



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

ASSET MANAGEMENT EN UNA PAPELERA

INDUSTRIAL PERUANA

Alumno: CARLOS EDUARDO ZUMARÁN CEDAMANOS

Director: MARÍA DEL CARMEN ESPONISA ELVIRA

JUNIO 2022

TÍTULO: ASSET MANAGEMENT EN UNA PAPELERA INDUSTRIAL PERUANA

AUTOR: CARLOS EDUARDO ZUMARÁN CEDAMANOS

DIRECTOR DEL PROYECTO: MARÍA DEL CARMEN ESPINOSA ELVIRA

FECHA: 28 de junio de 2022

RESUMEN

El presente proyecto parte de una alerta emitida por el área de finanzas sobre un sobrecosto de más de 220,303.81 nuevos soles en el área de producción por sobrecostos de horas extra. Revisando los indicadores del área, el equipo cae en la cuenta de que la Disponibilidad del OEE es del 59.12%. Se plantea llevar este indicador al 90% y el OEE al 80%. Por medio de un diagrama de Ishikawa y un Pareto en función a la toma de 25 muestras de tiempo, se identificó que el 80% de los problemas corresponde a el Set Up de la Impresora, Rezmadora y a los tiempos de espera de las máquinas. Utilizando SMED y reorganizando la secuencia de trabajo se pudo elevar el OEE al 83.70%, la Disponibilidad al 90.51% y reducir los sobrecostos hasta 30 544.93 nuevos soles. Finalmente, para mantener los resultados en el tiempo, se elaboró un nuevo reporte de producción que tome en cuenta los tiempos, procedimientos estándar para tareas manuales de ajustes de ejes de bobinas, Checklists para asegurar el correcto uso de los kits para estas tareas y capacitaciones.

Palabras clave: DMAIC, Single Minute Exchange Of Die (SMED), Tiempo de Set-Up, OEE, Sobrecostos por horas extra, Lean Manufacturing.

ABSTRACT

This project starts with an alert issued by the finance area about a cost overrun of s/.220,303.81 in the production area due to overtime costs. Reviewing the area KPI's, the team notices that the OEE Availability is 59.12%. The objective is to take this KPI to 90% and the OEE to 80%. Applying an Ishikawa and a Pareto diagram based on 25 time samples taken in field, the team identified that 80% of the problems correspond to the Set Up of the Impresora, Rezmadora and the downtimes of the machines. Using SMED and reorganizing the work sequence, it was possible to raise the OEE to 89.88%, Availability to 90.51% and reduce cost overruns to s/.30,544.93. Finally, to maintain the results over time, a new production report was prepared that takes into account the times, standard procedures for manual tasks of coil axis adjustments, Checklists to ensure the correct use of the kits for these tasks and training.

Key words: DMAIC, Single Minute Exchange Of Die (SMED), Set-Up times, OEE, production overcosts, Lean Manufacturing.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	10
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	11
Capítulo 2. METODOLOGÍA	12
2.1 DMAIC	12
2.2 Lean Manufacturing	14
2.3 Single Minute Exchange of Die (SMED).....	16
2.4 Standard Work	16
Capítulo 3. ANTECEDENTES	17
3.1 Antecedentes del Mercado	17
3.2 Antecedentes de la empresa.....	17
Capítulo 4. Aplicando DMAIC en MOLDES ABC	20
4.1 DEFINIR EL PROBLEMA.....	21
4.1.1 Enunciado del problema	21
4.1.2 Equipo de trabajo	23
4.1.3 Diagrama SIPOC.....	24
4.1.4 Flujo de proceso	24
4.1.5 Layout del área de trabajo	28
4.2 MEDICIÓN DEL PROBLEMA	29
4.2.1 Evaluación de datos disponibles	29
4.2.2 Plan y Ejecución de Toma de Tiempos	29
4.2.3 Prueba de Anderson-Darling a los datos.....	30
4.2.4 Cálculo del tiempo estándar	34
4.2.5 Value Stream Mapping (VSM)	37
4.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	41
4.3.1 Diagrama de Ishikawa	41
4.3.2 Diagrama de Pareto para la baja Disponibilidad de la Línea.....	43

4.3.3	Análisis por sobrecosto	45
4.4	Mejora del proceso	46
4.4.1	Aplicación de SMED para máquina Impresora	46
4.4.2	Aplicación de SMED para la máquina Rezmadora	54
4.4.3	Rediseño de la línea de producción	59
4.4.4	Resultados de las mejoras.....	60
4.5	CONTROL DEL PROBLEMA.....	62
4.5.1	Checklist semanal de kits para ejes:.....	62
4.5.2	Nuevo Reporte de Producción:	63
4.5.3	Capacitaciones:	64
4.5.4	Procedimientos Estándar SOP.....	65
Capítulo 5.	FUTURAS LÍNEAS.....	69
5.1	PRESUPUESTO	69
5.2	CRONOGRAMA	71
5.3	RESULTADOS	73
5.4	CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS	74
ANEXOS	77
BIBLIOGRAFÍA	87

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Molde para Panettone elaborado por MOLDES ABC.....	9
Ilustración 2: Herramientas y secuencia del DMAIC. Fuente: Michael L. George et al.	12
Ilustración 3: Componentes de la metodología Lean Manufacturing. Fuente: Hernández y Vizán (2013, p.18).....	15
Ilustración 4: Organigrama de MOLDES ABC.....	18
Ilustración 5: Modelo DMAIC aplicando.....	20
Ilustración 6: Diagrama SIPOC de la línea de moldes.....	24
Ilustración 7: Flujo de proceso de la línea - Parte 1.....	25
Ilustración 8: Flujo de proceso de la línea - Parte 2.....	26
Ilustración 9: Layout del área de producción de la línea de moldes.....	28
Ilustración 10: Comportamiento de tiempos de proceso de Impresión.....	32
Ilustración 11: Comportamiento de tiempos de proceso de Rezmado.....	32
Ilustración 12: Comportamiento de tiempos de troquelado.....	33
Ilustración 13: Comportamiento de tiempos de Armado.....	33
Ilustración 14: Comportamiento de tiempos de Contado y Calidad.....	34
Ilustración 15: VSM de la línea de producción de moldes.....	39
Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa de la baja Disponibilidad de la línea.....	42
Ilustración 17: Diagrama de Pareto de bajo Rendimiento de la línea.....	44
Ilustración 18: Motivos del sobrecosto de producción.....	45
Ilustración 19: Motivos del sobrecosto ajustado.....	45
Ilustración 20: Secuencia inicial set up de Impresora.....	48
Ilustración 21: Nueva secuencia de tiempos de setup de Impresora con SMED.....	52
Ilustración 22: Secuencia inicial del set up de la Rezmadora.....	55
Ilustración 23: Nueva secuencia y tiempos de set up de Rezmadora después de SMED.....	58
Ilustración 24: Secuencia actual del armado de moldes.....	59
Ilustración 25: Nueva secuencia del armado de moldes.....	60
Ilustración 26: Checklist Maletín 1.....	62
Ilustración 27: Checklist Maletín 2.....	63
Ilustración 28: Checklist Maletín 3.....	63
Ilustración 29: Checklist Maletín 4.....	63
Ilustración 30: Nuevo reporte de Producción para control.....	64
Ilustración 31: Portada SOP ajuste de ejes de Impresora.....	65
Ilustración 32: Portada SOP de ajuste de bobinas en impresora.....	66
Ilustración 33: Portada SOP de ajuste de ejes REZMADORA.....	67
Ilustración 34: Portada SOP - Ajuste de Bobina en Rezmadora.....	68
Ilustración 35: Cronograma del proyecto.....	72
Ilustración 36: Reunión del equipo de trabajo.....	74
Ilustración 37: Practicante autor del proyecto y Jefe de producción.....	74
Ilustración 38: Anexo 1 - Formato toma de tiempos impresión.....	77
Ilustración 39: Anexo 2- Formato toma de tiempos de Rezmado.....	78
Ilustración 40: Anexo 3 - Formato de toma de tiempos Armado.....	79

Ilustración 41: Anexo 4 - Formato Toma de tiempos de Conteo y Calidad..... 80

TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Registro de sobrecostos en el segundo semestre del año	10
Tabla 2: Impacto económico del problema	10
Tabla 3: Maquinaria de la empresa	17
Tabla 4: Especificaciones técnicas de los moldes.....	19
Tabla 5: Cálculo de la Disponibilidad actual de la línea	21
Tabla 6: Cálculo del Rendimiento actual de la línea.....	22
Tabla 7: Cálculo de la Calidad actual de la línea	22
Tabla 8: Cálculo del OEE actual de la línea.....	22
Tabla 9: Integrantes del equipo de trabajo.....	23
Tabla 10: Plan de toma de datos en la línea.....	30
Tabla 11: Tiempos totales por etapa de la línea	31
Tabla 12: Leyenda de tipo de actividad medida.....	35
Tabla 13: Tiempo promedio y tiempo estándar por etapa y actividad de la línea.....	36
Tabla 14: Distribución de los tiempos de Set Up.....	37
Tabla 15: Leyenda de figuras del VSM.....	38
Tabla 16: Tiempo por actividad del set up de la impresora	47
Tabla 17: Clasificación de actividades de set up de Impresora en situación actual.....	49
Tabla 18: Clasificación de actividad de set up de Impresora según SMED.....	50
Tabla 19: Reducción del tiempo del set up de la impresora.....	53
Tabla 20: Tiempos por cada subactividad del set up de la Rezmadora	54
Tabla 21: Tipos de actividad de set up de rezmadora.....	56
Tabla 22: Recategorización de actividades del set up de Rezmadora	57
Tabla 23: Reducción del tiempo de setup para Rezmadora	59
Tabla 24: Reducción del tiempo de set up total	60
Tabla 25: OEE después de la mejora	60
Tabla 26: Comparativa de soluciones.....	61
Tabla 27: Comparación de antes de mejoras vs después de mejoras	61
Tabla 28: Presupuesto de implementación en soles y en euros	69
Tabla 29: Flujo de ingresos de la empresa los próximos meses	70
Tabla 30: Flujo de egresos neto de la empresa debido al proyecto.....	71
Tabla 31: Cálculo del VAN del proyecto	71
Tabla 32: Matriz de Objetivos vs Resultados obtenidos	73
Tabla 33: Anexo 5 - Toma de Datos de Impresión	81
Tabla 34: Anexo 6 - Toma de datos Rezmado	83
Tabla 35: Anexo 7 - Toma de Datos Troquelado	84
Tabla 36: Anexo 8 - Toma de datos Armado	85
Tabla 37: Anexo 9 - Toma de datos Conteo y Calidad.....	86

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa del caso de estudio se dedica a la producción industrial de moldes de cartón para panettone (Ilustración 1) y a su venta B&B en la ciudad de Lima, Perú. MOLDES ABC es el principal proveedor de moldes en el país, le vende al 60% de empresas panificadoras, dentro de las cuales están las más importantes como D'Onofrio, Alicorp, Nestlé, etc. Con más de 15 años de experiencia en el mercado, esta PYME (Pequeña y mediana empresa) factura en promedio 2,800,000 soles al mes (equivalente a 700 000 euros) y cuenta con 98 empleados.



Ilustración 1: Molde para Panettone elaborado por MOLDES ABC

Desde julio hasta diciembre, las empresas cliente comienzan a gestionar la campaña navideña. Con la producción de panettone, comienza la demanda de moldes. Durante este semestre MOLDES ABC enfrenta su demanda más alta, llegando a producir hasta 14 millones de moldes de panetón por mes. Es aquí donde se refleja el principal síntoma del problema: Sobrecostos por producir en horas extra.

La gerencia asegura que la maquinaria de MOLDES ABC tiene la capacidad operativa por diseño para abastecer la demanda. Nunca han tenido que recurrir a la tercerización y trabajar horas extra siempre les ha permitido cumplir con sus pedidos. Sin embargo, esto representa a un desbalance promedio de s/. 220,303.81 en el presupuesto mensual, lo cual representa el 7.87% de la facturación mensual.

La **Tabla 1** fue otorgada por el área financiera y muestra las 3 categorías que conforman del sobrecosto: Mano de obra, energía consumida por las máquinas y el armado. Los datos corresponden al periodo de julio a diciembre del año 2021.

Tabla 1: Registro de sobrecostos en el segundo semestre del año

CONCEPTO	JULIO 2021	AGOSTO 2021	SEPTIEMBRE 2021	OCTUBRE 2021	NOVIEMBRE 2021	DICIEMBRE 2021
HORAS-EXTRA- PERSONAL DE PLANTA	S/ 102,981.82	S/ 107,438.00	S/ 100,550.00	S/ 98,305.00	S/ 100,892.00	S/ 100,018.00
COSTO ENERGÉTICO EXTRA	S/ 59,924.48	S/ 59,808.00	S/ 57,458.00	S/ 58,663.00	S/ 59,235.00	S/ 56,993.00
HORAS-EXTRA- PERSONAL DE ZONA DE ARMADO	S/ 60,334.55	S/ 58,366.00	S/ 60,162.00	S/ 59,719.00	S/ 58,467.00	S/ 62,508.00
TOTAL	S/ 223,240.84	S/ 225,612.00	S/ 218,170.00	S/ 216,687.00	S/ 218,594.00	S/ 219,519.00

Tabla 2: Impacto económico del problema

IMPACTO ECONÓMICO DEL PROBLEMA		
PROMEDIO INGRESO MENSUAL	SOBRECOSTO MENSUAL	IMPACTO
S/ 2,800,000.00	S/ 220,303.81	7.87%
700,000.00 €	55,075.95 €	

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Durante la elaboración del Project Charter, se acordó con la gerencia de MOLDES ABC que el objetivo principal de este proyecto es lograr **reducir los sobrecostos de producción en 50%**.

Adicionalmente, en conjunto con la jefatura del área encargada de producción, se han establecido objetivos específicos en función de diagnosticar, medir, analizar y mejorar la situación actual de la línea:

- Delimitar mediante DMAIC el proceso actual de producción, incluir personas involucradas, entradas, salidas, actividades claras e indicadores (OEE).
- Medir el desempeño de la línea de producción. Establecer los tiempos estándar de producción, tiempos de traslado, tiempos de configuración de equipos, recambios, averías, cuellos de botella y producción diaria actual vs la necesaria.
- Diseñar, estandarizar y documentar mejoras en la línea de producción actual que permitan un OEE del 80% y la reducción de costos.
- Conseguir una disponibilidad de la línea de equipos de la producción de moldes del 90%

- Establecer métricas de control para asegurarse que las mejoras conseguidas se mantengan en el tiempo tales como procedimientos estándar nuevos, Dashboards, etc.

Para establecer los objetivos se consultó la guía de artículos como “Cycle time reduction for coil setup process through standard work: case study in ceramic industry” de Puvanasvaram, A. P., Hamid, M. N. H et al, "Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company" de Mor, R.S., Bhardwaj, A., “Centerline-SMED integration for machine changeovers improvement in food industry. Production Planning and Control” de Lozano, J et al, “Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case” de Ahmad, N et al, y „A framework for improving manufacturing overall equipment effectiveness” de Chong, K et all. Estos artículos científicos tratan casos muy parecidos en cuestión de características del proceso, características de la maquinaria, segmentación del mercado y problema principal.

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

La estructura para seguir del proyecto será la siguiente:

- **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN:** Dentro de este capítulo se dejará en claro el planteamiento del problema: ¿Qué se quiere resolver?, y ¿Por qué es importante? Teniendo en mente el principal problema, se plantearán los objetivos a conseguir para resolverlo.
- **CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA:** En este capítulo se explicará la metodología que se va a utilizar para conseguir solucionar el problema. Asimismo, todos los conceptos clave necesarios para la completa comprensión del proyecto.
- **CAPITULO 3: ANTECEDENTES:** Este capítulo se encargará de darle contexto al problema. Se tratará el contexto del mercado y de la empresa con el objetivo de esclarecer la situación actual de la empresa.
- **CAPITULO 4: DMAIC:** Dentro de este capítulo se concentra el peso del trabajo. Aquí se definirá, medirá, analizará, mejorará y controlará el problema propuesto utilizando las herramientas definidas en el Capítulo 2 y adaptándolas a las necesidades propias del caso de estudio.
- **CAPITULO 5: CONLSUIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO:** En este capítulo se explicarán las conclusiones del proyecto. También se presentarán el cronograma, presupuesto y consideraciones importantes para llevar a cabo el proyecto.

Capítulo 2. METODOLOGÍA

2.1 DMAIC

Los autores Gutierrez & De la Vara (2004) definen a DMAIC es una metodología simple y directa para identificar y resolver problema en 5 pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El objetivo final es poder plantear soluciones a procesos defectuosos, de manera estructurada en todos los niveles de la empresa. Pertenece a la metodología SIX SIGMA, la cual busca la mejora de la calidad de procesos en función de eliminar errores, defectos y retrasos en el mismo.

DMAIC es comúnmente aplicado en casos reales, a continuación la Ilustración 2 detalla aquellas herramientas y procedimientos más utilizados por cada etapa:

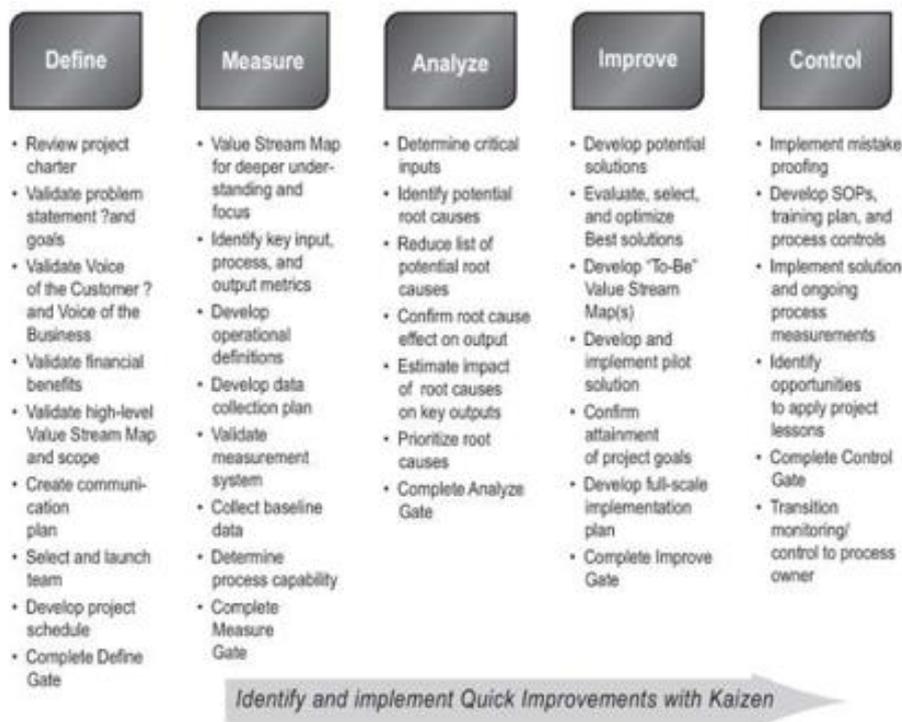


Ilustración 2: Herramientas y secuencia del DMAIC. Fuente: Michael L. George et al.

Para mayor comprensión, el desarrollo de cada uno de los pasos del DMAIC se da de la siguiente manera:

- **DEFINIR (D):**

La primera etapa se encarga de enfocar el problema y sentar las bases del proyecto. Asimismo, se establece el propósito principal de la implementación, los parámetros de inicio, los objetivos, el alcance, el impacto y los beneficios (Hernández C., 2014)

Las herramientas más comunes en esta etapa son:

Project Charter: Documento formal que facilita la visión general del problema a abordar y la forma de solución. Segmenta los clientes en dos tipos: Interno y externo y se extiende de la siguiente manera: Planteamiento del problema, caso

de negocio, declaración de objetivos, alcance del proyecto, hitos del proyecto y equipo de trabajo. (Bahena & Reyes, 2006)

SIPOC: Herramienta útil para el mapeo del proceso. Corresponde a las siglas de Supplier, Input, Process, Output y Costumer. Es decir Proveedor, entrada, proceso, salida y cliente. Es utilizado para identificar todo elemento relevante e influyente en el proceso a mejorar. (Bahena & Reyes, 2006)

- MEDIR (M)

La segunda etapa cuantifica las variaciones en el proceso y es en la cual se da el procesamiento de datos pertinentes para evaluar el impacto en el problema. La recolección de datos es clave en esta etapa. Es la que consume más recursos y se le debe prestar mayor atención ya que de ella depende la efectividad del análisis y la solución. En esta etapa también es importante entrar en mayor detalle al flujo de trabajo. (Hernández C., 2014)

Las herramientas más comunes en este punto son:

Colección de datos en el proceso. Elaborar un registro atractivo, fácil de entender y fiable para medir las actividades realizadas. (Gutierrez & De la Vara).

Value Stream Mapping (VSM): herramienta útil para mostrar el flujo de materiales y de información desde el proveedor de materiales hasta el cliente que recibe el producto final. Un VSM que aporte es aquel que muestra tiempos, secuencias claras, involucrados, indicadores y refleja la realidad del proceso lo mejor posible. (Rajadell & Sánchez, 2010)

- ANALIZAR (A)

En base a los datos recopilados, el análisis sirve para eliminar toda brecha entre el desempeño deseado y el desempeño actual. En palabras de los autores, "Se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos" (Gutiérrez & De la Vara, 2004, p.406).

Las herramientas más comunes en este paso son:

Diagrama de Ishikawa de Causa-Efecto: También conocido como espina de pescado, es un método gráfico que permite relacionar visualmente el problema con sus causas catalogándolas en 6 formas: Método, Mano de Obras, Materiales, Maquinaria, Medición, Medio Ambiente.

Diagrama de Pareto: El principio de Pareto respalda este diagrama el cual establece que el 80% de la problemática se deben al 20% de las causas. Pareto indica qué problemas atacar y en qué prioridad. (Gutierrez & De la Vara, 2004, p.406).

- MEJORAR (I)

La etapa más extensa y que varía por cada proyecto. En este punto se desarrollan y aplican los cambios y mejoras propuestas que enfrentan las causas raíz, asegurándose que se mitiga el problema. Se dice que es la más variable

pues dependen de cada responsable y de las causas que originan el problema, sin embargo, las más comunes son:

5S: Primer paso para poder transformar un sistema convencional a un sistema Lean. Son 5 principios japoneses cuyo fin es trabajar en un ambiente limpio y ordenado, los cuales son:

- Seleccionar: Lo necesario de lo no necesario.
- Ordenar: Elementos necesarios
- Limpiar: Limpieza e inspección del área
- Estandarizar: Para poder distinguir de una situación normal de una no normal
- Disciplina: Convertir las buenas prácticas en hábitos.

SMED: Herramienta Lean para disminuir y estandarizar los tiempos de set up de las máquinas. Esta herramienta es utilizada en el presente proyecto y explicada más ampliamente a continuación.

Kayzen: Mejora continua, mejorar un poco cada día para llegar a grandes resultados a largo plazo. Requiere de planes estratégicos para lograr mejoras graduales y continuas a través del tiempo. (Socconini, 2008)

- **CONTROLAR (C)**

Una vez alcanzadas las mejoras, esta etapa se encarga de diseñar un sistema que las mantenga estables a través del tiempo, lo que permita el cierre del proyecto. Esta etapa es la más complicada a menudo puesto que se deben asegurar que los cambios no se pierdan. Involucra el compromiso de todo el personal y requiere que el proceso se adapte y participen todos los integrantes. (Gutierrez & De la Vara, 2004)

2.2 Lean Manufacturing

La filosofía Lean Manufacturing (LM) se desarrolló en la compañía japonesa TOYOTA la cual fue la primera en poner en práctica herramientas de optimización de tiempos tales como Just inTime (JIT), Quality Management (QM) y Total Productive Maintenance (TPM) (Oleghe y Salonitis, 2018). Al igual que sus predecesoras, LM busca identificar y eliminar actividades y procedimientos que no agregan valor al proceso y al largo plazo alargan el Lead Time y aumentan los costos de operación. (Tejeda, A. S, 2011).

La Ilustración 3 muestra los componentes que apoyan la filosofía Lean Manufacturing. De este esquema podemos concluir que la mejora continua por medio de Kaizen, el trabajo estándar y la producción nivelada son componentes cruciales en el desarrollo de la Filosofía Lean y, ya que delimitan el rumbo general a tomar al resolver el problema. Por otro lado, la herramienta de diagnóstico por excelencia es Visual Stream Mapping (VSM), las de implementación en la operación son 5S, SMED, TPM y KANBAN (en este caso de estudio se utilizará SMED dadas las características del proceso) y finalmente, para el control se puede hacer mediante indicadores.

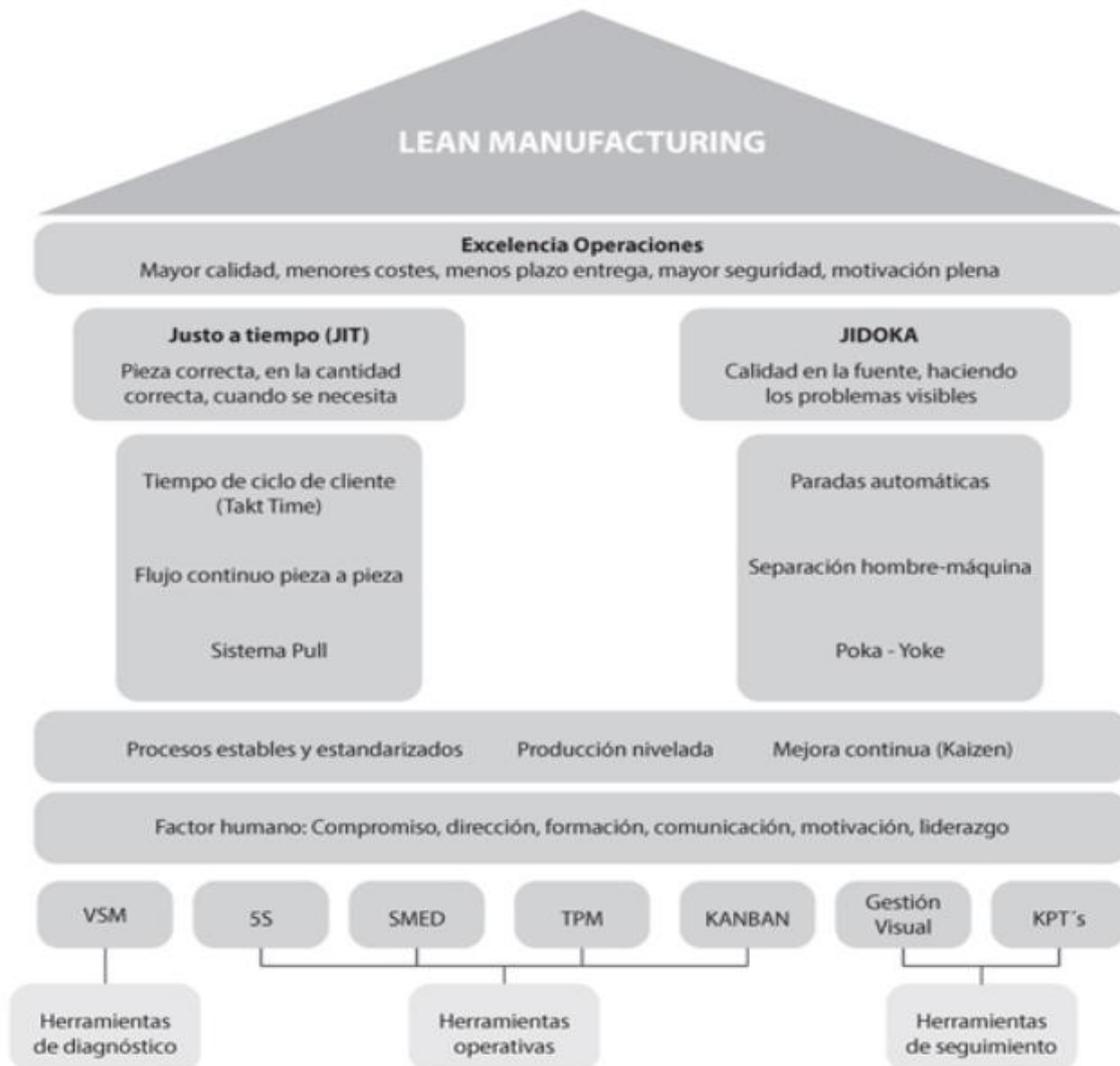


Ilustración 3: Componentes de la metodología Lean Manufacturing. Fuente: Hernández y Vizán (2013, p.18)

2.3 Single Minute Exchange of Die (SMED)

Lozano et al. (2019) establecen a SMED (Single Minute exchange of die) como la herramienta Lean adecuada para la reducción del tiempo de configuración de máquinas y lograr la estandarización del proceso de cambio eliminando actividades que no agregan valor. Esta herramienta ha sido implementada en varios sectores: procesamiento textil (Moxham y Greatbanks 2001), sector automotriz, (Cakmakci 2009), sector de telecomunicaciones ((Trovinger y Bohn 2005), sector de de alimentos (Maalouf y Zaduminska 2019 ; Lozano y col. 2019) son unos de los casos de éxito más rescatables.

Según Lozano et al. (2019) el funcionamiento de esta herramienta se basa en 5 etapas principales:

- Etapa 1: Observar el proceso y toma de datos, es necesaria para conocer cuáles son las operaciones que se llevan a cabo durante el cambio.
- Etapa 2: Identificar y separar operaciones de preparación interna con externas. Una operación interna es aquella que solo puede ser utilizada mientras la máquina esté detenida. Y externa, es aquella que puede realizarse mientras la máquina esté en operación. Es la etapa más crucial de la operación.
- Etapa 3: Eliminar o reducir el tiempo de las actividades externas al máximo.
- Etapa 4: Estandarizar actividades externas que no pueden reducirse ni eliminarse.
- Etapa 5: Realizar procedimiento estándar considerando actividades internas y externas restantes.

2.4 Standard Work

El trabajo estándar (o Standar Work) es una herramienta de la filosofía Lean mediante la cual se pueden normalizar los métodos de operación asegurando resultados con variación mínima. La herramienta involucra a cada elemento del proceso: máquina, hombre, energía, tiempo y, según Puvanasvaran et al., 2018, es el mejor método conocido para el cumplimiento del trabajo.

Mor et al., 2019 establece requisitos esenciales para que un trabajo pueda estandarizarse dentro de una organización. El primero, es asegurarse de que el operador sea física e intelectualmente capaz de realizar el trabajo. Segundo, se deben asegurar la seguridad y ergonomía de cada puesto de trabajo. Tercero, cada máquina o equipo debe estar correctamente calibrado y con el mantenimiento oportuno. Cuarto, se deben tener claros los resultados esperados en términos de tiempo y calidad. Quinto, las herramientas deben estar en buenas condiciones y a disposición y finalmente, el proceso debe tener una secuencia óptima clara.

Para el presente trabajo, el trabajo estándar será clave para lograr que las reducciones de tiempo que se logren con la herramienta SMED queden perennes en el tiempo.

Capítulo 3. ANTECEDENTES

3.1 Antecedentes del Mercado

El panettone es un postre de frutas italiano histórico y de gran consumo en Perú, sobre todo durante las épocas navideñas. En el año 2019, la empresa D'Onofrio, la empresa más grande de panadería y postres en Perú, reportó la venta de más de 35 millones de unidades de Panettone en el mercado peruano y que el 80% se dio durante los meses noviembre y diciembre (RPP, 2019). Comer panettone en noche buena es una costumbre histórica en Perú y se va fortaleciendo cada vez más cada año. Así lo revela el diario Gestión en Perú, el cual en 2019 pronosticó un aumento de la demanda del producto del entre 3% y 4% para los próximos años (Gestión, 2019).

3.2 Antecedentes de la empresa

La empresa en estudio se especializa en la fabricación de moldes de panettone, pirotines, bandejas y envases para postres similares a base de papel y cartón. Su producto más solicitado es el molde para panettone hecho de papel Glassine y cartón chocolate, el cual representa el 85% de los pedidos de la empresa al año. Estos moldes se caracterizan por ser aptos para la cocción a altas temperaturas en hornos industriales ya que son elaborados de papel Kraft o Glassine, la impresión que se realiza sobre estos es resistente a preservantes, grasas, alcohol y calor.

Toda la materia prima que se emplea en su producción cuenta con certificado de inocuidad y calidad. Los proveedores de material son empresas cartoneras y papeleras ubicadas en Italia, México, Alemania, Brasil y Suecia las cuales proporcionan cartón microglasinne. papel Glassine Chocolate, papel Kraft, parafina y tinta.

Actualmente la producción de la empresa se realiza mediante un sistema de fabricación make to order (por pedido). Y para ello se cuenta con la siguiente maquinaria:

Tabla 3: Maquinaria de la empresa

EQUIPO	LÍNEA A LA CUAL SIRVE	CANTIDAD DISPONIBLES	CANTIDAD UTILIZADA EN LÍNEA DE MOLDES
IMPRESORAS	PERIMETRALES Y ENVASES	4	1
REZMADORAS	PERIMETRALES Y PIROTINES	3	1
TROQUELADORAS	PERIMETRALES Y BASES	3	1
MICROCORRUGADORA	BASES Y PIROTINES	2	1
PARAFINADORA	PIROTINES Y ENVASES	2	0
GUILLOTINAS	PIROTINES	2	0
PRENSADORAS	BANDEJAS	1	0

Es importante también conocer las personas a cargo de las principales áreas de la empresa:

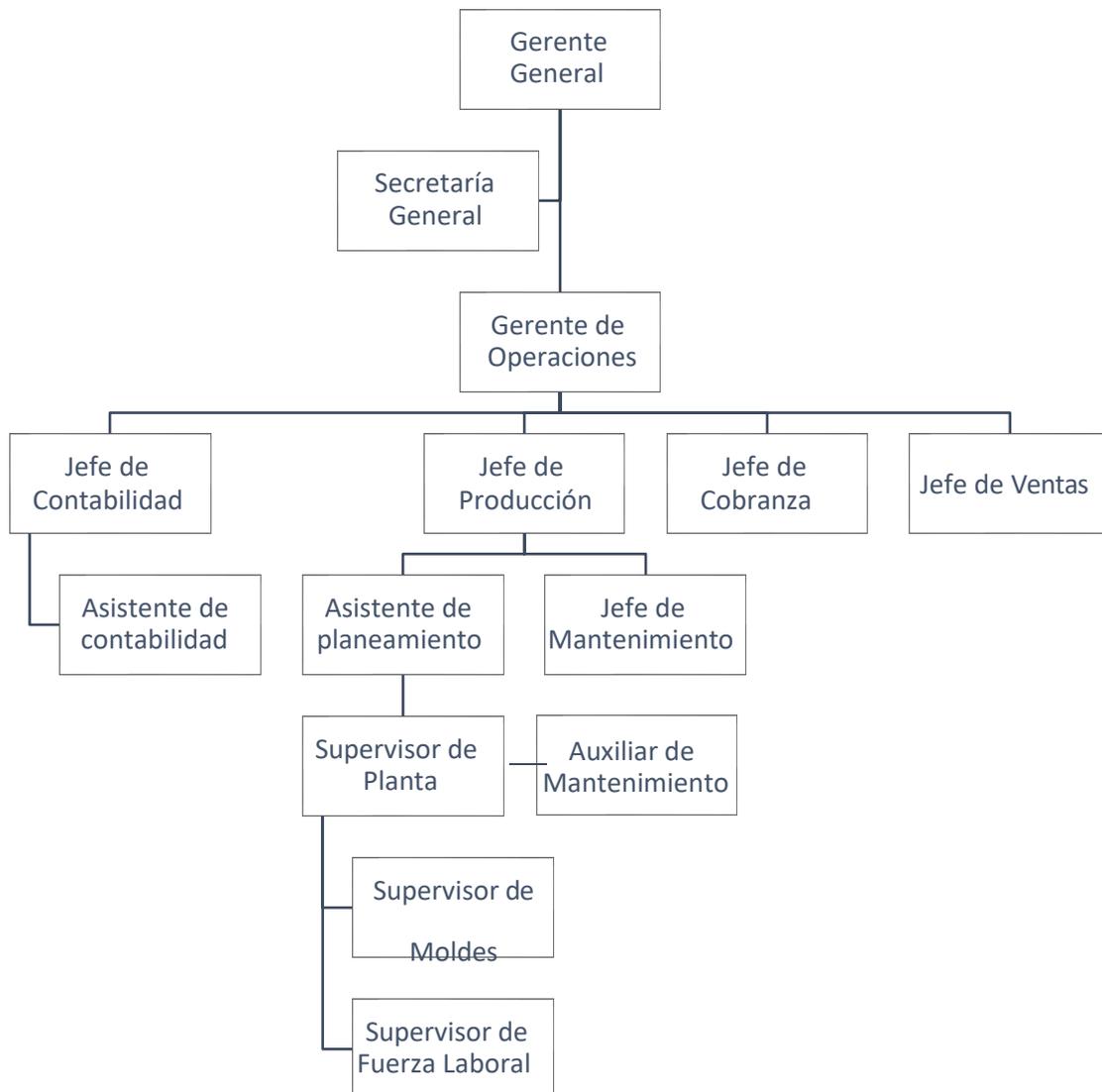


Ilustración 4: Organigrama de MOLDES ABC

Finalmente, a tener en cuenta también se debe tener las especificaciones técnicas de un molde estándar:

Tabla 4: Especificaciones técnicas de los moldes.

Especificación	Opciones
Perimetral	Papel Kraft de 100 gr./m2 recubierto de parafina. Papel Glasinne Chocolate de 95 gr./m2
Base	Papel Kraft de 100 gr./m2 Cartón Microglasinne de 240 gr./m2
Impresión	De 1 a 4 colores, con Logo y/o fondo.
Presentación	En cajas y/o bolsas de capacidad 500, 1000 y 1200 unidades.
Tamaño	Personalizable de acuerdo con las necesidades del cliente.

Capítulo 4. Aplicando DMAIC en MOLDES ABC

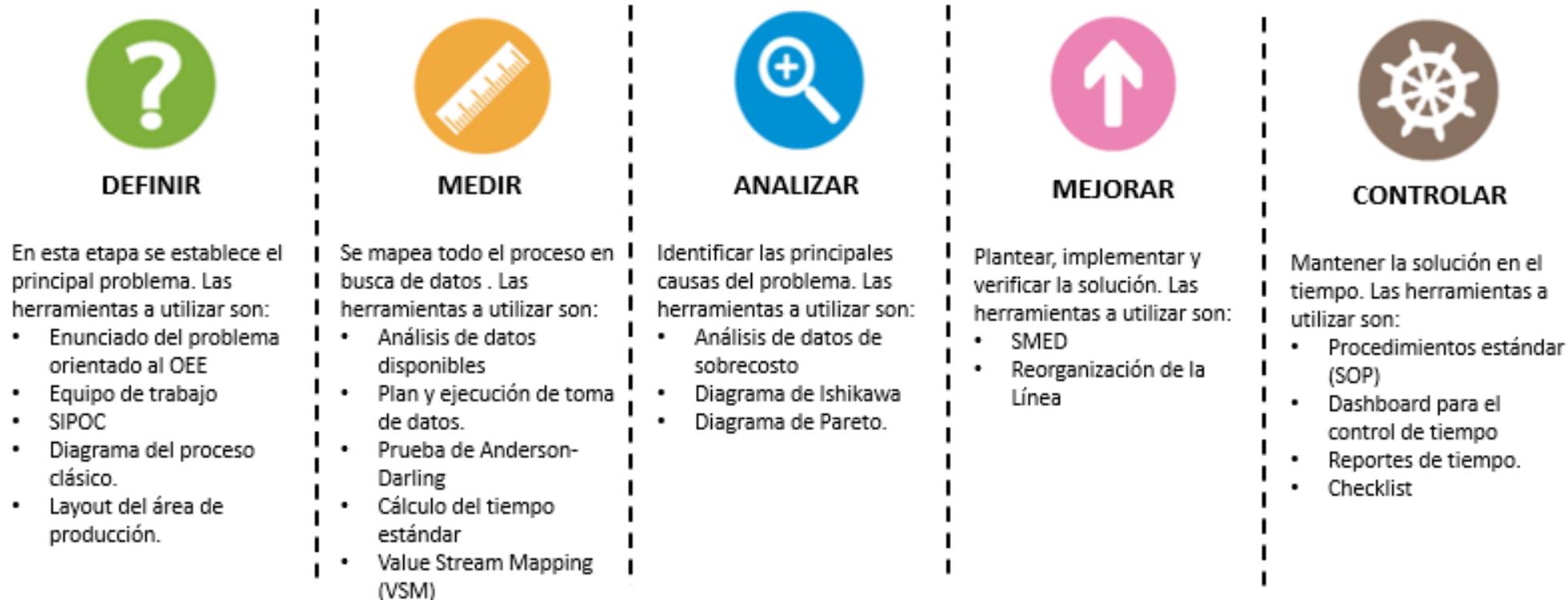


Ilustración 5: Modelo DMAIC aplicado

4.1 DEFINIR EL PROBLEMA

4.1.1 Enunciado del problema

La empresa MOLDES ABC busca, con este proyecto, aumentar el OEE (la tasa de rendimiento de los activos) de los equipos que conforman la línea de producción de moldes de Panettone en aproximadamente un 27% desde el 58.76% actual hasta el 85%.

El principal indicador para conocer el performance de la producción en MOLDES ABC es el Overall Equipment Effectiveness (OEE). Chong, K., & Ng, K. (2016) establecen que el OEE se mide en tres principales indicadores: La Disponibilidad de los equipos, el Rendimiento, y la calidad.

La disponibilidad es el tiempo operativo de la línea, es decir, el tiempo en el que realmente se está procesando producto, descontando el tiempo que se tarda en reparar averías, mantenimiento preventivo, cambios y tiempo de configuración del equipo.

El rendimiento mide la tasa de producción de la línea, y es una comparativa simple entre las unidades reales producidas y las unidades que se deberían producir.

Finalmente, la calidad es cuántos productos no defectuosos se obtienen sobre la cantidad total producida. El OEE se obtiene de multiplicar los 3 valores.

El área de producción de MOLDES ABC lleva control sobre este indicador. A continuación se muestra las tablas con los datos que permiten el cálculo de los 3 indicadores que conforman el OEE:

Tabla 5: Cálculo de la Disponibilidad actual de la línea

DISPONIBILIDAD	
Días laborales promedio al mes	22
Horas por turno (2 turnos por día)	16
Horas Disponibles al mes	352
Horas trabajadas y registradas al mes	208.12
Disponibilidad	59.12%

Este indicador de disponibilidad se trabaja en base a 22 días laborables al mes, con dos turnos diarios de 8h cada uno y corresponde a los 3 equipos: Impresora, Rezmadora y Troqueladora. Para descontar las horas trabajadas, se consideran las horas de mantenimiento, las paradas por averías, las horas de espera y los tiempos de configurar máquinas. Este es el indicador más bajo del OEE y candidato a ser la causa principal del problema.

Tabla 6: Cálculo del Rendimiento actual de la línea

Rendimiento	
Producción real promedio durante el segundo semestre del año (miles de moldes)	14,000,000.00
Capacidad de producción por diseño	15,120,000.00
Rendimiento	92.59%

El indicador de rendimiento se mide de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Producción alcanzada entre todos los pedidos del cliente}}{\text{Capacidad de la línea por diseño } \times \text{ horas que estuvo operativa (incluyendo extras)}}$$

Tabla 7: Cálculo de la Calidad actual de la línea

Calidad	
Moldes defectuosos	19,100.00
Producción real promedio durante el segundo semestre del año (miles de moldes)	14,000,000.00
Calidad	99.86%

Finalmente, el OEE de MOLDES ABC se calcula:

Tabla 8: Cálculo del OEE actual de la línea

OEE MOLDES ABC	
Disponibilidad	59.12%
Rendimiento	99.43%
Calidad	99.86%
OEE	54.67%

Como se puede observar, el bajo nivel del OEE se debe principalmente a la baja Disponibilidad de la línea. La evaluación de este indicador será clave para poder determinar las causas reales del problema

4.1.2 Equipo de trabajo

Tabla 9: Integrantes del equipo de trabajo

Nombres y Apellidos	Cargo en la empresa	Función en el proyecto
Luis Felipe Narrea	Gerente de Operaciones	Aprobar las decisiones y gastos del proyecto
Roberto Ferreccio	Jefe de producción	Líder de Proyecto y responsable de aplicar Lean
CONDORI COSI, PERCI	Supervisor de Producción	Dar facilidades para la toma de tiempos, brindar información empírica y juicio crítico para el diagnóstico y mejoras
DEL VALLE PEREZ, LEANDRO	Operario de planta	Apoyo en planta
ALONZO SOLIS GUILLERMO	Operario de planta	Apoyo en planta
AVALOS TITO CESAR MAXIMO	Operario de planta	Apoyo en planta
CAMPOS EGUSQUIZA KEVIN ISRAEL	Operario de planta	Apoyo en planta
CARDOZA CHURA ESTEBAN	Operario de planta	Apoyo en planta
CARRERA SULLON JORGE ARNALDO	Operario de planta	Apoyo en planta
CCAHUANA QUISPE JUAN LEONARDO	Operario de planta	Apoyo en planta
CHATE TORRES JAVIER JULIO	Operario de planta	Apoyo en planta
Carlos Zumarán C	Practicante de Operaciones	Responsable de aplicar lean, toma de tiempos, modelación de procesos y propuesta de mejora

Asimismo, es necesario precisar el alcance y las limitaciones del equipo

- Este proyecto será ejecutado por el área de producción con apoyo del área de mantenimiento y autorización de la gerencia de MOLDES ABC.
- La fecha de inicio del proyecto es de noviembre del 2021 (un mes después del inicio de mis prácticas), y se fijó el plazo para finalizarlo hasta febrero del 2022. Los avances son presentados en reuniones semanales y organizadas por el Gerente de Operaciones.
- Algunas limitaciones del proyecto son la disponibilidad del supervisor de producción y de los técnicos de mantenimiento para la realización de cualquier estudio o mejora así como la disponibilidad del alumno para la toma de tiempos, ya que debían hacerse fuera del horario de prácticas.

4.1.3 Diagrama SIPOC

SIPOC es un acrónimo para Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Clientes. Interpretando a Kearns, David T: “Sirve para trazar un proceso a través de la documentación de Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Si bien esta herramienta no está diseñada para proporcionar demasiados detalles sobre el proceso, es perfecta para brindar información clave sobre aquellos participantes de este” (p. 318).

En este proyecto, resulta clave la evaluación del Proceso ya que es donde se concentran los sobrecostos frutos del bajo rendimiento de la línea. De igual forma, es importante verificar el indicador de rendimiento en Salidas y añadir nuevos KPIs ya que los actuales son insuficientes. A continuación se muestra el diagrama para el proceso de fabricación de moldes para panettone:

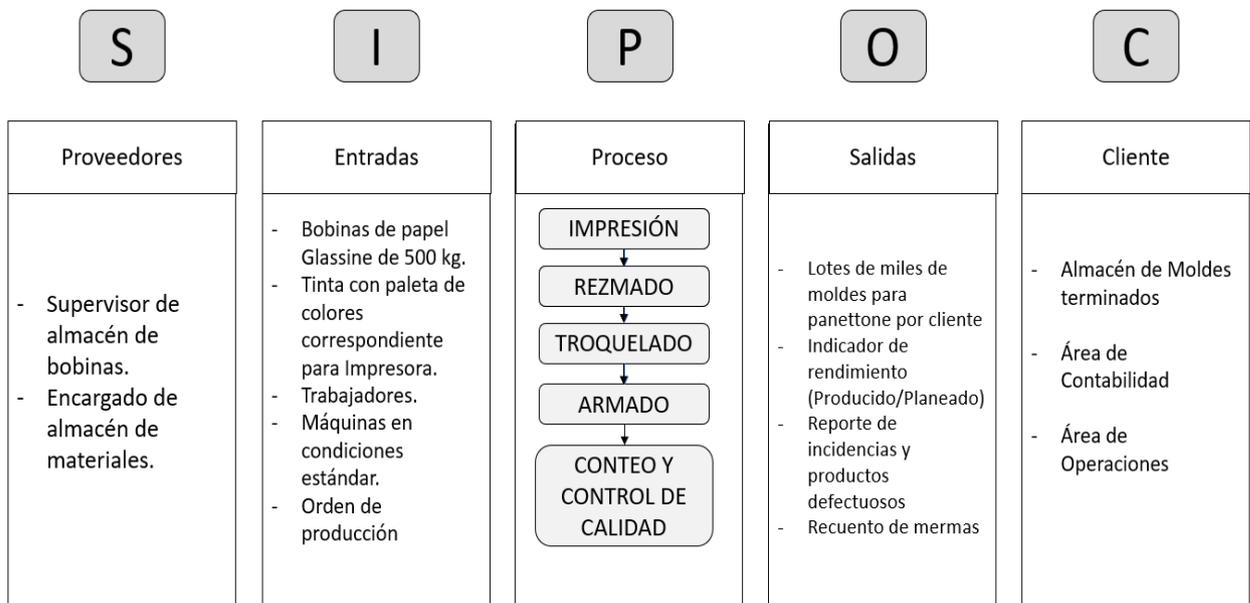


Ilustración 6: Diagrama SIPOC de la línea de moldes

4.1.4 Flujo de proceso

El diagrama de Operaciones es un método efectivo para diagramar las actividades desarrolladas dentro de cada etapa del proceso de producción. Los círculos representan Operaciones, mientras que los cuadrados con círculos dentro representan operaciones combinadas, es decir operaciones que son inspeccionadas al mismo tiempo.

Este flujo fue elaborado en diciembre del 2021 en el transcurso de 3 días de observación en planta. La secuencia detalla los dos procesos paralelos necesarios para elaborar los moldes. En total, consta de 21 operaciones y 6 operaciones

combinadas. El diagrama fue elaborado en conjunto con el supervisor de planta, y está aprobado por el jefe del área.

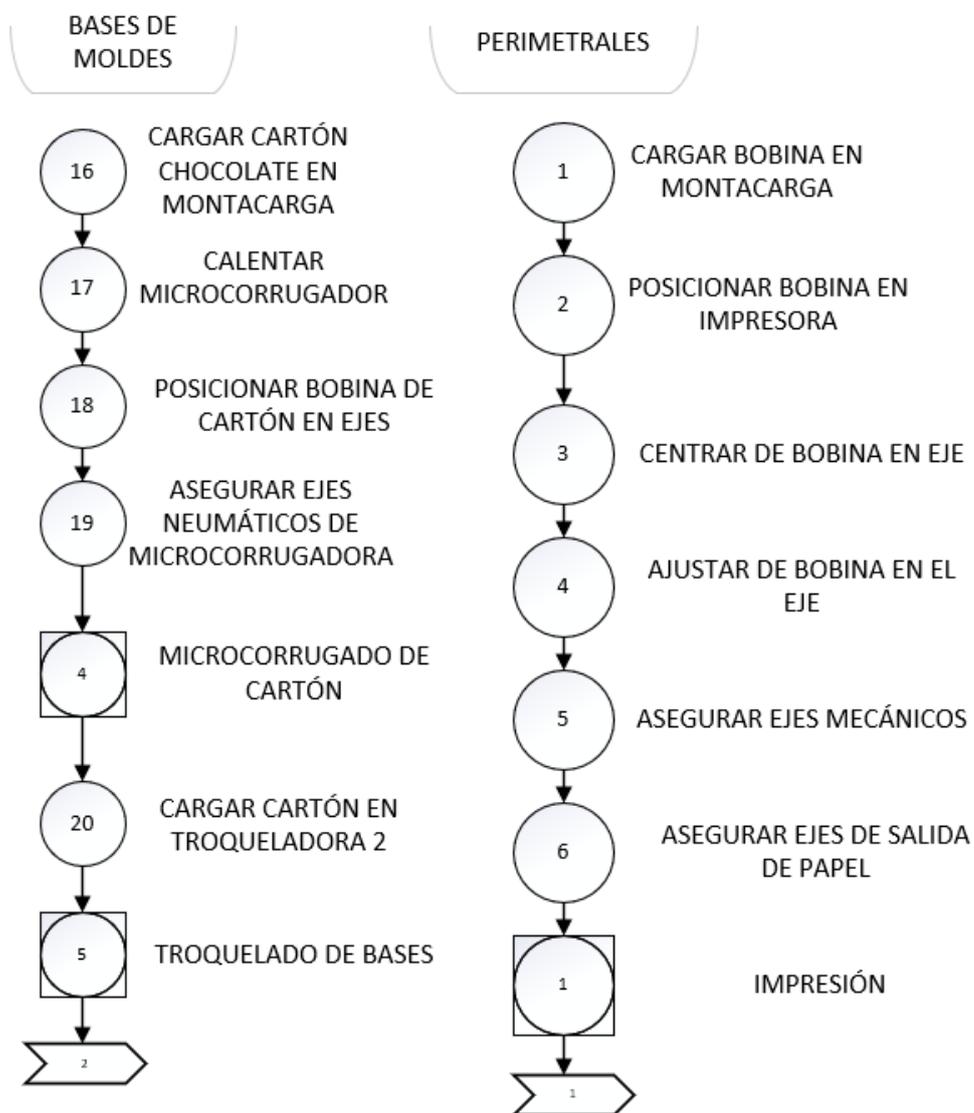


Ilustración 7: Flujo de proceso de la línea - Parte 1

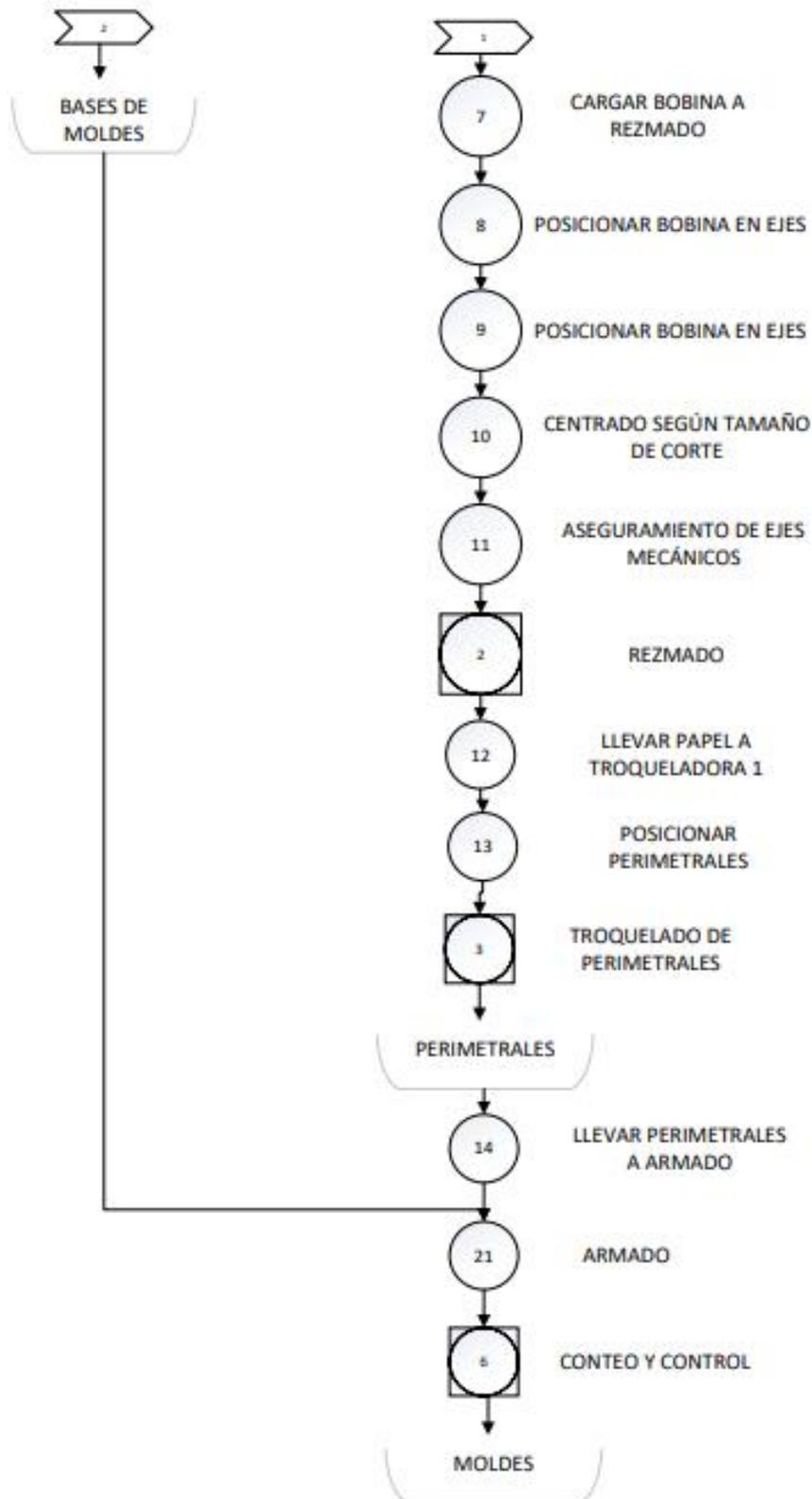


Ilustración 8: Flujo de proceso de la línea - Parte 2

Descripción del proceso:

Fabricación de perimetrales

1. Proceso de impresión: Previamente a encender la máquina se realiza el montaje de la bobina de papel Glasinne en la máquina impresora, se centra la bobina de papel en los ejes dependiendo del tamaño de la bobina y el tamaño que busque el cliente, se aseguran los ejes y luego se carga a la impresora con tinta y barniz. Posteriormente se enciende la máquina impresora la cual jala mediante rodillos el papel hacia la zona de impresión donde se imprimirá el diseño solicitado por el cliente, a continuación, el papel pasará por un túnel de secado y finalmente será enrollado en una bobina para pasar al siguiente proceso.
2. Proceso de Rezmado: Antes de encender la máquina se realizará el montaje de la bobina de papel impreso, se centra la bobina con el papel impreso para realizar el corte exacto, y luego se procede a encender la máquina. La máquina jalara el papel hacia la zona de corte donde unas cuchillas seccionaran al papel de acuerdo con la medida que el cliente haya solicitado. Finalmente, un operario acomodará el papel cortado en fajas y las colocará sobre una parihuela.
3. Proceso de troquelado de perimetrales: En este proceso se da forma al borde del papel Rezmado por ejemplo forma de ondas, triángulos, etc. Antes prender la máquina se montan las cuchillas con la forma y tamaño requeridos para el molde de panetón que el cliente haya solicitado. Luego, con la máquina ya encendida, un operario coloca manualmente fajas de papel en la máquina troqueladora para que esta las corte mediante presión. Finalmente, el operario retira de la máquina las fajas de papel ya troquelado para apilarlo en una parihuela.

Fabricación de las bases

1. Proceso de corrugado y corte: Se inicia montando una bobina de cartón y otra de papel en la máquina corrugadora, luego se carga a la máquina con cola. Posteriormente se enciende la máquina la cual mediante rodillos mueve el papel y el cartón y los adhiere, luego mediante rodillos se le da forma de ondas o flecos a la superficie y finalmente es cortado en planchas.
2. Proceso de troquelado de bases: En este proceso se da forma circular a las planchas de cartón y papel. Antes prender la máquina se montan las cuchillas con la forma y tamaño requeridos para el molde de panetón que el cliente haya solicitado. Luego, con la máquina ya encendida, un operario coloca manualmente las planchas de papel y cartón en la máquina troqueladora para que esta las corte mediante presión. Finalmente, el operario retira de la máquina las bases del panetón ya troqueladas para apilarlas en una parihuela.

Armado del molde de panetón

1. Proceso de armado: Consiste en la unión manual del perimetral y la base la cual se realiza en mesas de trabajo de 3 personas cada una. El proceso inicia con las pegadoras que le añaden cola de grado alimenticio a los perimetrales y bases para luego entregárselas a los armadores, estos con ayuda de una máquina moldeadora ejercerán presión logrando unir las bases de cartón y los perimetrales.
2. Proceso de control de calidad: De forma manual una operadora revisa los moldes verificando que cumplan el estándar de calidad de la empresa y descarta aquellos que tengan defectos.

4.1.5 Layout del área de trabajo

La empresa cuenta con áreas para cada actividad del proceso de producción. La distribución de las áreas se ubica estratégicamente para evitar demoras por transporte de material en proceso. Se cuentan con 3 almacenes: Para repuestos de máquinas, para materia prima, para producto terminado. Tres áreas de producción: Corrugado, Impresión, Rezmado, Troquelado, Armado y Calidad. A continuación se muestra el Layout del área de producción. Cabe resaltar que esta área no comprende áreas administrativas.

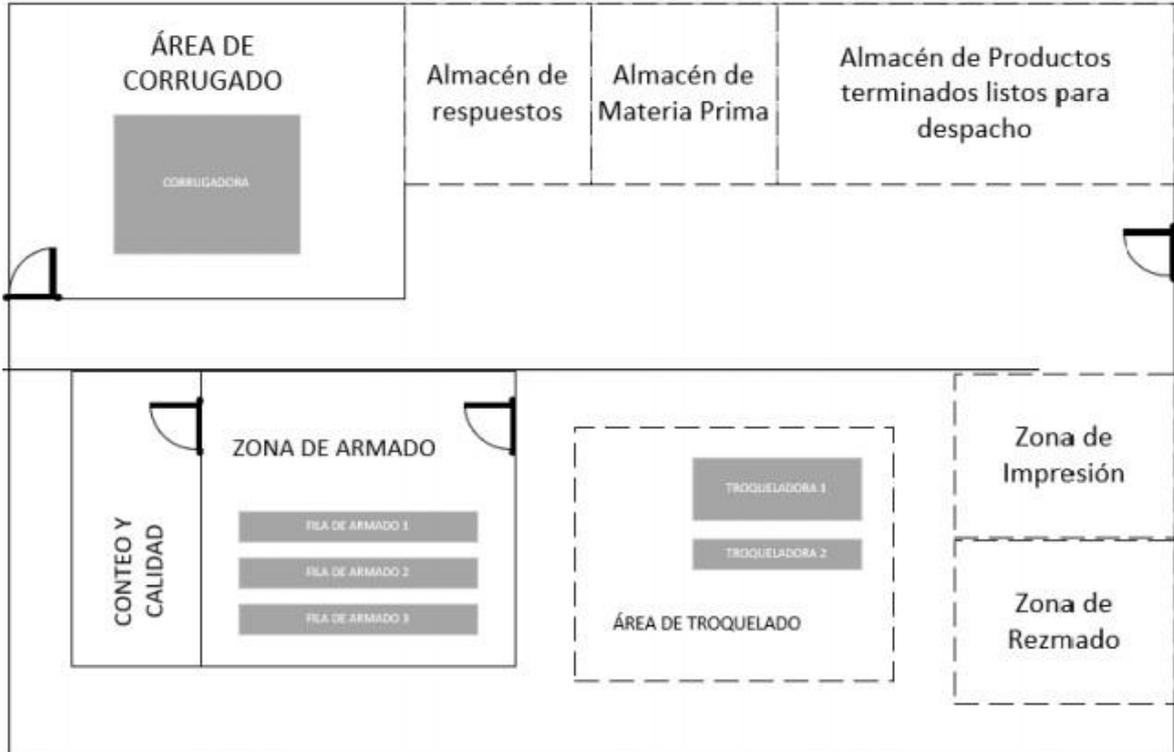


Ilustración 9: Layout del área de producción de la línea de moldes

4.2 MEDICIÓN DEL PROBLEMA

Esta etapa es clave. En primer lugar, se describen los datos disponibles actualmente y que se usaron para la obtención del OEE. Segundo, se da la toma de tiempos de datos necesarios, gerencia aprobó la toma de 25 muestras de tiempo en el proceso de producción. Se elaboró y ejecutó un plan para la toma de tiempos, con la cual se determinó distribución, varianza y tiempos estándar de cada actividad.

Finalmente, con esta información se elaboró el VSM mediante el cual se identificó el cuello de botella: El proceso de Impresión. Y el segundo cuello de botella: el proceso de Rezmado. Ambos tienen el tiempo de set up de máquinas más alto.

4.2.1 Evaluación de datos disponibles

El cálculo del OEE está a cargo de las áreas de producción y mantenimiento. Producción se encarga del Rendimiento. Al final de procesar cada bobina, y como se verá más adelante en el VSM, el supervisor de producción está obligado a realizar un reporte. Este documento contiene la hora de inicio del proceso de Impresión, hora de fin, miles de moldes producidos y a qué cliente pertenecen, moldes defectuosos, mermas e incidencias. De aquí se obtienen los siguientes datos clave:

- Horas efectivas trabajadas por día
- Producción real de la línea
- Moldes defectuosos

El reporte se entrega en físico a la jefatura de producción para su registro y a su vez se sube en el software SPEED donde se almacena digitalmente y de donde el practicante encargado de apoyo pudo consultarlos.

Adicionalmente, el área de mantenimiento aporta un reporte Mensual sobre las horas de para en la línea. Al mes, durante el segundo semestre del año, se dan en promedio 4.25 horas de para destinadas mantenimiento de averías en los equipos, Este tiempo se descuenta del tiempo de trabajo efectivo del reporte de producción. Este dato también se obtiene de los reportes subido a SPEED.

Para calcular el rendimiento se vuelve a utilizar el reporte de producción y se toman en cuenta los moldes producidos dentro del horario laboral normal (es decir, los dos turnos de 8 horas), Para realizar el cálculo, se tomó este dato y se dividió entre los pedidos del mes

4.2.2 Plan y Ejecución de Toma de Tiempos

Si bien los datos actuales son útiles para el cálculo del OEE, no sirven para determinar en qué etapas del proceso se dan las demoras y se pierde la Disponibilidad y

Rendimiento. Es por ello que se decidió solicitar una toma de datos a gerencia que sirvan para conocer realmente cuánto dura cada actividad del proceso. Gerencia aprobó la toma de 25 muestras en el proceso de fabricación de perimetrales. No se realizó una toma de datos del proceso de armado de bases de los moldes ya que es mucho más reducido, se realiza en paralelo y este proceso nunca ha tenido que realizarse fuera del horario laboral.

Con la aprobación de gerencia, se estableció un plan para la toma de tiempos:

Tabla 10: Plan de toma de datos en la línea

Fecha	Turno	Número de muestra	Procesos medidos	Encargado	Autorizado por:
1/11/2021	1	1	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
11/11/2021	2	2	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
12/11/2021	1	3	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
12/11/2021	2	4	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
15/11/2021	1	5	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
15/11/2021	2	6	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
16/11/2021	1	7	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
16/11/2021	2	8	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
17/11/2021	1	9	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
17/11/2021	2	10	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
18/11/2021	1	11	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
18/11/2021	2	12	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
19/11/2021	1	13	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
19/11/2021	2	14	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
22/11/2021	1	15	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
22/11/2021	2	16	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
23/11/2021	1	17	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
23/11/2021	2	18	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
24/11/2021	1	19	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
24/11/2021	2	20	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
25/11/2021	1	21	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
25/11/2021	2	22	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
26/11/2021	1	23	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea
26/11/2021	2	24	Todos	Roberto Ferreccio	Felipe Narrea
29/11/2021	1	25	Todos	Carlos Zumarán	Felipe Narrea

4.2.3 Prueba de Anderson-Darling a los datos.

La prueba de normalidad de Anderson - Darling es útil para conocer si un conjunto de datos muestrales proviene de una población con distribución normal. Es importante conocer la distribución para poder saber la forma de calcular los parámetros de media, desviación estándar y varianza. El tiempo estándar calculado se hizo en base a estos

parámetros, por lo que demostrar que los datos siguen una distribución normal da fiabilidad a los tiempos obtenidos.

En base a los datos tomados que tardan los procesos de Impresión, Rezmado, Troquelado, Control y Calidad, nos interesa analizar si la muestra se ajusta a una distribución normal mediante las siguientes hipótesis:

H0: Los datos se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos NO se ajustan a una distribución normal.

Tabla 11: Tiempos totales por etapa de la línea

IMPRESIÓN	REZMADO	TROQUELADO	ARMADO	CONTEO
196.55	144.97	62.92	53.17	30.76
199.01	145.31	59.36	53.21	31.16
195.18	148.71	62.37	53.27	32.27
196.57	145.85	58.39	52.56	29.79
200.92	147.79	60.80	53.34	31.22
196.67	150.11	58.94	52.39	29.86
198.92	151.27	60.56	53.44	32.14
197.52	148.71	62.06	52.93	29.98
198.79	147.20	58.49	53.46	29.46
196.97	146.68	63.32	52.67	29.34
197.82	146.66	59.60	52.49	28.79
199.92	145.44	56.78	52.10	29.15
196.59	146.51	57.24	53.46	29.16
197.95	151.97	59.95	52.38	31.35
198.31	145.21	58.70	53.03	29.04
196.92	144.15	59.94	53.16	28.20
201.20	143.53	58.97	52.89	29.89
199.61	156.08	59.93	52.92	32.18
199.22	144.28	61.79	52.90	28.25
195.00	145.31	58.30	52.57	32.70
198.41	151.37	62.99	52.02	29.71
199.21	148.95	62.85	53.15	32.13
199.73	146.64	59.03	53.02	32.53
198.34	147.95	58.48	52.94	29.39
194.65	144.42	61.31	53.28	31.23

Para poder hacer la prueba de Anderson-Darling se utilizó el software Minitab y se introdujeron los datos mostrados. Se utilizó un nivel de confianza del 95%, es decir un Alpha de 5% (0.05).

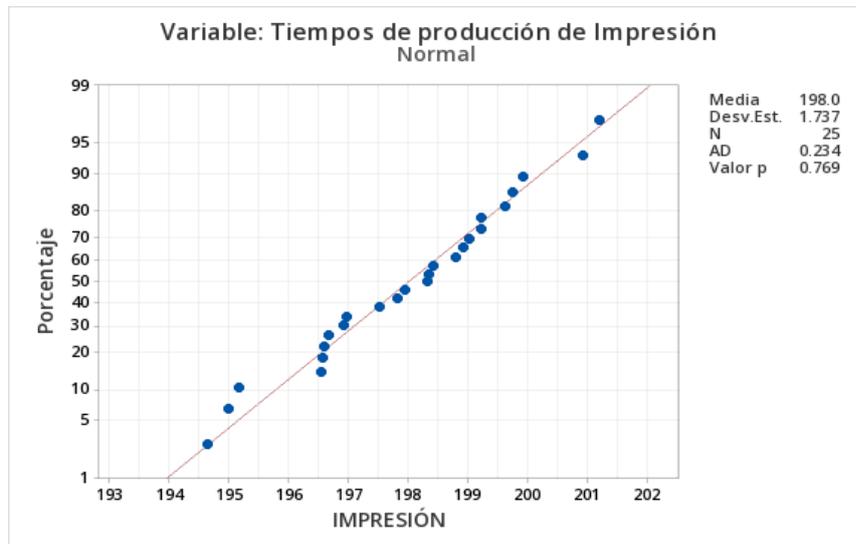


Ilustración 10: Comportamiento de tiempos de proceso de Impresión

Conclusión, ya que el Valor P es 0.769, mayor al alpha de 0.05, Esto quiere decir que no existe fundamento estadístico para validar la H1. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

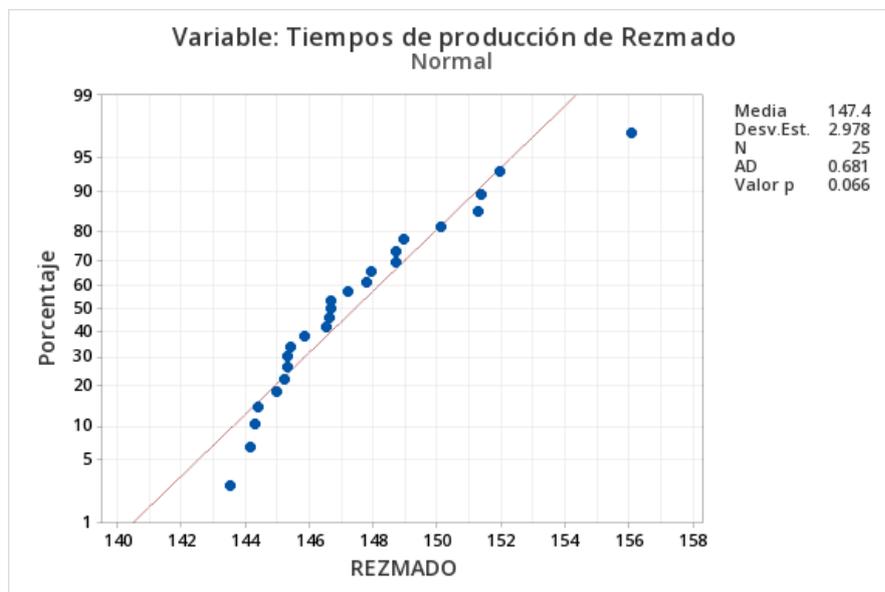


Ilustración 11: Comportamiento de tiempos de proceso de Rezmado

Conclusión, ya que el Valor P es 0.066, mayor al alpha de 0.05, Esto quiere decir que no existe fundamento estadístico para validar la H1. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

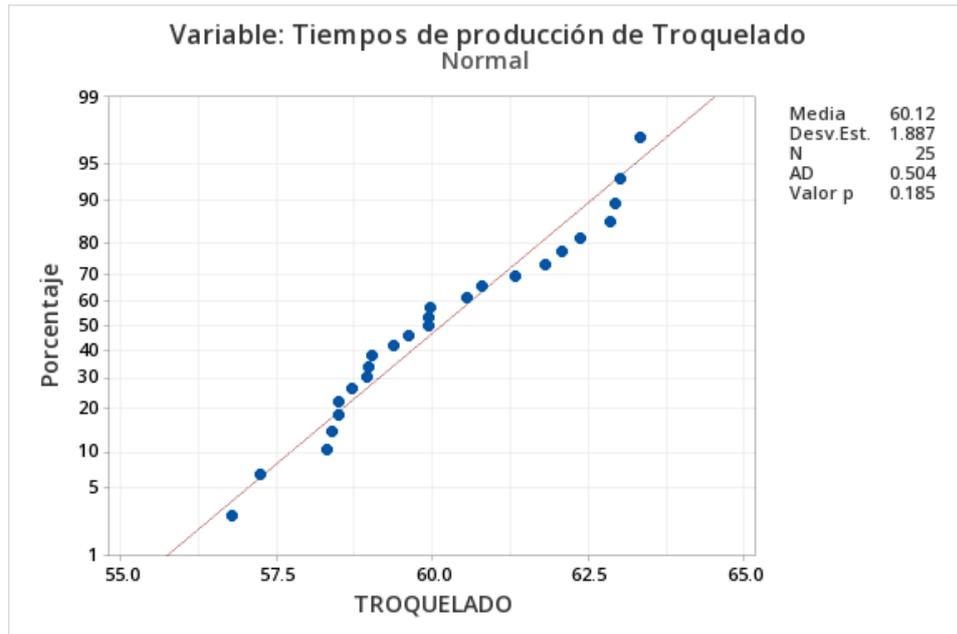


Ilustración 12: Comportamiento de tiempos de troquelado

Conclusión, ya que el Valor P es 0.185, mayor al α de 0.05, Esto quiere decir que no existe fundamento estadístico para validar la H1. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

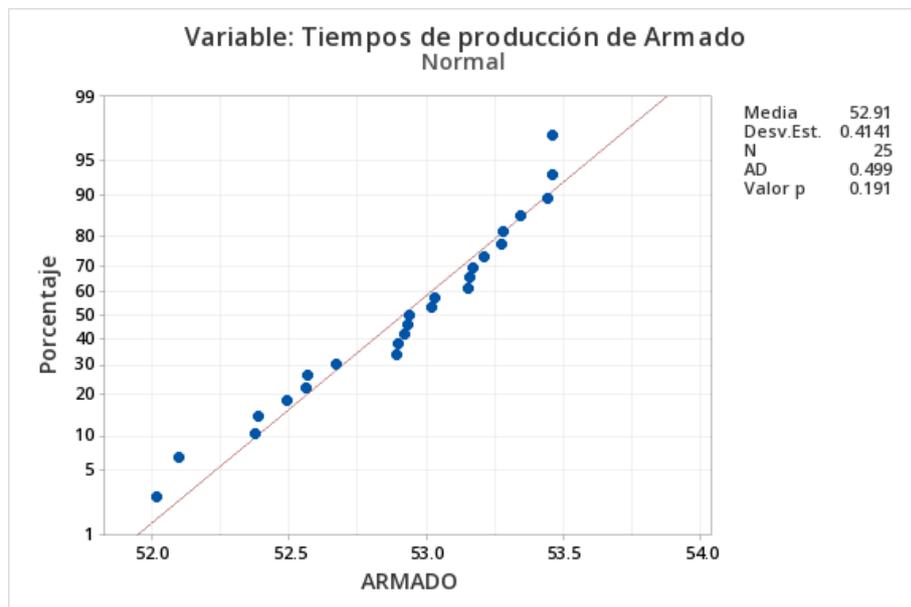


Ilustración 13: Comportamiento de tiempos de Armado

Conclusión, ya que el Valor P es 0.191, mayor al α de 0.05, Esto quiere decir que no existe fundamento estadístico para validar la H1. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

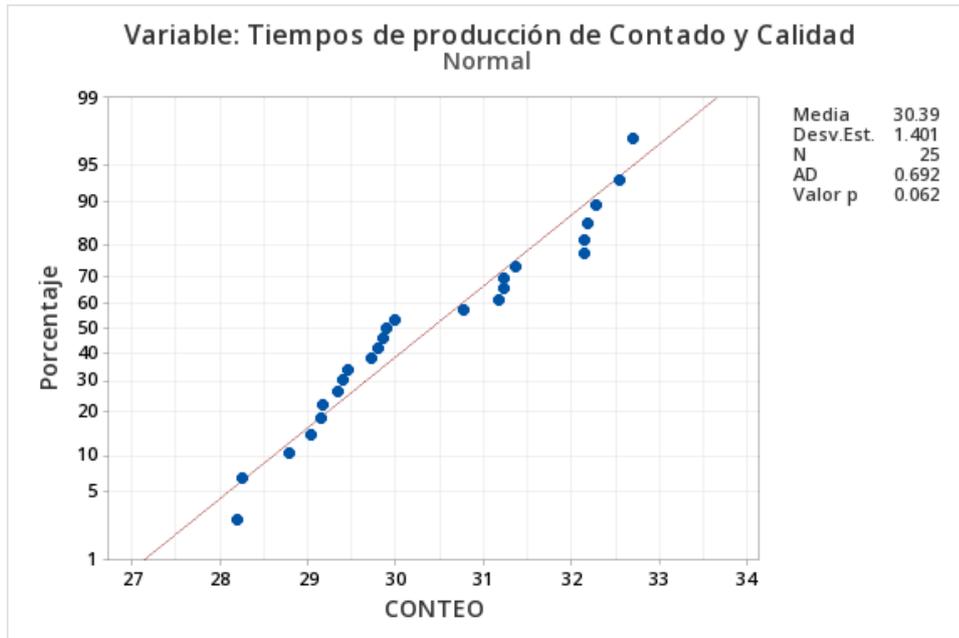


Ilustración 14: Comportamiento de tiempos de Contado y Calidad

Conclusión, ya que el Valor P es 0.062, mayor al alpha de 0.05, Esto quiere decir que no existe fundamento estadístico para validar la H1. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

4.2.4 Cálculo del tiempo estándar

Se realizó un análisis de las muestras tomadas, concluyendo que el 19.63% (102.175 minutos) de todo el tiempo que tarda procesar una bobina, es decir 8.68 horas, se dedica a la configuración de los equipos. Y que el 89.52% del tiempo de la configuración se dedica a la Impresora y la Rezmadora.

Para comenzar el análisis, se establecieron las ecuaciones para el cálculo del tiempo estándar por cada actividad:

- **Tiempo promedio:**

$$TO\ PROM: \text{Tiempo promedio de operación: } \frac{\sum \text{Tiempos recogidos en 25 muestras}}{25}$$

- **Tiempo normal:**

Utilizando un factor de ritmo de trabajo de 95 y un ritmo estándar de 100

$$TN = \text{Tiempo Normal: } TO\ PROM \times \frac{95}{100}$$

- **Tiempo de Suplementos:**

Tolerancias por suplementos concedidos. Por convención con el jefe de área de la empresa, se utilizó un factor de 13%

$$Tt = TN \times (1 + 0.13)$$

- **Frecuencia:**

Cantidad de veces que se realiza la actividad para crear una unidad de producto. Se asigna la frecuencia 1 en cada caso.

Tiempo suavizado por frecuencia

$$Ttc = Tt \times Frecuencia$$

- **Tiempo estándar de la etapa:**

Finalmente, se suman todas las actividades de la etapa del proceso para determinar su tiempo estándar.

$$TOS \text{ ETAPA: } \sum Ttc \text{ de cada actividad de cada etapa}$$

A continuación, la Tabla 11 muestra los tiempos suavizados obtenidos por cada actividad, así como los tiempos estándar de cada etapa del proceso. Ambos en minutos. Adicionalmente, se le asignó un código de colores a cada actividad el cual se explica en la tabla 9:

Tabla 12: Leyenda de tipo de actividad medida.

TRASLADO DE MATERIAL	
PREPARACIÓN DEL EQUIPO	
OPERACIÓN	

Como se observa, el tiempo total de producción de una bobina tarda 520.52 minutos, es decir 8.68 horas.

No todo se destina para producción del producto, sino también al traslado y a la configuración de la máquina. La muestra el porcentaje de tiempo por proceso que se destina a actividades que no suman valor.

Tabla 14: Distribución de los tiempos de Set Up

ETAPA DEL PROCESO	Tiempo en minutos destinado a SET UP	% del tiempo destinado a TRASLADO	% del tiempo del turno destinado a SET UP de máquina
IMPRESIÓN	62.63	2.50%	13.05%
REZMADO	28.84	2.02%	6.01%
TROQUELADO	10.71	3.01%	2.23%
ARMADO	0.00	3.75%	0.00%
CONTEO	0.00	0.00%	0.00%
TOTAL	102.17	2.40%	21.29%

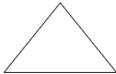
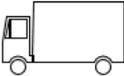
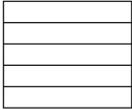
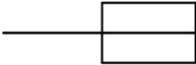
En conclusión, el tiempo del turno que se destina para la configuración de los equipos de la línea es 102.17 minutos. Es decir, el 21.29% del tiempo del turno se usa para el set up de máquinas, y el 19.63% de todo el tiempo que se tarda en procesar una bobina (8.68 horas).

4.2.5 Value Stream Mapping (VSM)

Bertolini, Massimo (2013, p. 18) establece que el VSM es una herramienta gráfica que se basa en la representación de un proceso productivo donde el objetivo es eliminar aquello que reduce la productividad del mismo. Interpretando a Khaswala, Z. N. y Irani, S.A. (2001) podemos concluir que el VSM también se refleja el flujo de información electrónica y física, flujo de material, almacenajes, tablas de tiempos de duración de las actividades y controles dentro del proceso.

El VSM elaborado abarca desde que el proveedor de papel Glassine entrega 64 bobinas de 500kg cada una de material. Cada bloque corresponde a una etapa del proceso y se le ha asignado a cada una los tiempos calculados. Para mejor comprensión, se adjunta una leyenda con la simbología empleada:

Tabla 15: Leyenda de figuras del VSM

SÍMBOLO	LEYENDA
	ALMACENES
	CLIENTES / PROVEEDORES
	TRANSPORTE DE ENVÍO
	TABLAS DE DATOS DE TIEMPO
	PROCESO
	FLUJO DE MATERIAL
	FLUJO DE INFORMACIÓN ELECTRÓNICA
	SEGMENTO DE ESCALA DE TIEMPO
	ESCALA DE TIEMPOS TOTALES
	CONTROL DE PRODUCCIÓN

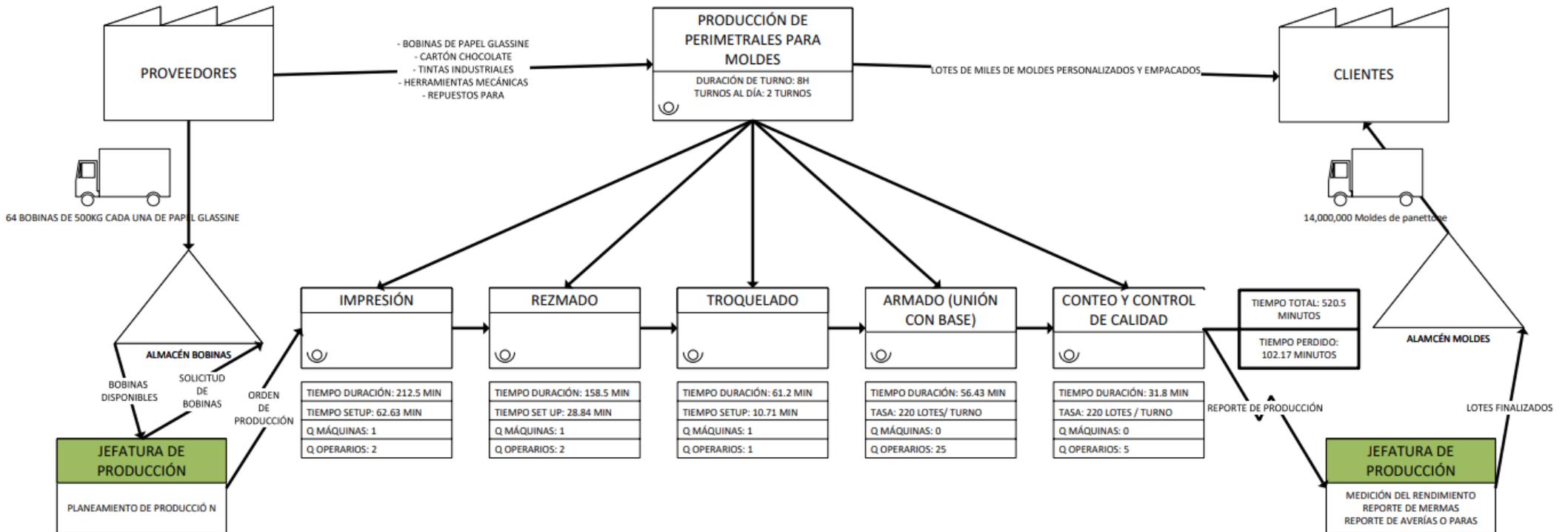


Ilustración 15: VSM de la línea de producción de moldes

Descripción del VSM:

El área Logística, por medio del almacén de bobinas (materia prima), notifica al área de Producción la llegada de estas. Producción, en base a su planeamiento, presenta la orden de producción (OP), solicita al almacén las bobinas que requiere.

La orden de producción es enviada a planta. El supervisor de planta, junto con el apoyo de sus operadores, debe recoger la bobina del almacén y llevarla hasta la Impresora, donde comienza la primera etapa del proceso.

Todo el proceso de producción de una bobina dura 520.5 minutos. Al término de este, el supervisor llena una ficha de cierre de proceso en la cual notifica a jefatura de producción los lotes de moldes producidos (miles de moldes), moldes defectuosos, cuantificación de mermas, hora de inicio y cierre del proceso para una bobina e incidencias en caso las haya.

Utilizando esta ficha, jefatura de producción realiza el cálculo del indicador de rendimiento. También notifica a almacén cuántos lotes se han finalizado y a qué pedido y cliente corresponde.

El almacén de moldes resguarda los moldes hasta que se concrete la fecha y lugar de entrega al cliente (a cargo de ventas). Es un proceso Make To Order, por lo que no se almacenan los moldes por mucho tiempo, no se aplica ningún sistema de inventario (FIFO, LIFO).

El VSM fue sumamente útil para identificar el cuello de botella del proceso de: la etapa de Impresión. Dura 212.5 minutos, aproximadamente 40% de todo el tiempo que dura el proceso se centra en esta parte. La segunda etapa que abarca más tiempo es Rezmado, dura 158.5 minutos y aproximadamente el 30% del tiempo. Solo tres etapas muestran tiempo de set up de equipos: Impresión, Rezmado y Troquelado. Impresión y Rezmado presentan los tiempos más altos: 62.63 minutos y 28.84 minutos respectivamente, lo cual contribuye a su alto tiempo de duración.

El Análisis y posterior mejora debe centrarse en estas dos etapas para asegurar que las mejoras a implementar se van a reflejar en un incremento significativo del rendimiento y disponibilidad de los equipos.

4.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Como se pudo observar en la etapa de Definir. Los sobrecostos se deben al bajo rendimiento del OEE, y se debe a que la disponibilidad de la línea es baja

Para poder conocer a detalle las razones, se realizó la toma de 25 muestras de tiempo para cada actividad del proceso y se calculó su tiempo estándar, lo cual resultó en la elaboración del VSM y la identificación del cuello de botella: Impresión. No solo eso, sino que los tiempos de set up de los equipos es muy elevado.

En este paso, se elaboran los diagramas de Ishikawa para la Disponibilidad en busca de los principales motivos de su bajo performance. Luego, en función a los motivos encontrados, se identificará el 20% de los motivos principales utilizando Pareto.

4.3.1 Diagrama de Ishikawa

Para concretar el análisis, se dieron varias reuniones entre el jefe de producción, el supervisor y el practicante. En esas reuniones, se anotaron todos los acontecimientos que pudieran reducir la disponibilidad del equipo durante el mes de noviembre del 2021. Se utilizaron los tiempos registrados tras la toma de las 25 muestras.

Todos los acontecimientos que impactan y reducen la Disponibilidad de los equipos se enlistaron en un diagrama de Ishikawa. Aprobado por el jefe de producción, el diagrama nos da una idea más clara de los motivos del problema. Para ello, utilizando los registros que tiene el área de mantenimiento sobre las averías y el mantenimiento realizado a los equipos, los tiempos de set up tomados para la Impresora, Rezmadora y Troqueladora, tiempos de traslado de materiales, tiempos de espera de la línea, tiempo perdido por no encontrar repuestos a una máquina. Incluso se consideraron las demoras de los operarios por medio del registro de tardanzas proporcionado por RRHH.

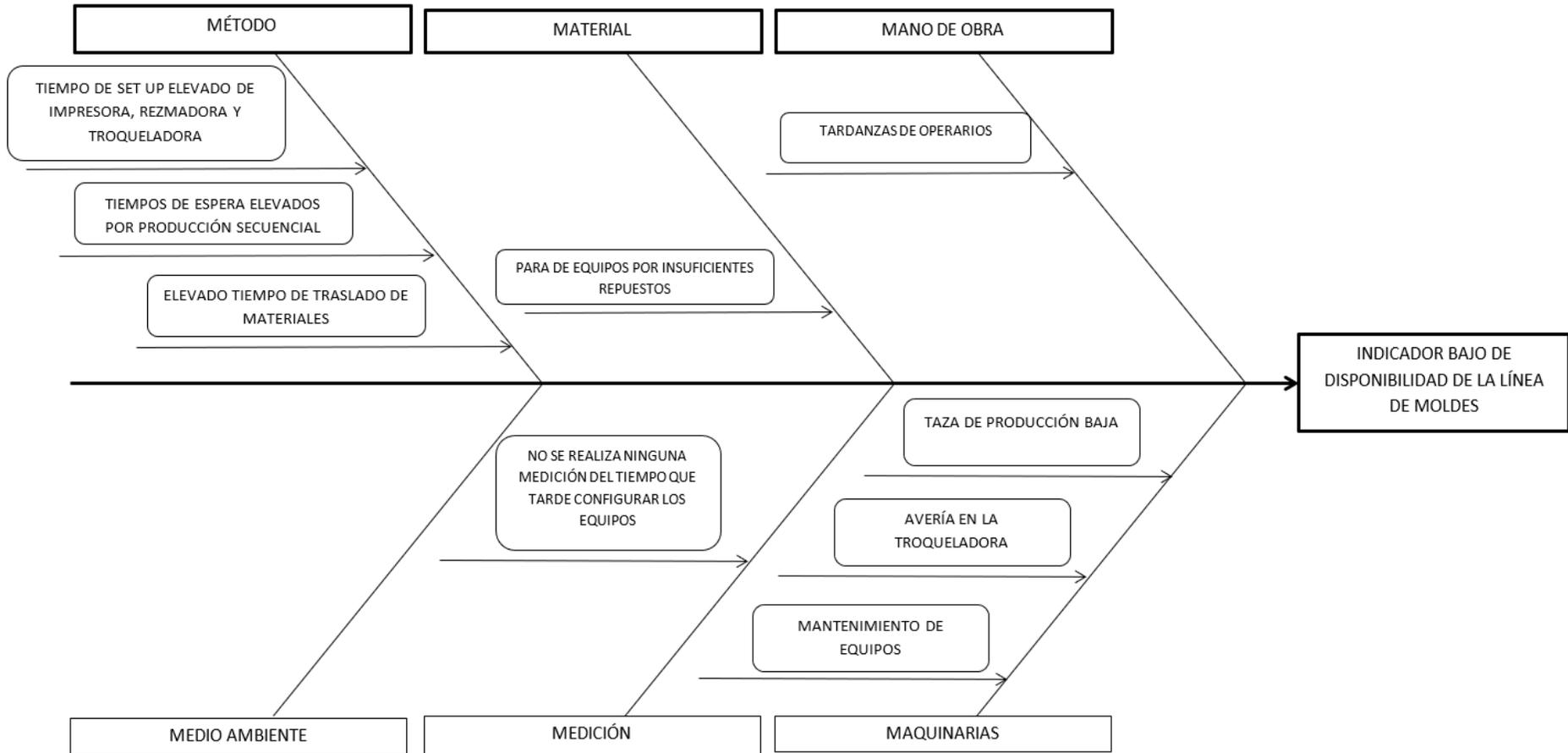


Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa de la baja Disponibilidad de la línea

El detalle de cada motivo a continuación:

- Elevado tiempo de configuración de equipo: Se utiliza el tiempo estándar calculado por actividad para las tres etapas del proceso que utilizan maquinaria: Impresión, Rezmado y Troquelado.
- Tiempos de espera por Producción secuencial: La línea no produce continuamente, una vez que la bobina pasa por la Impresora, Rezmadora y Troqueladora, estos equipos se mantienen inoperativos hasta que se termine de armar y contar el último molde. Para calcular el tiempo perdido, se utilizó el tiempo estándar de los procesos que no utilizan maquinaria: Armado, Conteo y Calidad. Ya que durante estos procesos, las máquinas permanecen sin trabajar. Esto pasa dos veces al día (dos turnos) y 22 días laborales al mes.
- Equipos antiguos con baja tasa de producción: Por diseño de máquina según el encargado de mantenimiento de los equipos. El cálculo será el tiempo actual restando el tiempo ideal que debe tardar por diseño. Los tiempos deberían tardar los tres equipos para procesar la bobina son:
 - Impresión: 140 minutos
 - Rezmado: 120 minutos
 - Troquelado: 45 minutos
- Falta de equipos por insuficientes repuestos: Por desbaste de algún elemento mecánico se tiene que parar la línea, esto sucedió en la Troqueladora. Se lo consideró aparte del tiempo que tardó repararla una vez conseguido el elemento faltante.
- Tardanzas de operarios: La línea no puede arrancar sin ellos, el tiempo aproximado del total de tardanzas la proporcionó RRHH.
- Mantenimiento de equipos: Solo existe mantenimiento correctivo, se consideró el tiempo que se tardó en reparar la Troqueladora y en una ocasión ajustar la cuchilla de la Rezmadora.
- Traslado de materiales: Utilizando la toma de 25 muestras de tiempo, se cuantificó el total de tiempo que se pierde en el traslado de los materiales.

4.3.2 Diagrama de Pareto para la baja Disponibilidad de la Línea

Una vez claros los motivos, se necesita cuantificarlos. Para ello, utilizando los mismos registros proporcionados por las áreas correspondientes, se armó un diagrama de Pareto. El objetivo es descubrir el 20% de todas las causas que ocasionan el 80% de problemas.

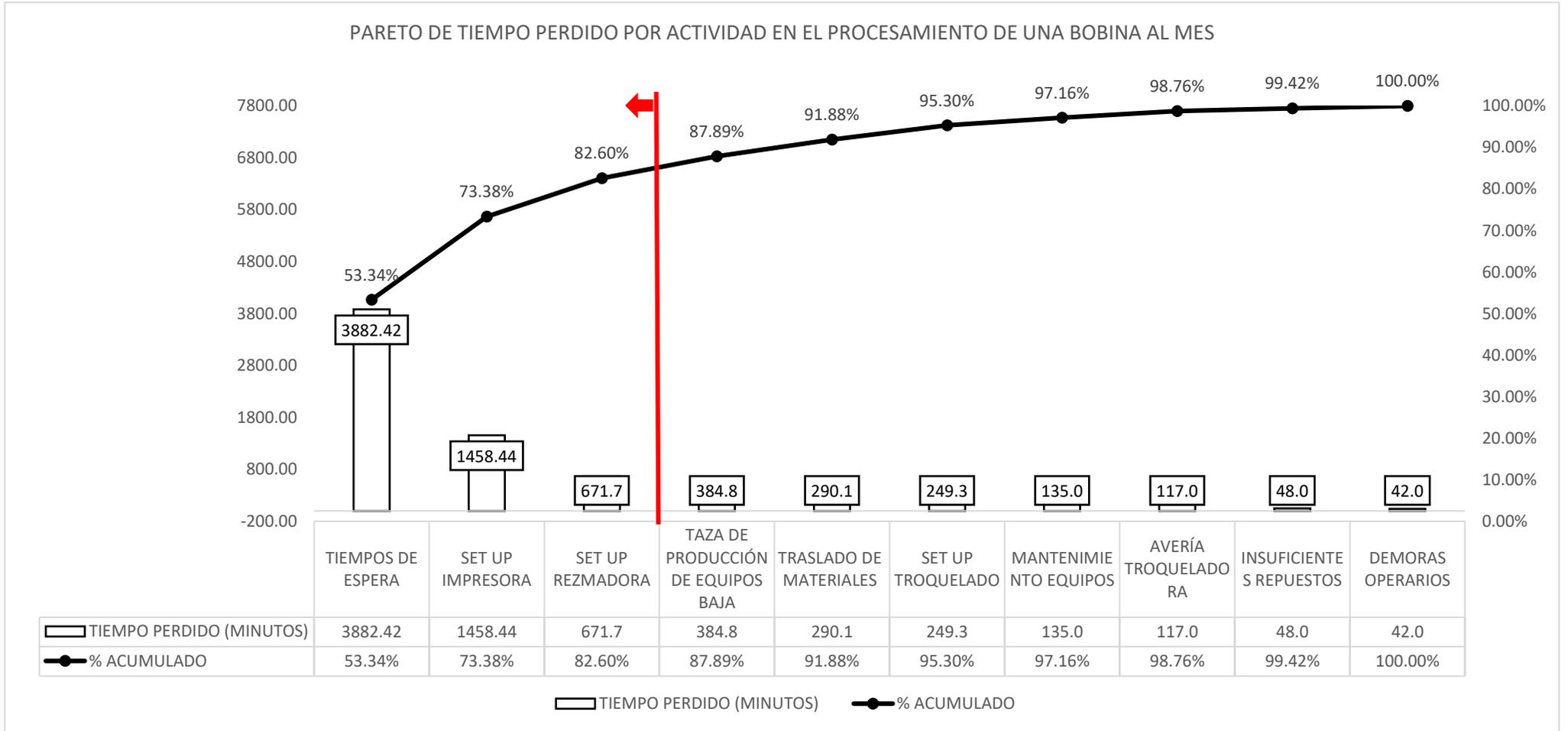


Ilustración 17: Diagrama de Pareto de la baja Disponibilidad de la línea

El Pareto muestra que el tiempo se pierde mientras que la maquinaria está parada y los sets up de la impresora y la rezmadora son las principales causas de que la producción dentro del horario laboral normal sea tan baja. Si bien las 3 causas superan el 80% (son el 82.60%), se consideraron todas para el planeamiento de soluciones por acuerdo del equipo.

4.3.3 Análisis por sobrecosto

Un punto importante para tener presente es que una vez que los equipos dejan de producir, se mantienen esperando la siguiente orden la cual se ejecuta cuando termina la última etapa del proceso, esto para evitar confusiones entre órdenes. Si bien es prioridad poder reducir todo el sobrecosto al máximo, también es necesario tener en cuenta que el mayor sobrecosto se concentra en el consumo energético fuera en horas extra:

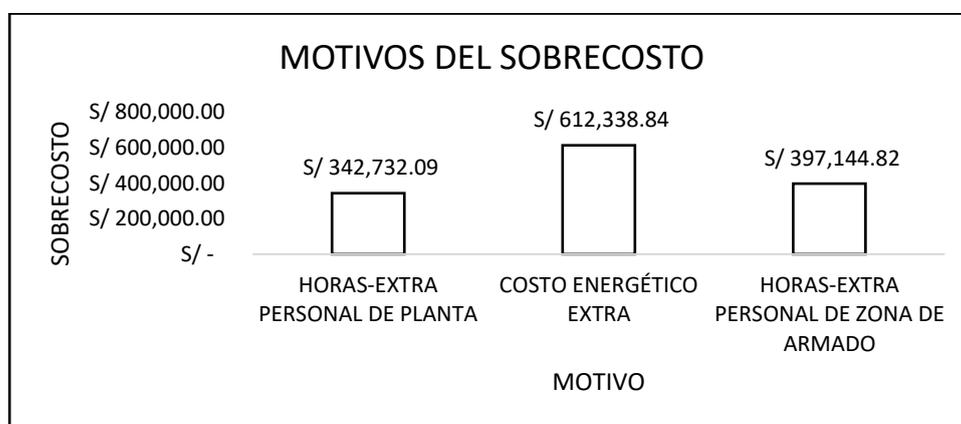


Ilustración 18: Motivos del sobrecosto de producción

Sin embargo, esta visión del problema es engañosa, ya que el costo energético no contempla el personal de planta, y no puede funcionar sin este. Siempre que la línea de producción está activa, tiene que estar el personal de planta así sea fuera de horario. Por lo que la gráfica real sería de esta manera:

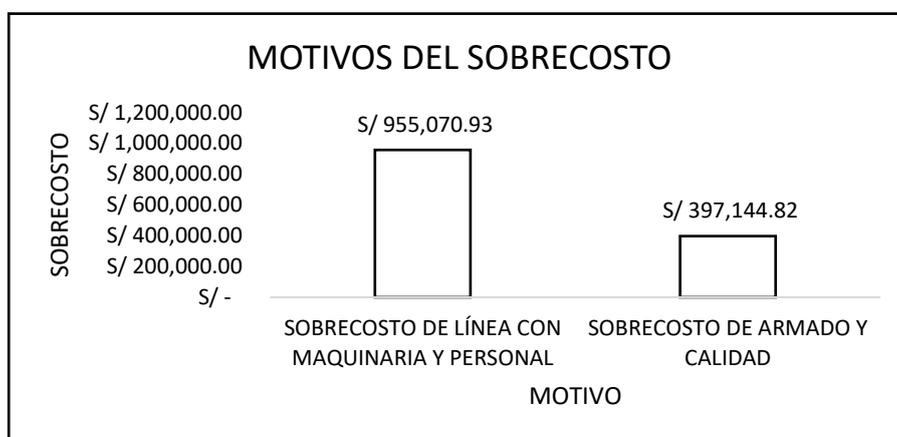


Ilustración 19: Motivos del sobrecosto ajustado

En vista de estos datos, se concluye que es más urgente evitar los sobrecostos por la línea de producción que incluye maquinaria, ya que representa el mayor gasto.

Como solución, el área de producción sugirió también que la producción de moldes sea continua. Es decir, que las máquinas no se detengan a esperar que se termine de pasar control a una orden, sino que continúen con la siguiente tan pronto puedan.

4.4 Mejora del proceso

En vista que el origen del problema se centra en los tiempos de configuración de los equipos, se realizó una breve investigación sobre casos de estudio parecidos. Como resultado, y en conjunto con el jefe de producción y aprobado por el gerente de operaciones, se decidió utilizar la metodología SMED.

Single Minute Exchange Of Die (SMED) es una herramienta Lean Manufacturing la cual busca reducir los tiempos de configuración de cualquier equipo. Siguiendo la filosofía Lean de la producción sin desperdicios ni tiempos muertos. El uso de la metodología se centra en convertir actividades internas en externas. Una operación interna es aquella que solo puede ser utilizada mientras la máquina esté detenida. Y externa, es aquella que puede realizarse mientras la máquina esté en operación. El autor Lozano et al. (2019) el funcionamiento de esta herramienta se basa en 5 etapas. Para adaptar la metodología al caso de estudio, se trabajarán las siguientes etapas:

- Primera etapa: Análisis detallado de las actividades de configuración del equipo: la secuencia que siguen y el tiempo que toma cada una.
- Segunda etapa: Clasificar actividades internas, externas y no necesarias,
- Tercera etapa: Convertir actividades internas a externas.
- Cuarta etapa: Perfeccionar actividades internas restantes.

Se desarrollarán 2 SMED, uno para la máquina Impresora y otro para la Máquina Rezmadora.

4.4.1 Aplicación de SMED para máquina Impresora

- Primera etapa: Se definen las subactividades que se realizan en cada actividad de set up mostrado en la Tabla 10. Estas subactividades son cada tarea específica que se realiza para llevar a cabo el set up, y tienen un tiempo asociado. Finalmente, la ilustración 22 muestra la secuencia que siguen las subactividades.

Tabla 16: Tiempo por actividad del set up de la impresora

Actividad	Sub-Actividad	Tiempo antes de SMED	Tiempo total por actividad
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA IMPRESORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico utilizando la estoca	1.74	8.71
	Limpieza de los ejes para no manchar el papel de la bobina	3.49	
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	0.87	
	Un operario quita el seguro al eje	1.05	
	Otros dos operarios empujan la bobina dentro del eje	1.57	
CENTRADO DEL LÁSER SEGÚN DISEÑO DEL CLIENTE	En base a la especificación del cliente en la OP, el supervisor indica la distancia respecto al centro a la cual debe estar el láser	0.74	7.43
	Se buscan los elementos para la medición de la posición del láser	4.46	
	Posicionamiento del láser de impresión	2.23	
AJUSTE DE LA BOBINA EN EL EJE	Un operario se dirige a mantenimiento a solicitar las llaves para poder realizar los ajustes	8.46	14.09
	Ajuste del seguro derecho de la bobina dentro del eje	2.54	
	Ajuste del seguro izquierdo de la bobina dentro del eje	3.10	
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA IMPRESORA	Un operario busca las llaves para asegurar el eje en la impresora	8.14	16.29
	Asegurar el extremo derecho	2.44	
	Asegurar el extremo izquierdo	2.93	
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	2.77	
ASEGURAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL PAPEL	Un operario busca las llaves para asegurar el eje de la salida	3.22	16.10
	Limpieza de los ejes de salida para evitar ensuciar el papel impreso	4.83	
	Asegurar el eje extremo derecho	2.25	
	Asegurar el eje extremo izquierdo	2.90	
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	2.90	

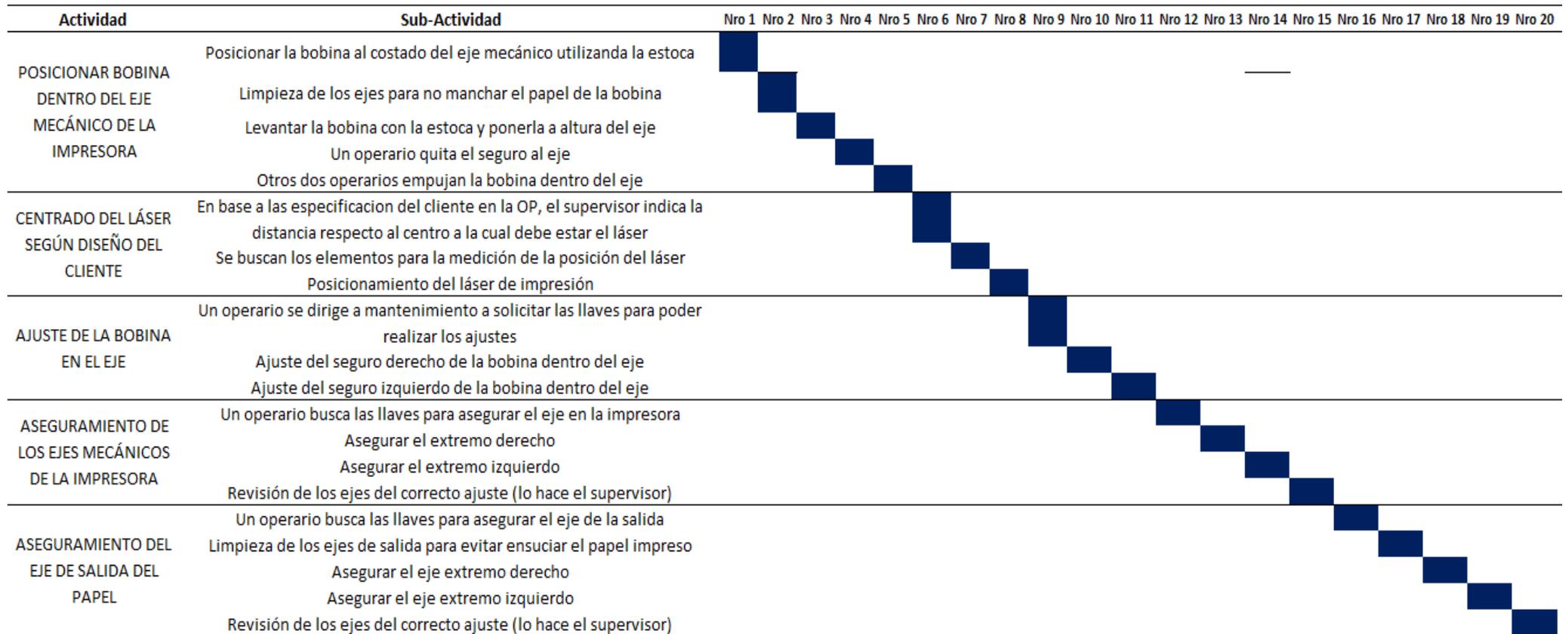


Ilustración 20: Secuencia inicial set up de Impresora

- Segunda etapa: Clasificar cada una de las subactividades en externas o internas. Esta parte es muy breve, ya que básicamente todas las actividades son externas, es decir, se realizan con el equipo puesto en marcha.

Tabla 17: Clasificación de actividades de set up de Impresora en situación actual.

Actividad	Sub-Actividad	Tipo de actividad
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA IMPRESORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico utilizando la estoca	Externa
	Limpieza de los ejes para no manchar el papel de la bobina	Externa
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	Externa
	Un operario quita el seguro al eje	Externa
	Otros dos operarios empujan la bobina dentro del eje	Externa
CENTRADO DEL LÁSER SEGÚN DISEÑO DEL CLIENTE	En base a la especificación del cliente en la OP, el supervisor indica la distancia respecto al centro a la cual debe estar el láser	Externa
	Se buscan los elementos para la medición de la posición del láser	Externa
	Posicionamiento del láser de impresión	Externa
AJUSTE DE LA BOBINA EN EL EJE	Un operario se dirige a mantenimiento a solicitar las llaves para poder realizar los ajustes	Externa
	Ajuste del seguro derecho de la bobina dentro del eje	Externa
	Ajuste del seguro izquierdo de la bobina dentro del eje	Externa
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA IMPRESORA	Un operario busca las llaves para asegurar el eje en la impresora	Externa
	Asegurar el extremo derecho	Externa
	Asegurar el extremo izquierdo	Externa
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	Externa
ASEGURAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL PAPEL	Un operario busca las llaves para asegurar el eje de la salida	Externa
	Limpieza de los ejes de salida para evitar ensuciar el papel impreso	Externa
	Asegurar el eje extremo derecho	Externa
	Asegurar el eje extremo izquierdo	Externa
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	Externa

- Tercera etapa: Revisando el listado de subactividades, y en asesoría con el supervisor y el jefe de producción, se recategorizaron los tipos de cada tarea. En esta etapa es clave el juicio experto del supervisor ya que es quien conoce las capacidad y tareas a la perfección.

Tabla 18: Clasificación de actividad de set up de Impresora según SMED

Actividad	Sub-Actividad	Tipo de actividad	Tipo de actividad según SMED
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA IMPRESORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico utilizando la estoca	Externa	Interna
	Limpieza de los ejes para no manchar el papel de la bobina	Externa	Interna
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	Externa	Interna
	Un operario quita el seguro al eje	Externa	Interna
	Otros dos operarios empujan la bobina dentro del eje	Externa	Interna
CENTRADO DEL LÁSER SEGÚN DISEÑO DEL CLIENTE	En base a la especificación del cliente en la OP, el supervisor indica la distancia respecto al centro a la cual debe estar el láser	Externa	Externa
	Se buscan los elementos para la medición de la posición del láser	Externa	Interna
	Posicionamiento del láser de impresión	Externa	Interna
AJUSTE DE LA BOBINA EN EL EJE	Un operario se dirige a mantenimiento a solicitar las llaves para poder realizar los ajustes	Externa	Interna
	Ajuste del seguro derecho de la bobina dentro del eje	Externa	Externa
	Ajuste del seguro izquierdo de la bobina dentro del eje	Externa	Externa
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA IMPRESORA	Un operario busca las llaves para asegurar el eje en la impresora	Externa	Interna
	Asegurar el extremo derecho	Externa	Externa
	Asegurar el extremo izquierdo	Externa	Externa
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	Externa	Externa
ASEGURAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL PAPEL	Un operario busca las llaves para asegurar el eje de la salida	Externa	Interna
	Limpieza de los ejes de salida para evitar ensuciar el papel impreso	Externa	Interna
	Asegurar el eje extremo derecho	Externa	Externa
	Asegurar el eje extremo izquierdo	Externa	Externa
	Revisión de los ejes del correcto ajuste (lo hace el supervisor)	Externa	Externa

- Cuarta etapa: En esta etapa se perfeccionan o eliminan las actividades internas. Luego de haber realizado las 3 primeras etapas, se reorganiza la secuencia de actividades separando aquellas que son calificadas como internas y que son las de mayor duración. La siguiente Ilustración muestra esta nueva secuencia, se pintaron de rojo aquellas actividades internas y de azul las que se mantienen en externas.

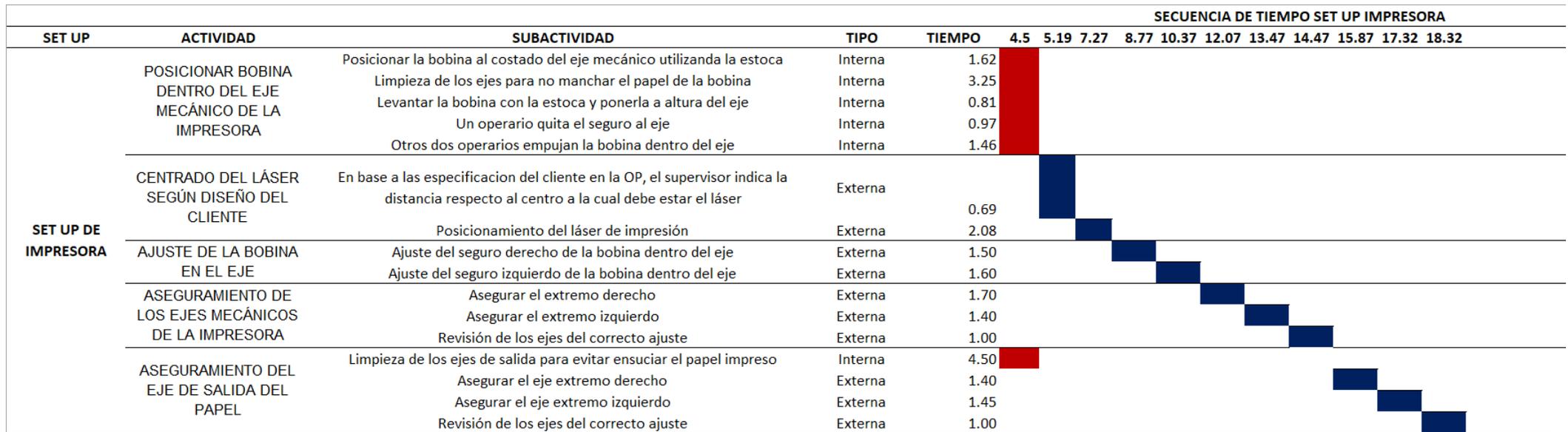


Ilustración 21: Nueva secuencia de tiempos de setup de Impresora con SMED

Como se observa, se eliminaron las actividades de buscar las herramientas necesarias para ajustar y asegurar los ejes, la bobina al eje, y los ejes de salidas. Como se mencionó en el capítulo 4.3 Análisis, las herramientas le pertenecen al área de Mantenimiento que las usa para otras tareas y no tienen un lugar establecido. La solución propuesta y aprobada por el jefe de producción es armar maletines de herramientas para cada una de las tareas:

- Maletín 1: Herramientas para asegurar ejes de la impresora y asegurar la bobina
- Maletín 2: Herramientas para asegurar los ejes de salida
- Maletín 3: Elementos de medición para el centrado del láser

Cada herramienta fue rotulada con su Maletín correspondiente a cada uno se le designó un lugar en la oficina de producción. Adicionalmente a ello, se realizó un procedimiento estándar el cual indica que cada herramienta que se utilice debe ser devuelta al maletín y el maletín devuelto a la oficina siempre que se termine la tarea.

Asimismo, en la etapa inicial, se pudo apreciar que los tiempos para ajustar y asegurar los ejes mecánicos era demasiado alto. Para ello, en conjunto con los técnicos de mantenimiento quienes dominan más las herramientas, se hizo otro procedimiento para el correcto empleo de estas y también para que los mismos operarios sepan verificar que sus ejes están bien ajustados (en lugar de hacer el supervisor).

Como resultado de la implementación, se tiene que:

Tabla 19: Reducción del tiempo del set up de la impresora

	Antes de SMED	Después de SMED	Reducción
Set Up Impresora	62.63	18.32	70.75%

4.4.2 Aplicación de SMED para la máquina Rezmadora

- Primera etapa: Se definen las subactividades que comprende cada actividad del set up de la Rezmadora. Se asocian los tiempos, la secuencia de las actividades y se obtienen la siguiente tabla y el siguiente diagrama:

Tabla 20: Tiempos por cada subactividad del set up de la Rezmadora

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDAD	Tiempo	Tiempo total
	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico de Rezmadora	1.63	
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	1.09	5.43
	Un operario quita el seguro al eje de la Rezmadora	0.81	
	Dos operarios sostienen y empujan la bobina dentro del eje	1.09	
	Quitar el seguro de la cuchilla	0.81	
CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	Centrado de cuchilla según los requerimientos del tamaño del cliente	5.75	7.19
	Asegurar la cuchilla	1.44	
	Operario busca las herramientas para los ejes	6.49	
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	Ajustar eje derecho de bobina	1.79	16.23
	Ajustar eje izquierdo de bobina	1.95	
	Asegurar eje derecho	2.92	
	Asegurar eje izquierdo	1.95	
	Revisión de aseguramiento de ejes	1.14	

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDAD	Nro 1	Nro 2	Nro 3	Nro 4	Nro 5	Nro 6	Nro 7	Nro 8	Nro 9	Nro 10	Nro 11	Nro 12	Nro 13
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico de Rezmadora	■												
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje		■											
	Un operario quita el seguro al eje de la Rezmadora			■										
	Dos operarios sostienen y empujan la bobina dentro del eje				■									
CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	Quitar el seguro de la cuchilla					■								
	Centrado de cuchilla según los requerimientos del tamaño del cliente						■							
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	Asegurar la cuchilla							■						
	Operario busca las herramientas para los ejes								■					
	Ajustar eje derecho de bobina									■				
	Ajustar eje izquierdo de bobina										■			
	Asegurar eje derecho											■		
	Asegurar eje izquierdo												■	
Revisión de aseguramiento de ejes													■	

Ilustración 22: Secuencia inicial del set up de la Rezmadora

- Segunda etapa: Se clasifican las subactividades en externas o internas. Inicialmente todas se dan durante el equipo está en funcionamiento, es decir, en externa. Por lo que todas las subactividades son externas:

Tabla 21: Tipos de actividad de set up de rezmadora

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDAD	Tipo de Actividad
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico de Rezmadora	Externa
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	Externa
	Un operario quita el seguro al eje de la Rezmadora	Externa
	Dos operarios sostienen y empujan la bobina dentro del eje	Externa
	Quitar el seguro de la cuchilla	Externa
CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	Centrado de cuchilla según los requerimientos del tamaño del cliente	Externa
	Asegurar la cuchilla	Externa
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	Operario busca las herramientas para los ejes	Externa
	Ajustar eje derecho de bobina	Externa
	Ajustar eje izquierdo de bobina	Externa
	Asegurar eje derecho	Externa
	Asegurar eje izquierdo	Externa
	Revisión de aseguramiento de ejes	Externa

- Tercera etapa: Junto con el jefe de producción y el supervisor, se definen qué subactividades deben ser externas e internas. Al igual que en la primera etapa, se apoyó mucho en el juicio experto del supervisor. Finalmente, la nueva distribución es:

Tabla 22: Recategorización de actividades del set up de Rezmadora

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDAD	Tipo de Actividad	Tipo de Actividad según SMED
POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	Posicionar la bobina al costado del eje mecánico de Rezmadora	Externa	Interna
	Levantar la bobina con la estoca y ponerla a altura del eje	Externa	Interna
	Un operario quita el seguro al eje de la Rezmadora	Externa	Interna
	Dos operarios sostienen y empujan la bobina dentro del eje	Externa	Interna
	Quitar el seguro de la cuchilla	Externa	Interna
CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	Centrado de cuchilla según los requerimientos del tamaño del cliente	Externa	Interna
	Asegurar la cuchilla	Externa	Interna
ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	Operario busca las herramientas para los ejes	Externa	Interna
	Ajustar eje derecho de bobina	Externa	Externa
	Ajustar eje izquierdo de bobina	Externa	Externa
	Asegurar eje derecho	Externa	Externa
	Asegurar eje izquierdo	Externa	Externa
	Revisión de aseguramiento de ejes	Externa	Externa

Al igual que en la impresora, se puede colocar la bobina en los ejes sin necesidad de ajustarla ni centrarla. Con solo avanzar esa parte ya se ha completado más de un tercio del set up del equipo, sin tener que prenderlo. Ajustar la cuchilla para que la rezmadora corte según el tamaño de moldes que quiere el cliente también se puede trabajar como interna. Para esto, se necesita la información que viene en la hoja de la OP que emite la jefatura de producción. Solo con esta hoja ya se puede centrar la cuchilla, no es necesario esperar a que se de todo el proceso de impresión. La tercera subactividad interna de buscar herramientas debe ser eliminada.

Los procedimientos para justar y verificar el correcto ajuste de los ejes ayudan a los operarios a manejar mejor y más rápido las herramientas. Los tiempos de ajuste se reducen notablemente. Los nuevos tiempos para cada ajuste, así como la secuencia del set up trabajado con Lean se muestra a continuación.



Ilustración 23: Nueva secuencia y tiempos de set up de Rezmadora después de SMED

Al igual que para Impresora, se adquirió un maletín con las herramientas necesarias para los ajustes:

- Maletín 4: Herramientas para el ajuste de los ejes de la bobina y de la Rezmadora.

En rojo se pintan las nuevas subactividades Internas, y se mantienen en azul las que siguen en externas. Asimismo, el comparativo de tiempos entre actividades externas e internas se da de la siguiente manera:

Tabla 23: Reducción del tiempo de setup para Rezmadora

	Antes de SMED	Después de SMED	Reducción
Set Up Rezmadora	28.84	10.74	62.77%

4.4.3 Rediseño de la línea de producción

Esta tercera solución es una propuesta del área de producción y se basa en que las etapas de Armado y Calidad pueden llevarse a cabo sin la necesidad de que los equipos estén operativos. Es decir, pasarían a ser procesos alternos los cuales no dependerán de la producción inmediata de las máquinas:

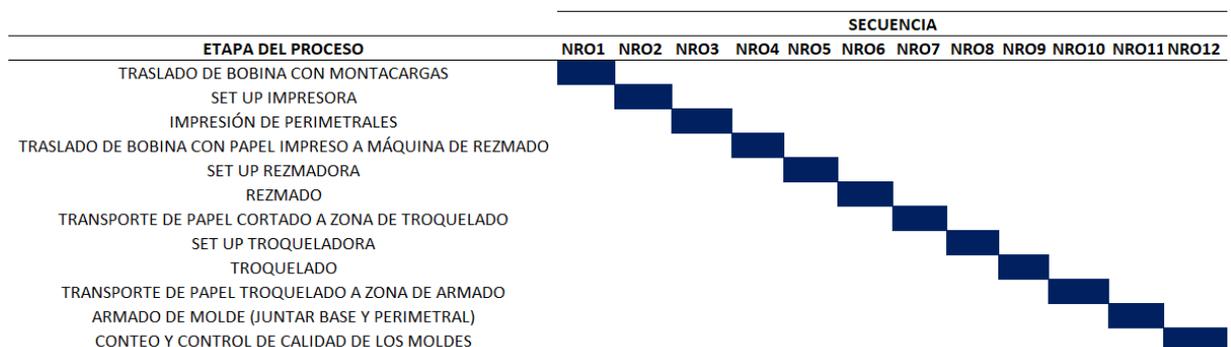


Ilustración 24: Secuencia actual del armado de moldes

Durante una reunión del equipo encargado del proyecto, el supervisor sugirió la idea de separar Armado y Calidad. Estos dos procesos se realizarían de forma continua todo el día y en paralelo con la línea principal (que incluye los equipos)

La lógica es que las máquinas no dejen de procesar producto en ningún momento y poder elevar la tasa de producción de bobinas de 2 al día a 3 al día. La nueva secuencia del proceso se daría de esta manera:

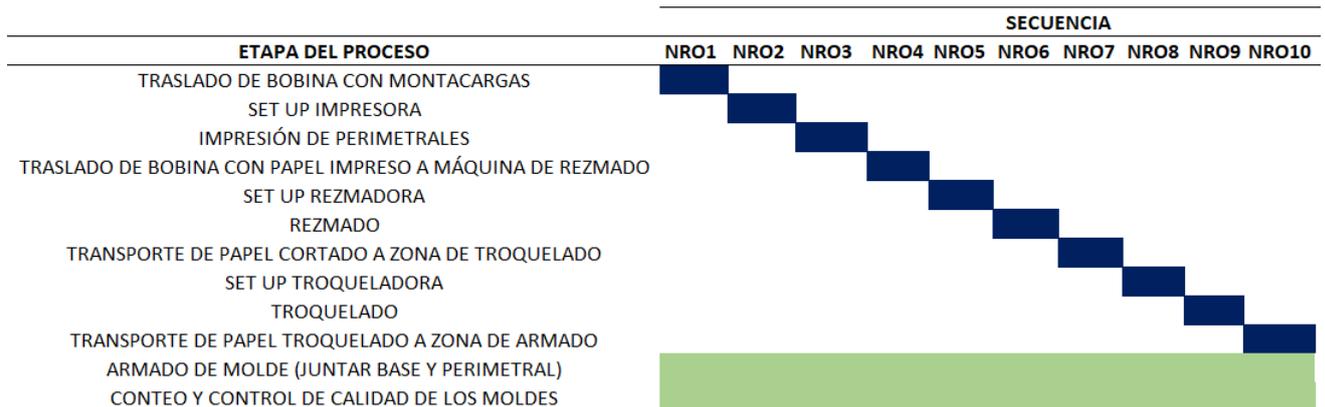


Ilustración 25: Nueva secuencia del armado de moldes

4.4.4 Resultados de las mejoras

Como resultado global, se logró reducir de 91.47 minutos por turno a 29.06 minutos por turno, es decir, un 68.23%.

Tabla 24: Reducción del tiempo de set up total

PROCESO	TIEMPO ANTES DE SMED (MIN)	TIEMPO DESPUÉS DE SMED (MIN)	REDUCCIÓN
SET UP IMPRESORA	62.63	18.32	70.75%
SET UP REZMADORA	28.84	10.74	62.77%
TOTAL	91.47	29.06	68.23%

Con esta mejora gracias al SMED y a eliminar los tiempos de espera, la Disponibilidad de la línea se incrementó hasta alcanzar un 90.51%, recordando que antes de la implementación marcaba 59.12 %.

Tabla 25: OEE después de la mejora

DISPONIBILIDAD	
Días laborales promedio al mes	22
Horas por turno (2 turnos por día)	16
Horas Disponibles al mes	352
Horas trabajadas y registradas al mes	319
Disponibilidad	90.51%

Asimismo, se realizó el cuadro comparativo para poder tener mejor visión sobre el impacto de cada solución.

Tabla 26: Comparativa de soluciones

CRITERIO	SIN MEJORAS	CON SMED	CON REORGANIZACIÓN DE LA LÍNEA	CON AMBAS SOLUCIONES
DURACIÓN DEL PROCESAMIENTO DE UNA BOBINA	8.68	7.64	6.68	6.12
REDUCCIÓN DEL TIEMPO BOBINAS PROCESADAS AL DÍA	1.84	2.10	2.40	2.61
		11.99%	23.00%	29.46%

Combinando ambas soluciones la tasa de producción de bobinas por día (es decir, dos turnos de 8 horas cada uno) es 2.61. Antes de las mejoras se producía 1.84 bobinas en ambos turnos, obligando excesivamente al trabajo extra. Durante el mes de diciembre se llevó a cabo el plan de mejoras. Combinando ambas soluciones y logrando una tasa de rendimiento de 2.61 bobinas al día, solo se necesitaron 48 horas extra al mes para completar la producción. Esto se traduce en s/. 30,544.92 por trabajo extra, lo que representó un impacto del 1.09% de la facturación del mes:

Tabla 27: Comparación de antes de mejoras vs después de mejoras

CRITERIO	Antes de las mejoras	Aplicando ambas mejoras
Tasa de producción de bobinas por 2 turnos	1.84	2.61
Horas extra al mes necesarias para completar producción	208	48
Sobrecosto por trabajo extra	S/ 220,303.81	S/ 30,544.93
Impacto económico	7.87%	1.09%
Disponibilidad	59.12%	90.51%
Rendimiento	92.52%	91.09%
Calidad	99.86%	99.87%
OEE	54.67%	82.34%

Se ahorraron s/. 199 758.88 equivalentes a 49 939.72 euros al mes. El impacto económico se redujo en 6.78% y el OEE llegó a 82.34%, 2.34% sobre el objetivo

4.5 CONTROL DEL PROBLEMA

Esta etapa se desarrolló en conjunto con los operadores, el supervisor y el jefe de producción. De esta depende que los tiempos de Set Up se mantengan estables a través del tiempo y las mejoras perduren.

Se realizaron 4 acciones principales para controlar las mejoras:

4.5.1 Checklist semanal de kits para ejes:

Además de la ubicación asignada en las oficinas de producción, este checklist garantiza que al final de cada turno las herramientas rotuladas estén dentro de sus respectivos maletines. A continuación se muestra los formatos empleados:

MULTIMOLDES S.R.C.		CHECKLIST MALETÍN 1: IMPRESORA				
LÍNEA						
FECHA		TURNO	MAÑANA <input type="checkbox"/>	TARDE <input type="checkbox"/>		
JEFE DE PRODUCCIÓN						
ING. SUPERVISOR						
NRO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	ENCARGADO (S)		
1	Destornillar Ranurado					
2	Pinza de aguja de 6 Pulgadas					
3	Destornillador de cabeza múltiple					
4	Punta ph3 de Destornillador					
5	Punta T20 de Destornillador					
6	Llave exagonal de brazo largo 5.5					
7	Llave exagonal de brazo largo 2.5					
8	Cinta métrica 3 metros					
9	Llave inglesa con mango ergonómico de 19mm					
10	Llave inglesa con mango ergonómico de 11mm					
FIRMA DEL ING. SUPERVISOR		FIRMA DEL JEFE DE PRODUCCIÓN				

Ilustración 26: Checklist Maletín 1

MULTIMOLDES S.R.C.		CHECKLIST MALETÍN 2: EJES DE SALIDA IMPRESORA				
LÍNEA						
FECHA		TURNO	MAÑANA <input type="checkbox"/>	TARDE <input type="checkbox"/>		
JEFE DE PRODUCCIÓN						
ING. SUPERVISOR						
NRO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	ENCARGADO (S)		
1	Destornillar Ranurado					
2	Pinza de aguja de 3 Pulgadas					
3	Destornillador de cabeza múltiple					
4	Punta ph1 de Destornillador					
5	Punta PZ3 de Destornillador					
6	Llave exagonal de brazo largo 2.5					
7	Llave inglesa con mango ergonómico de 15mm					
8						
9						
10						
FIRMA DEL ING. SUPERVISOR		FIRMA DEL JEFE DE PRODUCCIÓN				

Ilustración 27: Checklist Maletín 2

		CHECKLIST MALETÍN 3: CENTRADO DE LÁSER DE IMPRESORA IMPRESORA		
LÍNEA				
FECHA		TURNO	MAÑANA <input type="checkbox"/>	TARDE <input type="checkbox"/>
JEFE DE PRODUCCIÓN				
ING. SUPERVISOR				
NRO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	ENCARGADO (S)
1	Cinta métrica 3 metros			
2	Llave inglesa con mango ergonómico de 5mm			
3	Caja de clasificación (tornillos)			
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
FIRMA DEL ING. SUPERVISOR		FIRMA DEL JEFE DE PRODUCCIÓN		

Ilustración 28: Checklist Maletín 3

		CHECKLIST MALETÍN 3: CENTRADO DE LÁSER DE IMPRESORA IMPRESORA		
LÍNEA				
FECHA		TURNO	MAÑANA <input type="checkbox"/>	TARDE <input type="checkbox"/>
JEFE DE PRODUCCIÓN				
ING. SUPERVISOR				
NRO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	ENCARGADO (S)
1	Destornillar Ranurado			
2	Pinza de aguja de 8 Pulgadas			
3	Destornillador de cabeza múltiple			
4	Punta pz3 de Destornillador			
5	Punta T25 de Destornillador			
6	Llave exagonal de brazo largo 6			
7	Llave exagonal de brazo largo 4			
8	Cinta métrica 3 metros			
9	Llave ajustable de 8 pulgadas			
10				
FIRMA DEL ING. SUPERVISOR		FIRMA DEL JEFE DE PRODUCCIÓN		

Ilustración 29: Checklist Maletín 4

4.5.2 Nuevo Reporte de Producción:

Al antiguo reporte que emitía el supervisor de planta se le agregaron espacios para poder registrar los tiempos que tarda cada set up de cada equipo, así como la demora de cada uno de los procesos: Impresión, Rezmado y Troquelado. Los datos de este reporte servirán de insumo para un Dashboard, del cual el practicante lleva registro semanal.

MULTIMOLDES S.R.C.		REPORTE DE PRODUCCIÓN DIARIA					
FECHA		LÍNEA	TURNO	MAÑANA <input type="checkbox"/>	TARDE <input type="checkbox"/>		
JEFE DE PRODUCCIÓN							
ING. SUPERVISOR							
N° LOTE	CANTIDAD DE MOLDES	CLIENTE	CÓDIGO BOBINA	HORA INICIO	HORA FIN	OBSERVACIONES	
NRO	ACTIVIDAD REALIZADA			DURACIÓN		TIEMPO TOTAL	ENCARGADO (S)
				HORA INICIO	HORA FIN		
NRO	ACTIVIDAD	PERSONAL ENCARGADO			FIRMA		
FIRMA DEL ING. SUPERVISOR		FIRMA DEL JEFE DE PRODUCCIÓN					

Ilustración 30: Nuevo reporte de Producción para control

4.5.3 Capacitaciones:

Fue crucial involucrar a todo el equipo. Es por ello por lo que junto con el supervisor y el jefe de área se realizaron capacitaciones a los trabajadores de ambos turnos no solo mostrando la importancia del orden de cada herramienta, sino concientizándolos sobre la responsabilidad que tiene cada uno sobre las herramientas de trabajo.

4.5.4 Procedimientos Estándar SOP

Ya que se tienen nuevas herramientas exclusivas para cada tarea, es importante saber utilizarlas. Es por ello por lo que se realizaron procedimientos escritos para el correcto ajuste de ejes y las buenas prácticas durante la realización de esa tarea. Estos procedimientos también se utilizaron para las capacitaciones y aseguran que el tiempo de ajuste de ejes se mantenga estandarizado.

Para poder desarrollarlos, se trabajó la observación en planta de dos operarios específicos: Leandro Del Valle y Guillermo Alonzo. Estos dos operarios son los que más experiencia tenían con las tareas de asegurar y ajustar los ejes y las bobinas, además de ser los más rápidos. El objetivo es que por medio de los procedimientos todos los operadores puedan hacer las tareas al ritmo de ellos.

Los documentos se elaboraron en un periodo de 3 días, en apoyo con ambos operarios y recibiendo la aprobación del jefe de producción Roberto Ferreccio. A continuación se muestran las portadas de los procedimientos realizados:

	PROCEDIMIENTO	PROD – 1 – 001
		EDICIÓN 01
		VÁLIDO DESDE: 2/12/2021
		Página 1 de 11
	AJUSTEN DE EJES MECÁNICOS DE IMPRESORA	

**PROCEDIMIENTO: AJUSTE DE EJES
- IMPRESORA**

Dirigido a: PRODUCCIÓN
Autor: Carlos Zumarán C.
Aprobado por: Roberto Ferreccio

Ilustración 31: Portada SOP ajuste de ejes de Impresora

	PROCEDIMIENTO	PROD – 1 – 001
		EDICIÓN 01
		VÁLIDO DESDE: 2/12/2021
		Página 1 de 15
AJUSTEN DE EJES BOBINA EN REZMADORA		

**PROCEDIMIENTO: AJUSTE DE EJES
– REZMADORA**

Dirigido a: PRODUCCIÓN
Autor: Carlos Zumarán C.
Aprobado por: Roberto Ferreccio

Ilustración 33: Portada SOP de ajuste de ejes REZMADORA

	PROCEDIMIENTO	PROD-1-001
	AJUSTE DE BOBINA EN REZMADORA	EDICIÓN 01
VÁLIDO DESDE: 2/12/2021		
		Página 1 de 8

**PROCEDIMIENTO: AJUSTE DE
BOBINA – REZMADORA**

Dirigido a: PRODUCCIÓN
Autor: Carlos Zumarán C.
Aprobado por: Roberto Ferreccio

Ilustración 34: Portada SOP - Ajuste de Bobina en Rezmadora

Capítulo 5. FUTURAS LÍNEAS

5.1 PRESUPUESTO

Tabla 28: Presupuesto de implementación en soles y en euros

PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN SOLES	PRECIO UNITARIO EN EUROS	PRECIO TOTAL EN SOLES	PRECIO TOTAL EN EUROS
1	IMPLEMENTACIÓN DE SMED					
1.1	Maletín para herramientas	4	S/ 54.12	€ 13.53	S/ 216.48	€ 54.12
1.2	Destornillar Ranurado	3	S/ 12.00	€ 3.00	S/ 36.00	€ 9.00
1.3	Pinza de aguja de 6 Pulgadas	1	S/ 40.00	€ 10.00	S/ 40.00	€ 10.00
1.4	Destornillador de cabeza múltiple	3	S/ 56.00	€ 14.00	S/ 168.00	€ 42.00
1.5	Punta ph3 de Destornillador	1	S/ 16.00	€ 4.00	S/ 16.00	€ 4.00
1.6	Punta T20 de Destornillador	1	S/ 14.00	€ 3.50	S/ 14.00	€ 3.50
1.7	Llave hexagonal de brazo largo 5.5	1	S/ 2.80	€ 0.70	S/ 2.80	€ 0.70
1.8	Llave hexagonal de brazo largo 2.5	2	S/ 3.20	€ 0.80	S/ 6.40	€ 1.60
1.9	Cinta métrica 3 metros	3	S/ 32.00	€ 8.00	S/ 96.00	€ 24.00
1.10	Llave inglesa con mango ergonómico de 19mm	1	S/ 16.00	€ 4.00	S/ 16.00	€ 4.00
1.11	Llave inglesa con mango ergonómico de 11mm	1	S/ 14.60	€ 3.65	S/ 14.60	€ 3.65
1.12	Pinza de aguja de 3 Pulgadas	1	S/ 32.00	€ 8.00	S/ 32.00	€ 8.00
1.13	Punta ph1 de Destornillador	1	S/ 16.00	€ 4.00	S/ 16.00	€ 4.00
1.14	Punta PZ3 de Destornillador	2	S/ 16.80	€ 4.20	S/ 33.60	€ 8.40
1.15	Llave inglesa con mango ergonómico de 15mm	1	S/ 13.60	€ 3.40	S/ 13.60	€ 3.40
1.16	Llave inglesa con mango ergonómico de 5mm	1	S/ 16.80	€ 4.20	S/ 16.80	€ 4.20
1.17	Caja de clasificación (tornillos)	1	S/ 36.00	€ 9.00	S/ 36.00	€ 9.00
1.18	Pinza de aguja de 8 Pulgadas	1	S/ 18.40	€ 4.60	S/ 18.40	€ 4.60
1.19	Punta T25 de Destornillador	1	S/ 16.00	€ 4.00	S/ 16.00	€ 4.00

1.20	Llave hexagonal de brazo largo 6	1	S/ 3.60	€ 0.90	S/ 3.60	€ 0.90
1.21	Llave hexagonal de brazo largo 4	1	S/ 2.40	€ 0.60	S/ 2.40	€ 0.60
1.22	Llave ajustable de 8 pulgadas	1	S/ 16.00	€ 4.00	S/ 16.00	€ 4.00
SUBTOTAL 1					S/ 830.68	€ 207.67
2	REORGANIZACIÓN DE LA LÍNEA					
2.1	Estoca nueva solo para línea de moldes	1	S/ 1,000.00	€ 250.00	S/ 1,000.00	€ 250.00
SUBTOTAL 2					S/ 1,000.00	€ 250.00
3	CONTROL DE MEJORAS					
3.1	Procedimientos escritos	4	S/ 0.40	€ 0.10	S/ 1.60	€ 0.40
3.2	Checklist	240	S/ 0.40	€ 0.10	S/ 96.00	€ 24.00
3.3	Dashboards	1	S/ -	€ -	S/ -	€ -
3.4	Nuevo Reporte de Producción	60	S/ 0.40	€ 0.10	S/ 24.00	€ 6.00
3.5	Capacitación	2	S/ -	€ -	S/ -	€ -
SUBTOTAL 3					S/ 121.60	€ 30.40
TOTAL IMPLEMENTACIÓN					S/ 1,952.28	€ 488.07

El total de inversión inicial del proyecto es 1 952.28 nuevos soles, un presupuesto barato en comparación a las ganancias de la empresa y muy rentable si se tiene en cuenta los beneficios que puede traer y sobre todo los costos que reduce. Para poder saber cuánto dinero se puede ganar por cada sol invertido, se hace el cálculo del VAN del proyecto

Tabla 29: Flujo de ingresos de la empresa los próximos meses

FLUJO DE INGRESOS	
MES	VALOR
ENERO	S/ 2,809,757.00
FEBRERO	S/ 2,794,615.00
MARZO	S/ 2,781,907.00
ABRIL	S/ 2,796,302.00
MAYO	S/ 2,803,266.00
JUNIO	S/ 2,784,371.00

Para el flujo de egresos, se considera solo el costo que representa mantener las mejoras en control. Esto debido a que siempre se van a tener que imprimir los checklist, reportes, procedimientos nuevos, etc. Es el único costo perenne a lo largo de los meses.

Tabla 30: Flujo de egresos neto de la empresa debido al proyecto

FLUJO DE EGRESOS NETO	
MES	VALOR
ENERO	S/ 121.60
FEBRERO	S/ 121.60
MARZO	S/ 121.60
ABRIL	S/ 121.60
MAYO	S/ 121.60
JUNIO	S/ 121.60

Finalmente, se realiza el cálculo del VAN del proyecto

Tabla 31: Cálculo del VAN del proyecto

CÁLCULO DEL VAN	
INVERSIÓN INICIAL	S/ 1,952.28
N	6
TASA	30%
VAN	S/ 7,389,845.63

La tasa fue colocada en función de los cobros de los bancos locales que financian ese tipo de proyectos. Sin embargo, el área tiene presupuesto para financiar el proyecto por su cuenta. Como resultado final, se aprecia un VAN altísimo, demostrando la viabilidad y rentabilidad del proyecto,

5.2 CRONOGRAMA

Las actividades comenzaron en noviembre y se extendieron hasta diciembre, mes en el cual se dieron todas las mejoras correspondientes. A continuación, y mediante un diagrama de Gantt, se muestra el detalle del avance del proyecto:

5.3 RESULTADOS

Tabla 32: Matriz de Objetivos vs Resultados obtenidos

OBJETIVOS DEL PROYECTO	RESULTADO OBTENIDOS
Reducir los sobrecostos de producción en 50%	Los sobrecostos pasaron de s/. 220, 303.81 a s/. 30 544. 93. Se redujeron en 86% los sobrecostos, superando la meta. Asimismo, el impacto económico bajó de 7.87% a 1.09%
Delimitar mediante DMAIC el proceso actual de producción, incluir personas involucradas, entradas, salidas, actividades claras e indicadores (OEE).	Se modeló el proceso actual mediante SIPOC, VSM, flujos de operaciones tradicionales en las etapas de Definir (Capítulo 4.1) y Medir (Capítulo 4.2)
Medir el desempeño de la línea de producción. Establecer los tiempos estándar de producción, tiempos de traslado, tiempos de configuración de equipos, recambios, averías, cuellos de botella y producción diaria actual vs la necesaria.	Se tomaron 25 muestras de tiempo de duración de las actividades de la línea. Se determinó que con el ritmo actual se producían 1.68 bobinas en dos turnos, que el tiempo de set up de los 3 equipos era de 102.17 minutos. Se descubrió el cuello de botella detrás de los tiempos de espera era el set up de la Impresora
Diseñar, estandarizar y documentar mejoras en la línea de producción actual que permitan un OEE del 85% y la reducción de costos.	Se desarrollaron 2 SMED, uno para la impresora y el siguiente para la rezmadora, adicionalmente se cambió la secuencia de la línea, convirtiendo a armado y conteo en procesos paralelos y permitiendo eliminar la espera en las máquinas. Finalmente, se logró mejorar el OEE hasta 89.88%, superando la meta
Conseguir una disponibilidad de la línea de equipos de la producción de moldes del 90%	La disponibilidad de la línea después de aplicar las mejoras es de 90.51%
Establecer métricas de control para asegurarse que las mejoras conseguidas se mantengan en el tiempo tales como procedimientos estándar nuevos, Dashboards, etc.	Se establecieron 4 controles para las mejoras: Checklist para los kits de herramientas, reportes nuevos de producción, Dashboards, capacitaciones y procedimientos estándar para los operarios.

5.4 CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

El principal objetivo del proyecto es poder reducir hasta en 80% los sobrecostos por producción. Antes del desarrollo, el equipo no tenía conocimiento del origen más que se debían a la línea de producción de moldes, ya que todos estaban relacionados con él. Luego de armarse el equipo, aplicar la metodología DMAIC y aplicar las soluciones, se pudo superar el objetivo planteado por la dirección de la empresa.

En lo referente a la metodología. A través de DMAIC se lograron delimitar los pasos necesarios para examinar y afrontar el problema. Fue clave definir bien el caso a resolver. En lo que concierne al desarrollo del proyecto, la definición del problema se centró en consultar los datos disponibles que se tenían de la línea (OEE actual), y mediante reuniones y conversaciones con el equipo se pudieron armar un SIPOC, Flujo del proceso actual y un Layout para comprender el área de trabajo. Se identificó a la baja Disponibilidad de la línea como principal causa del bajo OEE.



Ilustración 36: Reunión del equipo de trabajo.



Ilustración 37: Practicante autor del proyecto y Jefe de producción

La etapa de Medición permitió dimensionar el problema y tomar los datos necesarios para el análisis. Con el conocimiento de la causa y la aprobación de Gerencia para tomar muestras de datos, se procedió al trabajo en campo. Se demostró que todos los datos siguen una distribución normal, procediendo a cálculo del tiempo normal del procesamiento de una bobina: 8.68 horas, es decir, solo 1.68 bobinas procesadas al día. A partir de los datos se armó el VSM del proceso con las 5 etapas definidas en el flujo principal.

El Análisis del problema nos brindó los datos necesarios para saber a qué causas del problema centrar las soluciones. Para poder llegar a ello, primero se elaboró un diagrama de Ishikawa mostrando los motivos de la baja Disponibilidad de la línea, luego, en base a esos motivos y los tiempos tomados en la etapa de Medir se cuantificaron los motivos, finalizando en el diagrama de Pareto. La principal causa fue el tiempo de espera de las máquinas, la segunda fue el set up de la Impresora y el último fue el set up de la Rezmadora. Adicionalmente, esta etapa concluyó que: 102.17 minutos del total de 480 minutos que dura el turno se destina al set up de equipos (es decir, 19.63%). El tiempo de espera promedio por turno de la línea es de 88.12 minutos, es decir 18.35% del turno. En total, solo se aprovecha un 39.64% del turno para la producción de moldes.

Las soluciones del problema comprendieron tres soluciones: Reorganizar la secuencia de procesos, elaborar un SMED para reducir los tiempos de Set Up de la Impresora y de la Rezmadora. La primera fue la más sencilla y directa, más que trabajo en campo fue un trabajo de gestión de los jefes de área y el gerente para poder reorganizar a los trabajadores y comunicar el cambio. Para los SMED, el trabajo fue más arduo y de campo. En conjunto con el supervisor de planta para plantear las secuencias actuales, identificar tiempos muertos, recategorizar actividades y eliminar aquellas que no aportan valor. Como resultado final, el set up de la Impresora se redujo el 70.75% (de 62.63 minutos a 18.32) y de la Rezmadora se redujo en 12.77% (de 28.84 minutos a 10.74) y la reorganización de la línea permitió reducir el tiempo de procesamiento de una bobina de 8.68 horas a 7.24 horas (es decir, 28.54%). Llegando a producir 2.61 bobinas en dos turnos.

Finalmente, la etapa de control consta de 4 soluciones primordiales: Rehacer el reporte de producción considerando el registro de los tiempos de set up de los equipos y del procesamiento total de la bobina, elaborar checklist para asegurar que los maletines nuevos implementados para los sets up de los equipos, procedimientos estándar sobre las buenas prácticas en la realización del set up de los equipos y capacitaciones al personal. Estas medidas son efectivas siempre y cuando se involucre en mayor parte al personal de la planta. Los procedimientos, reportes, checklist en el papel son inútiles si es que los operarios no los siguen. Las capacitaciones en ese sentido fueron clave para concientizar a los trabajadores sobre la importancia de las buenas prácticas en el área y todos los beneficios que trae, tantos económicos como de seguridad y ahorro de tiempo.

La estandarización de los procesos hace una gran diferencia en el desarrollo de estos. Tal cual se vio en este proyecto, los procesos de set up no tenían ni secuencia ni herramientas propias ni un método claro. Sin embargo, la gran diferencia fue cuando, gracias a SMED, se pudieron eliminar actividades que no agregan valor y volver

estándar el proceso. Reduciendo el costo total extra de e s/. 220, 303.81 a s/. 30 544.93, es decir un 86%.

Es importante reportar los avances del proyecto. Toda la documentación presentada en este informe fue también presentada en reuniones al jefe de producción y al gerente de operaciones. El seguimiento del avance fue constante, y la documentación fue clave para identificar el flujo de actividades actual y poder plantear mejoras en base a ellos. Toda la documentación del proyecto también fue archivada en la oficina de producción.

Durante le elaboración del diagrama de Ishikawa y Pareto, se dilucidaron problemas en las líneas las cuales pueden ser más importantes en el futuro. No existe un mantenimiento preventivo, solo correctivo, se recomienda el desarrollo de un TPM en el futuro y que esta medida también apoye a la baja tasa de producción de las tres máquinas.

Para poder llegar al 90% de OEE se recomienda en un futuro aplicar SMED al set up de la troqueladora. Si bien es un procedimiento distinto, reducir este tiempo aumentará la disponibilidad de la Línea.

ANEXOS

ETAPA:	IMPRESIÓN	TRASLADO DE BOBINA CON MONTACARGAS	POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA IMPRESORA	CENTRADO DE LA BOBINA SEGÚN DISEÑO DEL CLIENTE	AJUSTE DE LA BOBINA EN EL EJE	ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA IMPRESORA	ASEGURAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL PAPEL	IMPRESIÓN DE PERIMETRALES	FECHA	HORA	ENCARGADO
TOMA											
TOMA 1											
TOMA 2											
TOMA 3											
TOMA 4											
TOMA 5											
TOMA 6											
TOMA 7											
TOMA 8											
TOMA 9											
TOMA 10											
TOMA 11											
TOMA 12											
TOMA 13											
TOMA 14											
TOMA 15											
TOMA 16											
TOMA 17											
TOMA 18											
TOMA 19											
TOMA 20											
TOMA 21											
TOMA 22											
TOMA 23											
TOMA 24											
TOMA 25											
APROBADO POR:											
ELABORADO POR: CARLOS ZUMARÁN C (PRACTICANTE)											
ÁREA: OPERACIONES Y PRODUCCIÓN											

Ilustración 38: Anexo 1 - Formato toma de tiempos impresión

ETAPA:	REZMADO	TOMA	TRASLADO DE BOBINA CON PAPEL IMPRESO A MÁQUINA DE REZMADO	POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	REZMADO	FECHA	HORA	ENCARGADO
		TOMA 1								
		TOMA 2								
		TOMA 3								
		TOMA 4								
		TOMA 5								
		TOMA 6								
		TOMA 7								
		TOMA 8								
		TOMA 9								
		TOMA 10								
		TOMA 11								
		TOMA 12								
		TOMA 13								
		TOMA 14								
		TOMA 15								
		TOMA 16								
		TOMA 17								
		TOMA 18								
		TOMA 19								
		TOMA 20								
		TOMA 21								
		TOMA 22								
		TOMA 23								
		TOMA 24								
		TOMA 25								
APROBADO POR:										
ELABORADO POR: CARLOS ZUMARÁN C (PRACTICANTE)										
ÁREA: OPERACIONES Y PRODUCCIÓN										

Ilustración 39: Anexo 2- Formato toma de tiempos de Rezmado

ETAPA: ARMADO					
TOMA	TRANSPORTE DE PAPEL TROQUELADO A ZONA DE ARMADO	ARMADO DE MOLDE (JUNTAR BASE Y PERIMETRAL)	FECHA	HORA	ENCARGADO
TOMA 1					
TOMA 2					
TOMA 3					
TOMA 4					
TOMA 5					
TOMA 6					
TOMA 7					
TOMA 8					
TOMA 9					
TOMA 10					
TOMA 11					
TOMA 12					
TOMA 13					
TOMA 14					
TOMA 15					
TOMA 16					
TOMA 17					
TOMA 18					
TOMA 19					
TOMA 20					
TOMA 21					
TOMA 22					
TOMA 23					
TOMA 24					
TOMA 25					
APROBADO POR:					
ELABORADO POR:					
ÁREA: OPERACIONES Y PRODUCCIÓN					

Ilustración 40: Anexo 3 - Formato de toma de tiempos Armado

ETAPA: CONTEO				
TOMA	CONTEO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MOLDES	FECHA	HORA	ENCARGADO
TOMA 1				
TOMA 2				
TOMA 3				
TOMA 4				
TOMA 5				
TOMA 6				
TOMA 7				
TOMA 8				
TOMA 9				
TOMA 10				
TOMA 11				
TOMA 12				
TOMA 13				
TOMA 14				
TOMA 15				
TOMA 16				
TOMA 17				
TOMA 18				
TOMA 19				
TOMA 20				
TOMA 21				
TOMA 22				
TOMA 23				
TOMA 24				
TOMA 25				
APROBADO POR:				
ELABORADO POR:				
ÁREA: OPERACIONES Y PRODUCCIÓN				

Ilustración 41: Anexo 4 - Formato Toma de tiempos de Conteo y Calidad

Tabla 33: Anexo 5 - Toma de Datos de Impresión

TOMA	TRASLADO DE BOBINA CON MONTACARGAS	POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA IMPRESORA	CENTRADO DE LA BOBINA SEGÚN DISEÑO DEL CLIENTE	AJUSTE DE LA BOBINA EN EL EJE	ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA IMPRESORA	ASEGURAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL PAPEL	IMPRESIÓN DE PERIMETRALES
TOMA 1	4.64	7.91	7.17	12.35	15.24	15.27	133.98
TOMA 2	5.19	8.12	6.56	13.24	15.28	14.91	135.71
TOMA 3	4.56	8.06	6.68	13.00	15.70	14.64	132.55
TOMA 4	4.78	7.73	6.75	12.74	14.77	14.88	134.91
TOMA 5	5.03	8.32	6.57	13.69	15.14	14.62	137.53
TOMA 6	5.16	8.00	7.19	12.79	15.72	14.93	132.89
TOMA 7	4.67	8.35	7.15	12.87	14.94	14.87	136.06
TOMA 8	5.07	7.98	7.38	13.62	15.40	15.54	132.52
TOMA 9	5.06	8.38	6.75	13.26	15.41	14.76	135.17
TOMA 10	4.86	8.50	6.76	13.23	14.47	15.75	133.40
TOMA 11	5.09	7.82	7.16	13.61	15.43	14.93	133.79
TOMA 12	4.87	8.35	6.91	13.50	15.59	15.63	135.07
TOMA 13	5.05	8.17	7.28	13.67	14.31	14.40	133.71
TOMA 14	4.87	7.75	6.60	12.61	14.63	14.94	136.55
TOMA 15	5.15	8.43	7.40	13.30	15.00	14.69	134.34
TOMA 16	4.65	8.19	6.91	13.41	15.51	14.74	133.51
TOMA 17	5.07	8.09	6.78	13.20	15.61	15.33	137.13
TOMA 18	4.76	8.28	6.87	12.60	15.37	14.32	137.42
TOMA 19	5.42	8.05	6.83	13.59	15.36	14.98	134.98
TOMA 20	4.63	7.70	6.59	12.81	15.37	15.05	132.85
TOMA 21	5.15	8.36	6.65	13.47	15.66	15.19	133.93

TOMA 22	4.86	7.92	6.78	13.50	14.47	15.21	136.48
TOMA 23	5.14	8.14	6.97	13.16	14.34	15.38	136.59
TOMA 24	5.42	7.94	7.32	12.49	15.60	15.79	133.77
TOMA 25	4.76	8.38	7.05	12.55	14.98	14.16	132.76

Tabla 34: Anexo 6 - Toma de datos Rezmado

TOMA	TRASLADO DE BOBINA CON PAPEL IMPRESO A MÁQUINA DE REZMADO	POSICIONAR BOBINA DENTRO DEL EJE MECÁNICO DE LA REZMADORA	CENTRADO DE LA BOBINA PARA ESTABLECER EL TAMAÑO DE CORTE	ASEGURAMIENTO DE LOS EJES MECÁNICOS DE LA REZMADORA	REZMADO
TOMA 1	2.87	5.61	7.47	15.00	111.02
TOMA 2	2.73	4.43	6.28	15.14	116.72
TOMA 3	2.82	4.72	7.75	15.01	123.42
TOMA 4	3.32	5.25	5.63	15.77	110.88
TOMA 5	3.45	5.41	7.09	15.79	116.05
TOMA 6	3.28	5.73	5.54	15.44	125.12
TOMA 7	3.42	5.58	7.50	15.54	123.24
TOMA 8	2.52	5.35	6.99	15.55	121.29
TOMA 9	2.63	4.61	5.70	14.54	123.71
TOMA 10	3.46	4.53	7.72	14.76	123.21
TOMA 11	2.81	5.12	7.62	15.39	112.71
TOMA 12	3.04	5.46	7.10	14.81	125.02
TOMA 13	3.16	4.57	7.10	14.49	113.19
TOMA 14	3.23	5.19	7.22	14.35	120.98
TOMA 15	2.53	4.74	7.26	14.98	112.71
TOMA 16	2.99	5.17	5.74	15.33	114.91
TOMA 17	2.50	5.09	5.55	15.00	115.38
TOMA 18	3.27	4.56	6.98	15.85	115.43
TOMA 19	3.32	4.43	6.55	14.21	115.78
TOMA 20	2.52	5.69	7.69	15.82	123.60
TOMA 21	2.78	5.47	5.77	14.70	113.66
TOMA 22	3.25	4.40	6.36	14.60	120.35
TOMA 23	2.65	5.41	6.61	15.64	112.34
TOMA 24	3.10	4.75	6.38	14.83	121.88
TOMA 25	2.86	5.13	5.72	15.45	113.27

Tabla 35: Anexo 7 - Toma de Datos Troquelado

TOMA	TRANSPORTE DE PAPEL CORTADO A ZONA DE TROQUELADO	POSICIONAMIENTO DEL PAPEL DENTRO DE LA TROQUELADORA	TROQUELADO
TOMA 1	2.06	9.81	46.06
TOMA 2	1.53	10.10	45.72
TOMA 3	1.17	9.62	46.58
TOMA 4	2.12	10.29	43.99
TOMA 5	2.19	10.00	44.61
TOMA 6	2.11	10.02	46.80
TOMA 7	1.77	9.92	46.87
TOMA 8	2.15	9.45	44.45
TOMA 9	1.99	9.62	46.88
TOMA 10	1.78	9.54	45.01
TOMA 11	2.16	10.26	45.19
TOMA 12	1.88	9.43	45.48
TOMA 13	1.37	9.40	46.46
TOMA 14	1.88	10.44	44.63
TOMA 15	1.20	10.27	46.23
TOMA 16	1.45	9.53	44.97
TOMA 17	2.02	10.12	43.83
TOMA 18	1.46	10.38	46.10
TOMA 19	1.47	10.45	43.87
TOMA 20	1.72	10.56	46.02
TOMA 21	1.23	10.54	44.22
TOMA 22	1.36	10.28	44.21
TOMA 23	1.25	9.98	44.79
TOMA 24	1.36	9.45	44.67
TOMA 25	2.20	9.87	45.25

Tabla 36: Anexo 8 - Toma de datos Armado

TOMA	TRANSPORTE DE PAPEL TROQUELADO A ZONA DE ARMADO	ARMADO DE MOLDE (JUNTAR BASE Y PERIMETRAL)
TOMA 1	1.83	51.55
TOMA 2	2.24	50.27
TOMA 3	2.13	51.34
TOMA 4	1.76	50.80
TOMA 5	1.74	50.60
TOMA 6	1.70	50.69
TOMA 7	1.93	51.50
TOMA 8	2.06	51.87
TOMA 9	1.65	51.81
TOMA 10	1.52	50.16
TOMA 11	2.05	50.44
TOMA 12	1.85	50.24
TOMA 13	1.61	49.85
TOMA 14	2.06	50.32
TOMA 15	2.06	49.96
TOMA 16	2.64	48.97
TOMA 17	1.77	51.12
TOMA 18	1.76	50.16
TOMA 19	2.53	51.37
TOMA 20	1.55	51.02
TOMA 21	2.64	49.38
TOMA 22	2.06	51.39
TOMA 23	2.00	50.02
TOMA 24	2.47	50.47
TOMA 25	1.69	49.59

Tabla 37: Anexo 9 - Toma de datos Conteo y Calidad

TOMA	CONTEO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MOLDES
TOMA 1	30.76
TOMA 2	31.16
TOMA 3	32.27
TOMA 4	26.79
TOMA 5	31.22
TOMA 6	29.86
TOMA 7	32.14
TOMA 8	27.98
TOMA 9	29.46
TOMA 10	28.34
TOMA 11	28.79
TOMA 12	27.15
TOMA 13	27.16
TOMA 14	31.35
TOMA 15	27.04
TOMA 16	28.20
TOMA 17	27.89
TOMA 18	32.18
TOMA 19	28.25
TOMA 20	32.70
TOMA 21	26.71
TOMA 22	32.13
TOMA 23	32.53
TOMA 24	28.39
TOMA 25	30.23

BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmad, N., Hossen, J., & Ali, S. M. (2018). Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 239–256. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0783-2>
2. Bahena, M., & Reyes, P. (2006). *Curso de Seis Sigma*. México: Universidad Iberoamericana
3. Bartolini, Massimo, Marcello Braglia, and Francesco Zammori. 2013. “Extending Value Stream Mapping: The Synchro-MRP Case.” *International Journal of Production Research* 51(18): 5499–5519.
4. Chong, K., & Ng, K. (2016). A FRAMEWORK FOR IMPROVING MANUFACTURING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS. Special Issue IDECON, 395.
5. Gestión (2019). Navidad: aparecerán nuevas marcas de panetones dirigidas al segmento intermedio. Recuperado el 04 de octubre de 2020, de <https://gestion.pe/economia/navidad-apareceran-nuevas-marcas-de-panetones-dirigidas-al-segmento-intermedio-noticia/>
6. Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2004). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
7. Hernandez, C. (2014). *La Metodología Lean Seis Sigma, sus herramientas y ventajas*. Xalapa, Mexico: Universidad Veracruzana.
8. Hernández, J. C. y Vizán Idoipe, M. A. (2013). *Lean manufacturing: concepto, técnicas e implantación*. Escuela de Organización Industrial. Recuperado de <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
9. Kearns, David T. (1992). *Prophets in the Dark: How Xerox Reinvented Itself and Beat Back the Japanese*. Nueva York: HarperCollins. p. 318.
10. Khaswala, Z. N. and Irani, S.A. (2001) Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps. Proceedings of the Lean Management Solutions Conference. St. Louis, MO.
11. Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2019). CenterlineSMED integration for machine changeovers improvement in food

- industry. Production Planning and Control, 30(9), 764–778.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582110>
12. Mor, R.S., Bhardwaj, A., Singh, S. and Sachdeva, A. (2019), "Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 30 No. 6, pp. 899-919.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
13. Nallusamy, S., Kumar, V., Yadav, V., Prasad, U. K., & Suman, S. K. (2018). Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 8(1), 1027–1038.
<https://doi.org/10.24247/ijmperdfeb2018123>
14. Puvanasvaram, A. P., Hamid, M. N. H., & Yoong, S. S. (2018). Cycle time reduction for coil setup process through standard work: case study in ceramic industry. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 210–220.
http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0118_6656.pdf
15. Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad. Madrid: Diaz de Santos
16. Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F. D., Kundu, K., & Portioli-Staudacher, A. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 104(5–8), 1869–1888. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03990-x>
17. RPP (2019). Navidad 2019: Pese a desaceleración y crisis política los peruanos no dejarán de comer panetón. Recuperado el 3 de octubre de 2020, de <https://rpp.pe/economia/economia/paneton-navidad-2019-pese-a-desaceleracion-y-crisis-politica-los-peruanos-no-dejaran-de-comer-paneton-nochebuena-cena-navidena-noticia-1228295?ref=rpp>
18. Saravanan, V., Nallusamy, S., & George, A. (2018). Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study. International Journal of Engineering Research in Africa, 34, 128–138.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.34.128>
19. Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing, paso a paso. Editorial Norma
20. Tejada, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y Sociedad, 36(2), 276–310.
<https://doi.org/10.22206/cys.2011.v36i2.pp276-310>