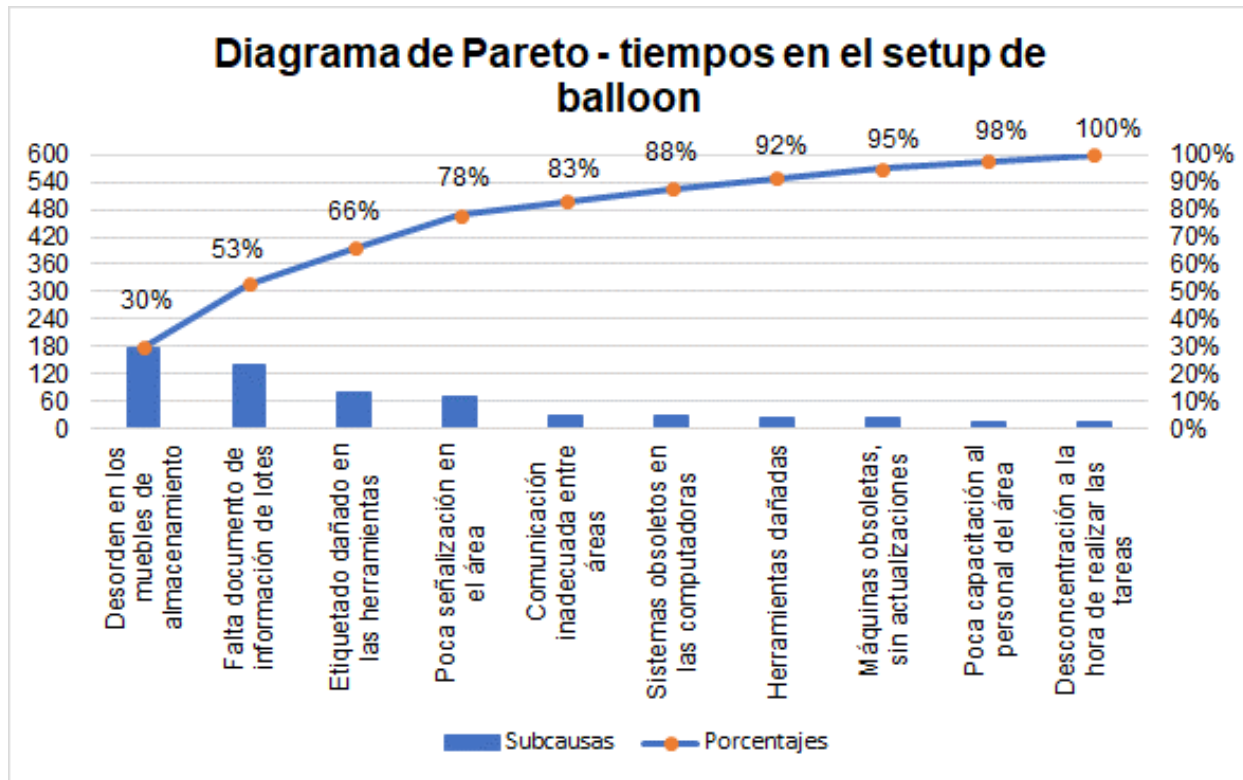
Subcausas	Total	Porcentaje	% acumulado
Desorden en los muebles de almacenamiento	177	29,50%	29,50%
Falta el documento de información de lotes	141	23,50%	53,00%
Etiquetado de las herramientas dañado	78	13,00%	66,00%
Poca señalización en el área	72	12,00%	78,00%
Comunicación inadecuada entre áreas	30	5,00%	83,00%
Sistemas obsoletos en las computadoras	28	4,67%	87,67%
Herramientas dañadas	23	3,83%	91,50%
Máquinas obsoletas, sin actualizaciones	22	3,67%	95,17%
Poca capacitación al personal del área	15	2,50%	97,67%
Desconcentración a la hora de realizar las tareas	14	2,33%	100,00%
Total	600	100,00%	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se elabora el diagrama de Pareto para observar las subcausas más críticas, las cuales se priorizan en la resolución del problema del aumento de los tiempos en el *setup* de las máquinas de *balloon*.

El diagrama de Pareto se muestra a continuación:

Figura 4.11: Diagrama de Pareto de las causas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el diagrama anterior se aprecia que las subcausas más relevantes según la regla 80-20 son las siguientes:

1. Desorden en los muebles de almacenamiento, con un 29,50 %.
2. Falta un documento de información de lotes, con un 23,50 %.
3. Etiquetado de las herramientas dañado, con un 13,00 %.
4. Poca señalización en el área, con un 12,00 %.

Estos son los cuatro factores que influyen en el incremento del tiempo del *setup* en las máquinas de *balloon*, los mismos constituyen el 78 % del total de las subcausas que afectan el proceso y sirven como base para continuar con las propuestas de mejora en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

En este capítulo se desarrollan diferentes propuestas con base en los resultados del capítulo anterior y con el propósito de corregir las cuatro principales subcausas. Estas son las más relevantes al hacer el *setup* en las máquinas de *balloon* porque implican un aumento en el tiempo del proceso.

5.1 MEJORAR

En esta etapa se formulan propuestas para atacar las cuatro principales subcausas identificadas en el capítulo anterior, con el fin de disminuir los tiempos del *setup* de las máquinas de *balloon* de la empresa A-MEDICAL y producir un mejor rendimiento en dicha área.

5.1.1 Nuevos muebles para almacenamiento

La primera propuesta consiste en la compra de dos muebles para reestructurar el área de almacenamiento, esto ataca las siguientes causas raíz:

- Desorden en los muebles de almacenamiento.
- Etiquetado de las herramientas dañado.
- Poca señalización en el área.

Mediante esta mejora se pretende reducir el desorden en las herramientas y lograr un mejor etiquetado de las mismas, también señalar de una manera adecuada el área de almacenamiento para que sea más sencillo buscar la lista de las herramientas necesarias para hacer el *setup* de las máquinas de *balloon* y evitar la confusión entre los operarios.

Cabe señalar que los muebles se deben colocar en el mismo lugar donde se encuentra el área de almacenamiento actual.

Ahora bien, los encargados de esta propuesta son el ingeniero de manufactura de la línea de *balloon* y los técnicos de mantenimiento. El ingeniero es el contacto directo con el proveedor de los muebles, y las tareas que tiene a cargo son la toma de medidas, las mejoras en cada uno de los muebles, la escogencia de los materiales por utilizar para la creación de estos y las reuniones con el mánager de producción para definir el precio final de los muebles.

Por su parte, los técnicos de mantenimiento son los responsables de coordinar la fecha de entrega y la forma en la que se ingresa al cuarto de producción. Este cambio se debe realizar durante un fin de semana para que las líneas no se detengan.

Los gabinetes se cotizan en diferentes talleres especializados en este tipo de muebles de almacenamiento de herramientas, pero se elige al proveedor Precisión L&R con un costo final de \$ 13 320 (ver cotización en el anexo 2).

Figura 5.1: Imagen ilustrativa del mueble de almacenamiento



Fuente: ULINE, 2025.

Los muebles deben confeccionarse con mejoras para la distribución de las herramientas, separadas cada una por familia o lote y con un sistema de etiquetado láser que no se pueda remover, lo cual evita el problema de mezclas, evidenciado en la investigación, durante la búsqueda de herramientas.

Adicional, se espera que cuente con una mejor iluminación para favorecer al operario en la búsqueda del kit, llantas de goma especiales para cuartos controlados por si hay algún movimiento en el área, y buena señalización y etiquetado en cada una de las puertas.

Una vez que el mueble esté instalado, se debe realizar un entrenamiento para cada uno de los turnos acerca del uso correcto de los muebles. Este entrenamiento lo debe llevar a cabo el ingeniero de manufactura a los supervisores de las líneas en primera instancia, y luego los supervisores a sus respectivos equipos.

Durante este entrenamiento, se debe recalcar la importancia de cumplir el protocolo de almacenamiento establecido, ya que esto trae como beneficios: acortar el tiempo de *setup* de las máquinas, así como evitar confusiones o mezclas de herramientas y los cuellos de botella evidenciados en el capítulo anterior.

Asimismo, se propone llenar el documento FRM-2057911, donde cada uno de los operarios haga constar con su firma que entendió los cambios y lo que se espera (ver documento en el anexo 1).

Aprobada la cotización por el gerente de producción, esta propuesta debe quedar implementada en máximo un mes.

A continuación, se expone una tabla con los costos generados a partir de la propuesta mencionada:

Tabla 5.1: Costos para la propuesta #1

Tarea asignada	\$ por hora por persona	Cantidad de personas	Tiempo requerido	Total en \$
Técnicos para ingresar el nuevo mueble al edificio	15	2	3 horas	90
Ingeniero para dar entrenamiento a supervisor	30	2 (1 por turno)	1 hora (por turno)	60
Supervisor para dar entrenamiento a personal a cargo	25	2 (1 por turno)	2 horas (por turno)	100
Operarios en entrenamiento	4	30 (15 por turno)	1 hora (por turno)	120
Compra de nuevos muebles de almacenamiento				13320
Total en \$				13690

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la tabla anterior se indican los precios por hora de cada uno de los involucrados en la mejora y la cantidad de tiempo asignado para cada tarea.

Así, el ingreso del nuevo mueble por los técnicos de mantenimiento corresponde a un total de 3 horas. Luego de hacer este movimiento, se inicia el entrenamiento al personal, que para todos se establece en 1 hora, menos para los supervisores, quienes deben entrenarse 1 hora con el ingeniero y luego emplear 1 hora para entrenar a su personal a cargo, para un total de \$ 370 sumados al costo del mueble. En resumen, la mejora tiene un valor de \$ 13 690 para la compañía.

5.1.2 Documento de información de lotes

La segunda propuesta es la creación de un archivo con la información detallada de todos los lotes procesados en el Área de Balloon de la empresa A-MEDICAL, medida que ataca directamente la necesidad de implementar un documento con todos los requisitos necesarios de cada familia o lote de producción para evitar atrasos. De este modo, el líder de producción puede contar con un documento anticipadamente a la hora de hacer el *setup*.

El documento debe estar disponible de forma física al lado del mueble de almacenamiento de herramientas para evitar largos desplazamientos, así como en un archivo digital compartido al cual todas las personas que participan en el proceso tengan acceso.

Los encargados de elaborar el documento son el líder de producción en compañía del ingeniero de manufactura, quienes poseen más conocimiento con respecto al kit de herramientas de cada lote y pueden manejar la creación del documento de la mejor manera.

Este documento debe tener información muy detallada de cada uno de los lotes, sus respectivas herramientas, ubicación exacta en el mueble de almacenamiento y sus posibles alternativas en caso de que una de las herramientas principales esté dañada, además de su estado y su fecha de inspección (ver ejemplo en el anexo 3).

El tiempo estimado para esta mejora es de una semana luego de que el documento se libere.

A continuación, se presenta una tabla con las tareas asignadas, los tiempos establecidos y su costo total:

Tabla 5.2: Costos para la propuesta #2

Tarea asignada	\$ por hora por persona	Cantidad de personas	Tiempo requerido	Total en \$
Creación del documento	Líder de producción = 14 Ingeniero = 30	1 líder y 1 ingeniero	3 horas	132
Ingeniero para dar entrenamiento a supervisor	30	2 (1 por turno)	30 minutos (por turno)	30
Supervisor para dar entrenamiento a personal a cargo	25	2 (1 por turno)	1 hora (por turno)	25
Operarios en entrenamiento	4	30 (15 por turno)	30 minutos (por turno)	60
Total general en \$				247

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la tabla anterior se presentan las diferentes tareas asignadas, su tiempo y las horas totales. Así, el tiempo estimado para la creación del documento son 3 horas. Luego del documento, se inicia el entrenamiento al personal; referente a esto, primero el ingeniero entrena a los supervisores del área y, posteriormente, ellos a su personal a cargo. Para cada uno de estos entrenamientos, se estiman 30 minutos; de esta forma, es un total de \$ 247.

En resumen, sumando las dos propuestas, la compañía debe invertir un total de \$ 13 937 para atacar las causas más importantes y reducir el tiempo en el *setup* de las máquinas de *balloon* de la empresa A-MEDICAL.

A continuación, se adjunta un diagrama de Gantt con las propuestas #1 y #2:

Figura 5.2: Diagrama de Gantt de las propuestas #1 y #2

Tarea	Responsable	Duración (días)	14-Jul	15-Jul	16-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	28-Jul	30-Jul
Toma de medidas y definición de mejoras	Ingeniero de manufactura	3											
Reuniones con gerente para aprobación	Ingeniero de manufactura	1											
Construcción y entrega de muebles	Proveedor + Ingeniero + Técnicos	5											
Ingreso e instalación de muebles	Técnicos de mantenimiento	1											
Entrenamiento a supervisores (muebles)	Ingeniero de manufactura	1											
Entrenamiento al personal (muebles)	Supervisores	1											
Creación del documento de lotes	Ingeniero + Líder producción	1											
Revisión y liberación del documento	Ingeniero de manufactura	3											
Entrenamiento a supervisores (documento)	Ingeniero de manufactura	1											
Entrenamiento al personal (documento)	Supervisores	1											

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Este diagrama de Gantt se divide en dos etapas principales: la instalación de los nuevos muebles de almacenamiento y la creación del documento con la información de los lotes. La secuencia comienza con la planificación técnica, seguida por la entrega e instalación de los muebles y culmina con la capacitación del personal. Después, se desarrolla y valida el documento de lotes, cerrando con entrenamientos a los operarios sobre su uso.

Las tareas se distribuyen de forma escalonada, con responsables bien definidos y fechas concretas, lo que permite mantener el orden, anticipar retrasos y, de ser necesario, facilitar la coordinación entre equipos.

5.2 CONTROLAR

Se proponen acciones de control para mantener las mejoras y asegurar el aprovechamiento del tiempo y los recursos invertidos.

5.2.1 Auditorías

En primer lugar, se propone realizar auditorías aleatorias semanales durante los primeros tres meses y luego de manera mensual, con el objetivo de asegurar el cumplimiento del nuevo método de almacenaje y fomentar una cultura de 5S en el equipo.

Esta tarea está a cargo del técnico de calidad encargado del área y la hace cualquier día de la semana durante los primeros tres meses, con la intención de que sea sorpresa y lo más transparente posible.

El técnico debe revisar lo siguiente:

- El etiquetado y señalización del mueble se encuentra en buen estado, sin ningún daño importante.
- Las herramientas se ubican en su lugar correspondiente, sin la existencia de mezclas.
- Las herramientas están en buenas condiciones, sin ningún daño que afecte su funcionalidad.
- El documento con la información de los lotes se encuentra en el lugar asignado y está en buenas condiciones.

Si surge alguna discrepancia en alguno de estos puntos, el técnico de calidad la reporta al *core team* y se toman decisiones en equipo, como reentrenamientos o sanciones disciplinarias si son personas puntuales que no están siguiendo el proceso adecuado.

5.2.2 Caminatas gembu en las líneas

Otra propuesta para mantener el control es hacer caminatas *gembu* en las líneas de *balloon* y entrevistas cortas a los operarios, con la finalidad de garantizar el buen entrenamiento y la capacitación que se les ha dado, evitar confusiones y, si tienen alguna duda, poder responderles de la mejor forma.

De este modo, el ingeniero realiza una auditoría mensual durante seis meses, entrevistando a cinco operarios al azar sobre almacenamiento, orden de herramientas, proceso de *setup* y uso del documento de lotes. Las preguntas cambian en cada visita para asegurar respuestas honestas. Si el ingeniero detecta irregularidades en las respuestas o durante la caminata, debe reportarlo al *core team*. Por último, en conjunto se deciden acciones correctivas como reentrenamientos o sanciones para quienes no cumplan con los procedimientos.

5.2.3 Realizar tomas de tiempos periódicamente

El efectuar tomas de tiempos periódicamente en el *setup* de las máquinas de *balloon* ayuda a controlar que el tiempo se cumpla y se están respetando las mejoras en el procedimiento.

El ingeniero de manufactura es el responsable de llevar a cabo un seguimiento mensual durante los próximos seis meses para garantizar el control del proceso. Su tarea incluye verificar que se cumplan los tiempos establecidos y detectar posibles puntos de mejora que puedan ayudar a reducir los cuellos de botella.

Todas las observaciones y oportunidades de mejora deben documentarse para su análisis y posible implementación en el futuro, con el propósito de optimizar continuamente el proceso. Los tiempos se toman conforme con la lista de actividades (ver la tabla 4.4 del capítulo anterior).

Si el ingeniero nota alguna anomalía en la toma de los tiempos del *setup*, debe reportarlo al *core team* y se toman decisiones en equipo, como reentrenamientos, algún

acompañamiento al operario si se está tardando más de lo establecido para entender las causas, o sanciones disciplinarias si hay personas que no están cumpliendo los procedimientos.

5.3 CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

A continuación, se expone una tabla comparativa de los tiempos de *setup* registrados con el método anterior frente a los tiempos obtenidos en una prueba tras la implementación de mejoras en la línea de *balloon* de la empresa A-MEDICAL.

El objetivo de esta evaluación es evidenciar el impacto de las acciones correctivas aplicadas, enfocadas en la reducción del tiempo de *setup* y la estandarización del proceso, con el fin de aumentar la eficiencia operativa.

Tabla 5.3: Comparativa de los tiempos de la situación actual versus la mejorada

Actividad	Tiempos máximos anteriores (min)	Tiempos después de las mejoras (min)	Tiempos ahorrados (min)
1- Limpiar la estación de trabajo	2,20	2,22	-0,02
2- Desinstalar el kit de herramientas que se estaba utilizando	3,10	3,05	0,05
3- Ingresar al sistema y registrar el número de lote y la parte por procesar	0,55	1,00	-0,45
4- Buscar e imprimir la lista de herramientas	7,35	1,00	6,35
5- Buscar el kit de herramientas necesario	13,30	3,00	10,30
6- Instalar el kit de herramientas necesario	3,10	3,00	0,10
7- Verificar la correcta instalación y dar el visto bueno	9,30	2,00	7,30
8- Iniciar el proceso de producción	0,30	0,30	0,00
Tiempo total (min)	39,20	15,57	23,63

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Como se observa, el tiempo total de *setup* se reduce de 39,20 minutos a 15,57 minutos, es decir, una reducción de aproximadamente un 60 %.

Se tiene como base el tiempo establecido para el *setup*, a saber, 20 minutos, pero según la tabla anterior, con las mejoras realizadas en cuanto a los nuevos muebles de almacenamiento de herramientas y la creación del documento de información de lotes, el *setup* no solo alcanza el tiempo, sino que se trabaja 4 minutos y 43 segundos aproximadamente por debajo del mismo.

Gracias a la implementación de las mejoras, el tiempo de *setup* por máquina en la línea de *balloon* se reduce de manera significativa. Esto implica una disminución en la cantidad de unidades no producidas durante dicho proceso, pasando de 78,4 unidades a aproximadamente 31,14 unidades por cada *setup*.

En términos económicos, la pérdida por *setup* baja, pasando de \$ 2744 a \$ 1089, lo que representa una reducción superior al 60 % en el impacto financiero por cada cambio hecho en las máquinas, esto optimiza el uso de recursos y mejora la eficiencia operativa.

De acuerdo con los datos obtenidos, la ganancia por cada *setup* ejecutado después de las mejoras implementadas en la línea de *balloon* es de aproximadamente \$ 1655. Esto significa que en la realización de 8,42 procesos de *setup* aproximadamente, se recupera por completo la inversión hecha.

A continuación, se aprecia la fórmula del retorno de la inversión (ROI), la cual permite visualizar el tiempo estimado para recuperar la inversión efectuada en las propuestas anteriores.

$$ROI = \frac{\text{Costos implementación}}{\text{Ahorros obtenidos}}$$

$$ROI = \frac{\$ 13\,937}{\$ 1655} = 8,42 \text{ setups}$$

Considerando que se llevan a cabo entre dos y tres procesos de *setup* por semana en las máquinas de esta línea, la recuperación de la inversión se logra en aproximadamente un mes, lo que representa un retorno ágil y beneficioso para la

operación, además de un impacto positivo en la eficiencia productiva y en la reducción de tiempos muertos.

En conclusión, sí se cumple la meta del objetivo general del estudio.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se exponen las principales conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado en el presente estudio, con el fin de orientar acciones estratégicas y respaldar la toma de decisiones informadas.

Conclusiones

- Identificación del problema

Se diagnosticó que el área de producción de *balloon* experimentaba tiempos excesivos durante el *setup* de las máquinas, lo cual generaba pérdidas económicas, cuellos de botella y bajo rendimiento productivo. Al respecto, los operadores enfrentaban dificultades como desorden en las herramientas, falta de documentación y señalización inadecuada.

- Formulación de objetivos y justificación

Se estableció como objetivo principal evaluar el proceso de *setup* mediante las metodologías DMAIC y SMED, con la finalidad de proponer soluciones que incrementaran la eficiencia. Además, la investigación se justificó por la necesidad de mejorar los tiempos operativos en un entorno altamente competitivo y regulado como la industria médica.

- Medición del proceso actual

Por medio de diagramas de flujo y de recorrido, adicional a la toma de tiempos en celdas específicas (02, 04, 09 y 10), se registraron actividades críticas que sobrepasaban el tiempo estándar del *setup* (20 minutos), alcanzando hasta 39.20 minutos por caso, con una pérdida de más de \$ 2700 por *setup* realizado.

- Análisis de causas raíz

A partir de la lluvia de ideas, Ishikawa, multivoto y Pareto, se determinaron las subcausas principales:

- Desorden en el área de almacenamiento.
- Falta de un documento maestro sobre los lotes.
- Etiquetado de las herramientas dañado.

- Poca señalización.

Estas subcausas representaban el 78 % del impacto total en la eficiencia del *setup*.

- Diseño de propuestas de mejora

Se desarrollaron dos propuestas clave:

- Instalación de nuevos muebles de almacenamiento con etiquetado láser, orden por familia de herramientas y mejor señalización.
- Creación de un documento físico y digital con toda la información técnica de los lotes y que sea accesible para el personal.

Ambas incluyeron planes de capacitación, cronogramas (diagrama de Gantt) y presupuesto estimado.

- Establecimiento de mecanismos de control

Se definieron auditorías semanales/mensuales, caminatas *gemba* y toma de tiempos periódica, para asegurar la sostenibilidad de las mejoras. Las decisiones se dirigirían a reentrenamiento del personal o correcciones disciplinarias si se detectaban desviaciones.

- Cuantificación de beneficios

Las mejoras redujeron el tiempo de *setup* a 15.57 minutos por máquina, lo que representa una disminución del 60 %. Asimismo, las pérdidas bajaron de \$ 2744 a \$ 1089 por *setup*. Por su parte, la inversión total de \$ 13 937 se estima recuperar en aproximadamente un mes de operaciones regulares.

- Cumplimiento del objetivo general

Se logró optimizar el proceso de *setup* en la línea de *balloon* mediante una metodología estructurada, esto genera impactos positivos en eficiencia operativa, economía de recursos, organización del área y clima laboral.

Recomendaciones

- Fortalecer la cultura organizacional basada en orden y disciplina
 - Implementar un programa formal de 5S con auditorías mensuales en todas las áreas de producción, no solo en Balloon.
 - Establecer líderes internos de mejora continua que promuevan estándares visuales, señalización y etiquetado claro.
- Mejorar la comunicación interdepartamental
 - Implementar avisos automatizados por el sistema al finalizar un lote, para activar el proceso de *setup* y alertar al personal clave.
 - Crear canales rápidos de comunicación entre operarios, líderes, técnicos e ingenieros (como grupos internos en Teams o paneles físicos de actualización diaria).
- Formalizar la preparación del kit de herramientas antes del *setup*
 - Designar un responsable por turno para preparar los kits de herramientas antes de que finalice el lote actual y darle más dinámica al proceso.
- Crear indicadores visuales de desempeño del *setup*
 - Instalar un tablero físico o pantalla con indicadores como:
 - Tiempo promedio de *setup* por celda.
 - Porcentaje de cumplimiento versus estándar.
 - Fallas recurrentes por lote.
 - Actualizar semanalmente y compartir los resultados en reuniones operativas.
- Incorporar retroalimentación directa del personal operativo
 - Establecer un "buzón de ideas *balloon*" físico o virtual donde los operarios reporten dificultades, sugerencias o mejoras.
 - Evaluar ideas útiles en reuniones mensuales con el *core team* y ejecutarlas cuando sea viable.

REFERENCIAS

Libros

Barnes, R. M. (1980). *Estudios de métodos: ingeniería de métodos y trabajo*. McGraw Hill.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6° ed.). McGraw Hill Interamericana.

Osborn, A. (1953). *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem-solving*. Charles Scribner's Sons.

Proyectos de investigación

González, J. A. y Rojas, M. A. (2019). *Application of SMED methodology to reduce changeover time in a manufacturing company* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio USM.

González, K. D., Murillo, Ó. F. y Sánchez, R. J. (2019). *Análisis del proceso de costeo de productos de la empresa 3M para el mejoramiento del indicador de tiempo de ciclo, utilizando la metodología lean manufacturing systems (LMS) en el período enero 2016 a enero 2017* [Proyecto final de graduación, Universidad Técnica Nacional]. Repositorio UTN.

Méndez, C. J. (2020). *Reducción de tiempos de cambio en procesos de manufactura mediante SMED en la empresa Productos Químicos Industriales S. A.* [Trabajo final de graduación, Universidad de Costa Rica]. Repositorio Kímuk.

Rodríguez, J. A. (2021). *Optimización de tiempos de cambio en procesos de extrusión mediante SMED en una empresa plástica costarricense* [Trabajo final de graduación, Universidad Fidélitas]. Repositorio U Fidélitas.

Silva, R. M. (2020). *Implementação da metodologia SMED em linhas de produção de embalagens metálicas para bebidas* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório UFMG.

Solano, M. A. (2022). *Reducción de tiempos de cambio en líneas de producción de empaques flexibles mediante SMED en la empresa Empaques del Valle S. A.* [Trabajo final de graduación, Universidad Latina de Costa Rica]. Repositorio ULatina.

Fuentes de Internet

ABPMP International. (2020). *Guía para el Business Process Management Body of Knowledge (BPM CBOK®) (versión 4.0, edición en español)*. ABPMP. https://www.abpmp.org/page/guide_BPM_CBOK

Aiteco Consultores. (2019). *Multivotación: instrumento para seleccionar las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

Al-Ahmari, A. M. y Abdalla, H. S. (2016). Reducing changeover time using SMED technique in a food packaging line. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(1–4), 651–660.

Burgasí, D. D., Cobo, D. V., Pérez, K. T., Pilacuan, R. L. y Rocha, M. B. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *Revista TAMBARA*, (84), 1212–1230. https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf

Charrua, F., Paiva, B., Calderón, C., Figueroa, G. y Miranda, T. (2019). Scheduling operations and SMED: Complementary ways to improve productivity en N. Melão, S. Pinelas y J. Reis (Eds.), *Industrial Engineering and Operations Management I - XXIV IJCIEOM 2018* (pp. 221–227). Springer New York LLC.

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M. y Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7),162–167.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009

Formento, H. (2020). *Relevamiento para entender el uso de la virtualidad en procesos de mejora continua*.
<https://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2020/09/relevamiento-para-entender-el-uso-de-la.html>

Frederick, D. (2025). *Encuesta*. <https://enciclopediaiberoamericana.com/encuesta/>

Global Trust Association. (2019). *El árbol CTQ (critical to quality)*.
<https://globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>

Kumar, R. y Singh, A. (2021). Implementation of SMED to improve changeover efficiency in pharmaceutical packaging. *International Journal of Production Research*, 59(14), 4265–4278.

Lucidchart. (2025). *Qué es un diagrama de flujo*.
<https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>

Manufactura Esbelta Bolivia. (22 de noviembre de 2018). Diagrama de Ishikawa. [Imagen adjunta] [Publicación de estado]. Facebook.
<https://www.facebook.com/leanbolivia/posts/diagrama-de-ishikawase-trata-sin-duda-de-la-m%C3%A1s-divertida-de-las-7-herramientas-/2267406860198298/>

Martins, J. (2025). *Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos*.
<https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>

Medina, A., Medina, Y., Medina, A. y Nogueira, D. (2020). Fundamentos teórico-conceptuales de la auditoría de procesos. *Retos de la Dirección*, 14(1), 1-19. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552020000100001&lng=es&tlng=es

Miranda, U. y Acosta E. (2008). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>

Naydenov, P. (2025). *¿Qué es gemba?* <https://businessmap.io/es/gestion-lean/mejora-continua/caminata-gemba>

ND Marketing Digital. (2025). *Guía detallada para crear una matriz de estrategias: paso a paso*. <https://ndmarketingdigital.com/como-hacer-una-matriz-de-estrategias/>

Pingback (2025a). *Descubre qué es el diagrama de Pareto y sus múltiples utilidades*. <https://pingback.com/es/resources/diagrama-de-pareto/>

Pingback. (2025b). *Mercado Freelancer 2019: panorama completo do trabalho independente no Brasil*. <https://pingback.com/br/talent-blog/mercado-freelancer-2019/>

ProbabilidadyEstadística.net. (s.f.). *DMAIC*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/dmaic/>

Raeburn, A. (2025). *Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)*. <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

Rivas, M. (2018). *Costo-beneficio*. <https://iemarkyvonrivas.blogspot.com/2018/04/costo-beneficio.html>

Sánchez, C. (2019). *Método*. <https://normas-apa.org/estructura/metodo/>

Sánchez, C. (2020). *Figuras*. <https://normas-apa.org/estructura/figuras/>

Sánchez, I. y Mena, A. (2020). Estrategia de superación para los cuadros de la Universidad de Camagüey en la dirección del trabajo preventivo. *Retos de la Dirección*, 14(1), 20-44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10131754>

SYDLE. (2023). *Optimización de procesos: ¿qué es y por qué es tan importante para tu negocio?* <https://www.sydle.com/es/blog/que-es-optimizacion-de-procesos-6126ac39b060f57604039a57>

ULINE. (2025). *Gabinete para almacenamiento de gavetas*. <https://es.uline.mx/Product/Detail/H-8346BL/Bin-Organizers/Bin-Storage-Cabinet-36-x-24-x-78-102-Black-Bins>

Zhang, Y. y Chen, L. (2020). Improving changeover time in injection molding using SMED principles. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 112–120.

APÉNDICES

APÉNDICE 1: Machote en blanco de la entrevista realizada a los colaboradores de la línea de balloon de la empresa A-MEDICAL

Entrevista a los operadores de <i>balloon</i>	
1. ¿Con cuánta frecuencia aproximadamente realiza <i>setup</i> en su estación?	R/
2. ¿Cuáles cree usted que son las causas de los altos tiempos en los <i>setup</i> ?	R/
3. ¿Siente que hay poca iluminación en algunas áreas?	R/
4. ¿Cree que con una mejor distribución de las herramientas se agilice el proceso?	R/
5. ¿Entendió de manera correcta el entrenamiento cuando se le impartió?	R/

APÉNDICE 2: Machote en blanco de la encuesta realizada a los colaboradores de la línea de balloon de la empresa A-MEDICAL

Encuesta sobre las causas de atrasos en Balloon (encierre con una X las que le parezcan más relevantes para el proceso)	
Poca iluminación	()
Poco espacio de almacenaje	()
Falta de rotulación y etiquetado	()
Muchos recorridos para traer las herramientas	()
Poco acompañamiento por parte del coreteam	()
Falta de concentración	()
Malos entrenamientos	()
No cumplimiento del proceso	()

APÉNDICE 3: Ejemplo de un documento de información de lotes

Documento de Lotes de la línea de balloon, A-MEDICAL (Herramientas, Ubicación y Seguimiento)

Lote	Ubicación	Herramientas Asignadas	Alternativas Disponibles	Estado	Fecha de Inspección	Observaciones
Lote 1	Mueble 1	# Conos, # moldes, # espaciadores, # calefactores	Conos → tubos guía Moldes → moldes genéricos Espaciadores → calzos ajustables	Disponible	13/07/2025	Revisión completa
Lote 2	Mueble 2	# Conos, # moldes, # espaciadores, # calefactores	Moldes → Modelos universales Calefactores → Fuentes externas de calor	Parcial	13/07/2025	Faltan dos moldes
Lote 3	Mueble 1	# Conos, # moldes, # espaciadores, # calefactores	Espaciadores → Separadores plásticos Conos → Marcadores visuales	Disponible	13/07/2025	Sin novedades
Lote 4	Mueble 2	# Conos, # moldes, # espaciadores, # calefactores	Calefactores → Estufas de respaldo Moldes → Repuestos provisionales	No disponible	13/07/2025	Herramientas no encontradas
Lote 5	Mueble 1	# Conos, # moldes, # espaciadores, # calefactores	Conos → Señaladores visuales Espaciadores → Espumas técnicas	Disponible	13/07/2025	Inspección en turno vespertino

ANEXOS

ANEXO 1: Documento de registro del entrenamiento

A-MEIDCAL

Formulario de registro de la capacitación

FRM2057911
Rev M

Tipo de evento(s)			
Tipo de evento			Fecha real de capacitación
Actividad			
Código de la actividad		Revisión	
X			
Agregar fila			
Estudiante(s)			
UPI del estudiante	Nombre en letra imprenta	Firma	Fecha
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
Agregar fila			
Excepción / CAPA			
¿Capacitación realizada para una excepción/ CAPA?	☐ Sí ☐ No		
SOLO para uso de Ingreso de datos de SumTotal (No escriba N/A en esta sección) Este formulario no se debe adjuntar a las excepciones o CAPA como evidencia de finalización de la capacitación. Solicite un informe de los registros de capacitación ingresados a un representante de Training si necesita evidencia de la finalización de la capacitación.			
Fecha en que se procesó			
Nombre en letra imprenta		Firma	

Tuesday, July 1, 2025

Fecha de impresión:

ANEXO 2: Cotización de los nuevos muebles de almacenamiento

--- PRECISI • N ---
L&R

Cédula Jurídica: 3102737132

Teléfono: 8735-5507

E-mail: ventas@precisionlyr.com

Fecha: 02 junio 2025

300mts O de la iglesia de San Francisco, San Isidro, Heredia

Cliente: A-MEDICAL Costa Rica

Contacto: ING. Luis Vargas

Dirección: Zona Franca Coyo!, Provincia de Alajuela, Alajuela

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mueble para almacenamiento de herramientas en acero inoxidable con rodines de goma en acero. Medidas. 1050x1050x500mm, cuanta con 7 gavetas de 950x75x450mm para piezas pequeñas y 2 gavetas de 950x150x450mm para piezas grandes en la parte inferior. Mueble en acero inoxidable 304 de 1.2mm con estructura interna de tubo cuadrado de acero con rieles en cada gaveta, 4 rodines con freno y base de goma para cuarto limpio.	\$ 3 800,00	\$ 3 800,00
			
2	Mueble doble para almacenamiento de herramientas en acero inoxidable con rodines de goma en acero. Medidas. 9250x1050x500mm, cuanta con 14 gavetas de 380x75x450mm para piezas pequeñas y 4 gavetas de 380x150x450mm para piezas grandes en la parte inferior. Mueble en acero inoxidable 304 de 1.2mm con estructura interna de tubo cuadrado de acero con rieles en cada gaveta, 4 rodines con freno y base de goma para cuarto limpio. Incluye bases para acomodo de piezas.	\$ 4 760,00	\$ 9 520,00
			
Nota importante: Fecha límite de entrega son 30 días hábiles posterior a la recepción de la orden de compra. En el caso de instalación, no incluye la perforación de maquinaria.		Sub. Total \$	\$ 13 320,00
		Imp. Ventas \$	
		Total \$	\$ 13 320,00