

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE
SOPLADO DE UNA EMPRESA DE PLÁSTICOS MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Vladimir Yuret Miranda Infante

ASESOR:

César Augusto Corrales Riveros

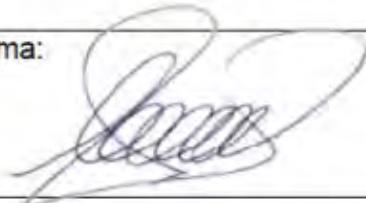
Lima, Julio 2025

Informe de Similitud

Yo, César Augusto Corrales Riveros, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE SOPLADO DE UNA EMPRESA DE PLÁSTICOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA, del autor VLADIMIR YURET MIRANDA INFANTE, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 21/07/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 21 de julio de 2025

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Corrales Riveros, César Augusto</u>	
DNI:07218351	Firma: 
ORCID: 0000-0002-1508-8100	



AGRADECIMIENTOS

A mis hijas Valentina, Vania y Doménika por ser la luz y motor que guía mi vida; a Patty quien me acompañó en este proceso; y, a mis padres Guadalupe y Tomás y mi hermana Lucero por ese amor infinito que les hace creer en mí e impulsarme en la vida. Asimismo, a mis abuelos y tíos Armando, Elsa, Blanca, Augusto (desde el cielo), Percy (desde el cielo), Yuvana (desde el cielo), Alcira, Marleny, Rina, Elizabeth, Ruth, Lucho, Willy, José Luis (Pepe), Humberto, Androf, Luis Augusto (Cucho), Ronald, Oscar (el oso), Gabriel y José Antonio; y a todos mis primos y sobrinos. Mención especial mis queridos amigos y referentes Alejandro y Miguel.

Creo firmemente que la vida puede darnos oportunidades en el momento menos esperado, tomarlas solo esta en nuestras manos. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha sido mi principal escuela de formación para convertir lo que uno hace, en resultados para quienes más lo requieren. Mis colegas y amigos Virginia, Gloria, María, Mauricio, John, Olga, Tutty, Efraín, Hernán, Michael, Stephan, Carolina, Dayana, Grecia, Carla, Claudia, Jhoselyn, Philippe y demás colegas de la Oficina Andina y del Programa SCORE (en particular), han sido una gran fuente de aprendizaje y enriquecimiento profesional. En particular, quisiera resalta el aprecio a Hernán, Olga, Tutty y Jhoselyn, que sé que este logro también lo sienten propio, porque han contribuido enormemente conmigo a través de sus consejos de vida, cariño e impulso para ser un mejor profesional cada día.

Tengo la suerte que en mi desarrollo profesional he podido conocer más allá de las aulas, a los profesores Francis Paredes y César Corrales, quienes con sus valiosos aportes y tiempo han permitido culminar este trabajo. En particular, agradecer a Francis, a quien considero un amigo y me ha facilitado valiosa información para conocer un poco más del mundo de la mejora continua y las metodologías que la componen.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar la efectividad global de los equipos de producción pertenecientes al flujo de valor para la fabricación de botellas de plástico.

La empresa en los últimos años ha tenido un crecimiento sostenido, aún considerando el período de pandemia por el COVID-19, y debido a la proyección de demanda y al surgimiento de un mayor mercado de competencia, se han generado problemas relacionados con incumplimientos en las entregas y aumento de los productos no conformes. Para abordar los problemas antes descritos, se desarrolla en el presente trabajo una propuesta de mejora de procesos basada en la aplicación de metodologías de Manufactura Esbelta. Para el trabajo se iniciará con una evaluación de la situación actual y se propondrá un plan de mejora que elimine o minimice las actividades que no agregan valor (desperdicios).

Las causas identificadas (pérdidas) que originan algunos de los desperdicios son las averías, los tiempos de cambio de matriz y ajustes, paradas menores, baja velocidad de operación, falta de material, defectos de calidad y reprocesos, entre otros. Para mejorar la productividad del proceso se propone la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta a fin de minimizar o eliminar las pérdidas antes mencionadas, considerando la mejora del indicador Efectividad Global del Equipo (OEE). Las herramientas, métodos o técnicas propuestas para ello son: las 5S, el Mantenimiento Autónomo y el SMED.

La implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta propuestas, permitirán un aumento del indicador OEE en 1.78%, considerando principalmente el impacto sobre la disponibilidad de las máquinas. Esto debido a una disminución en el tiempo de cambio de matriz y las paradas menores. Lo antes mencionado impactará en la minimización de los desperdicios de sobreproducción, esperas y exceso de inventarios que se reflejará en la reducción del *Lead time* del flujo de valor de la fabricación de botellas de plástico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	I
ÍNDICE DE CONTENIDOS	II
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Concepto de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)	3
1.2 Principios de la Manufactura Esbelta	4
1.3 Pérdidas asociadas a los equipos y máquinas en los procesos productivos y su medición	6
1.3.1 Indicador Efectividad Global del Equipo (OEE)	6
1.4 Métodos y herramientas de Manufactura Esbelta	8
1.4.1 Las 5S	8
1.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	9
1.4.3 SMED	10
1.4.4 Herramientas básicas para análisis de problemas	12
1.4.4.1 Diagrama de Pareto	12
1.4.4.2 Diagrama de Ishikawa (Diagrama Causa-Efecto)	13
1.4.5 Lección de Un Punto (LUP)	14
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO	15
2.1. La empresa a estudiar	15
2.2. La estructura organizacional	15
2.3. Las áreas y puestos operativos	16
2.4. Proceso de producción de botella de plástico	19
2.5. Diagrama Analítico de Proceso (DAP)	20
2.6. Lección de Un Punto (LUP)	21
2.7. Distribución de las áreas y las máquinas en la empresa	22
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	23
3.1 Análisis del indicador OEE	25

3.2	Análisis de las principales pérdidas	28
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA EN LA EMPRESA		34
4.1	Aplicación de método SMED	37
4.2	Aplicación del Pilar TPM: Mantenimiento Autónomo y las 5S	46
4.3	Plan de implementación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S	66
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO		69
5.1	Costos de Personal	69
5.2	Gastos de implementación	70
5.3	Ingresos adicionales por la implementación	72
5.4	Ingresos de innecesarios	74
5.5	Resumen de gastos e ingresos para el retorno de inversión	74
5.6	Flujo de gastos para el proyecto	75
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		77
6.1	Conclusiones	77
6.2	Recomendaciones	78
BIBLIOGRAFÍA		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procesos para la producción de envases plásticos	23
Tabla 2. Productos de la familia de mayor venta en la empresa	24
Tabla 3. Registro de tiempos de pérdidas en la máquina sopladora N° 3	29
Tabla 4. Frecuencia y duración de las averías en la máquina sopladora N° 3	32
Tabla 5. Criterios de priorización de las mejoras	34
Tabla 6. Listado de pérdidas (averías), causas raíz, priorización y acciones/herramientas de mejora a aplicar	35
Tabla 7. Diagrama de actividades hombre-máquina en el cambio de matriz	38
Tabla 8. Análisis y valorización de actividades del maquinista	39
Tabla 9. Análisis y valorización de actividades del operario	40
Tabla 10. Resultado de reducción de actividades del maquinista	41
Tabla 11. Resultado de reducción de actividades del operario.....	41
Tabla 12. Verificaciones para buen funcionamiento de las matrices	43
Tabla 13. Diagrama de actividades hombre-máquina en el cambio de matriz futuro	45
Tabla 14. Roles y responsabilidades de miembros del EAT	47
Tabla 15. Muestra amplia sobre el descubrimiento de siete tipos de anomalías	49
Tabla 16. Listado de elementos actuales en área de máquina sopladora N° 3	53
Tabla 17. Listado de elementos innecesarios en área de máquina sopladora N° 3	56
Tabla 18. Listado de elementos necesarios en área de máquina sopladora N° 3	59
Tabla 19. Criterios de priorización de las anomalías.....	62
Tabla 20. Criterios de priorización de eliminación de fuentes de suciedad (FS) y lugares de difícil acceso (LDA).....	64
Tabla 21. Salarios del personal administrativo y operativo	69
Tabla 22. Gastos de implementación del método SMED.....	70
Tabla 23. Gastos de implementación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S	71
Tabla 24. Análisis anual de pérdidas actuales en la máquina sopladora N° 3.....	72
Tabla 25. Análisis anual de pérdidas futura en la máquina sopladora N° 3	73
Tabla 26. Estimación de ventas con productividad actual y futura para familia 2.....	73
Tabla 27. Ahorros asociados a personal por la implementación de método SMED	74
Tabla 28. Retorno de la inversión de las implementaciones de los métodos	75
Tabla 29. Flujo de caja del proyecto en soles	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El Sistema de Producción de Toyota	4
Figura 2. Visión general del SMED. Etapas conceptuales	12
Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Pareto. Subdivisión por tipo de falla	13
Figura 4. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa. Análisis de la falla del transferidor	13
Figura 5. Organigrama de la empresa.....	16
Figura 6. Proceso de producción de botella de plástico.....	19
Figura 7. Diagrama Analítico de Proceso (DAP) para la producción de envases plásticos..	20
Figura 8. Ejemplo de Lección de Un Punto (LUP).....	21
Figura 9. Plano de planta a escala 1:75 de la empresa a estudiar	22
Figura 10. Tendencia de venta de las familias de productos	24
Figura 11. Máquina sopladora N° 3.....	25
Figura 12. Gráficos de tendencias de factor disponibilidad (año 2020)	26
Figura 13. Gráficos de tendencias de factor rendimiento.....	27
Figura 14. Gráficos de tendencias de factor calidad	27
Figura 15. Gráficos de tendencias del OEE, basado en sus factores.....	28
Figura 16. Formato para registro de paradas.....	28
Figura 17. Pareto de paradas en la máquina sopladora N° 3	29
Figura 18. Registro de datos de ocurrencias durante la producción (averías, producción, cantidad de productos no conformes, paradas de máquina, etc.)	30
Figura 19. Actividades y tiempo de cambio de matriz en la máquina sopladora N° 3.....	31
Figura 20. Diagrama de Ishikawa de la demora en cambio de matrices	31
Figura 21. Diagrama de Ishikawa de las averías mecánicas	32
Figura 22. Diagrama de Ishikawa de las averías eléctricas	33
Figura 23. Cables eléctricos desordenados en la máquina sopladora N° 3.....	33
Figura 24. Esquema basado en Pilares para la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta propuestas.....	36
Figura 25. Diagrama Spaghetti del cambio de matriz	37
Figura 26. Ubicación de matriz, herramientas, materia prima y personas antes de parada .	42
Figura 27. Tarjetas para identificar el estado de las matrices	43
Figura 28. Diagrama Spaghetti del cambio de matriz futuro	44
Figura 29. Tres primeros pasos de implementación del Mantenimiento Autónomo	46
Figura 30. Modelo de tarjetas de anomalías	48
Figura 31. Modelo de formato de registro de anomalías.....	50
Figura 32. Modelo de Tablero de Gestión visual.....	51
Figura 33. Modelo de tarjeta roja – 5S	52
Figura 34. Modelo de formato de clasificación de elementos innecesarios	55
Figura 35. Flujo de identificación y planificación de acción sobre los elementos innecesarios	57
Figura 36. Modelo de formatos de auditoría para la 1ra S en gestión e implementación	57
Figura 37. Modelo de formatos de auditoría para la 2da S en gestión e implementación	59
Figura 38. Modelo de formato de la Lección de Un Punto (LUP).....	62
Figura 39. El proceso del Paso 1 del Mantenimiento Autónomo	63
Figura 40. Modelo de formato de estándar de limpieza, inspección y lubricación	66
Figura 41. Plan de implementación del método SMED en la máquina sopladora N° 3	67
Figura 42. Plan de implementación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S en la máquina sopladora N° 3.....	68

INTRODUCCIÓN

El entorno industrial actual se caracteriza por la competitividad, la velocidad de los cambios y la inestabilidad de la demanda. Ello se debe, en buena medida, al aumento de las exigencias de los clientes en mercados maduros, que requieren productos de calidad que se ajusten a sus necesidades particulares, así como entregas más frecuentes y rápidas.

En medio de este contexto, las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME) cumplen un rol fundamental en el tejido empresarial peruano debido a que emplean más del 60% de la PEA (INEI, 2019). Sin embargo, este segmento aporta poco a los ingresos del país debido a sus bajos niveles de productividad, lo cual a su vez genera un entorno para la informalidad laboral. Se estima que las MIPYME sólo aportan el 23.5% del valor agregado total generado por las empresas privadas formales. Dado este contexto, el estudio de los problemas del segmento MIPYME resulta prioritario en el diseño de políticas de desarrollo productivo que permitan una mejora de la productividad y del nivel de ingresos de la economía peruana (PRODUCE, 2015).

En marzo del 2020, en Perú se anuncia la identificación del primer caso de COVID-19, que posteriormente sería calificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como pandemia. La pandemia del COVID-19 viene afectando en mayor medida a las MIPYME de las economías en desarrollo, como es el caso de Perú donde se estima que para finales del 2020, se habrán perdido más de 1.2 millones de puesto de trabajo (OIT, 2020). En este marco, se requiere que las empresas articuladas a las cadenas de suministros los sectores de alimentos y de salud, puedan ser más eficaces a fin de evitar el desabastecimiento. Es así que las empresas de fabricación de envases plásticos de bebidas de consumo y de productos químicos de limpieza y desinfección, en su esfuerzo por contribuir a la reactivación deben mantenerse competitivos, y por ello requieren adoptar nuevas técnicas para mejorar su productividad.

La aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta puede contribuir con el objetivo de mejorar la productividad a través de la reducción de los costos de producción eliminando o minimizando los desperdicios del flujo de valor. En este marco, se ha desarrollado el presente trabajo, que se estructura en seis capítulos, y da como resultado un proyecto de mejora.

A continuación, se describen los capítulos mencionados:

En el Capítulo 1, se realiza una breve descripción del marco teórico sobre el concepto y principios de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing), que permita comprender los objetivos de esta filosofía de mejora continua e identificar las herramientas y metodologías más idóneas para contribuir en la mejora de la situación actual de la empresa en estudio.

En el Capítulo 2, se presenta a la empresa en estudio, donde se describe una breve reseña histórica de la misma, su misión, su visión, políticas y objetivos, su organización, las líneas de negocio, las familias de productos y los clientes asociados a las mismas. También se hace una descripción de su proceso productivo, maquinarias y métricas actuales usadas en las áreas definidas dentro del alcance del presente trabajo. Lo anterior permite entender el contexto de la mejora y presentar esquemas que ilustren la situación actual.

En el Capítulo 3, se elabora el diagnóstico y análisis de la situación actual de la empresa basado en el indicador Efectividad Global del Equipo (OEE) que mide el nivel de productividad de los equipos de producción. Los datos se obtuvieron de los registros de producción que se han analizado. Se identifican las pérdidas del proceso productivo y se selecciona las herramientas de Manufactura Esbelta.

En el Capítulo 4, se establece el plan de acciones para la mejora de los procesos, donde se detalla las herramientas de Manufactura Esbelta propuestas: 5S, Mantenimiento Autónomo, SMED y LUP que ayudan a minimizar o eliminar las pérdidas.

En el Capítulo 5, se analiza el impacto económico a través del VAN, TIR, B/C, entre otros, de la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta.

En el Capítulo 6, finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones a las que se llega dentro del alcance del presente trabajo.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Concepto de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)

El término “*Lean*” –Esbelta, fue establecido por un grupo de estudio del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) a fin de describir y analizar a nivel mundial los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz. El grupo de estudio destacó las ventajas del Sistema de Producción de Toyota (considerada la empresa automotriz japonesa de mayor éxito) y denominó como “*Lean Manufacturing*” –Manufactura Esbelta, al conjunto de métodos y herramientas que había utilizado desde los años 60’s y que posteriormente se afinó en la década de los 70’s con la participación de Taiichi Onho y Shingeo Shingo. Los métodos y herramientas empleados tienen por objetivo minimizar el uso de recursos para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitados y con tendencia a los cero defectos (Reyes, 2002).

El Sistema de Producción de Toyota, como se puede ver en la Figura 1, sienta su base en contar con una gestión visual, procesos estables y estandarizados y una producción nivelada (Heijunka) sobre el cual establece dos pilares que son el Just-in-time y el Jidoka, para de este modo establecer el foco principal en la mejor calidad, el menor costo, el menor *Lead time*, la mejor seguridad y plena moral. Asimismo, que el soporte y centro de todo el sistema es la mejora continua, dada por las personas y equipos de trabajo y la resolución de desperdicios (Liker, 2011).

El trabajar con el enfoque de Manufactura Esbelta permite cambiar el pensamiento de gestión tradicional, basado en dirigir a la empresa sobre el logro de objetivos económicos-financieros, por uno en que los grandes resultados a nivel económico y financiero y la supervivencia de la empresa en el largo plazo son dados por las mejoras y adaptaciones de los procesos continuamente (Rother, 2017).

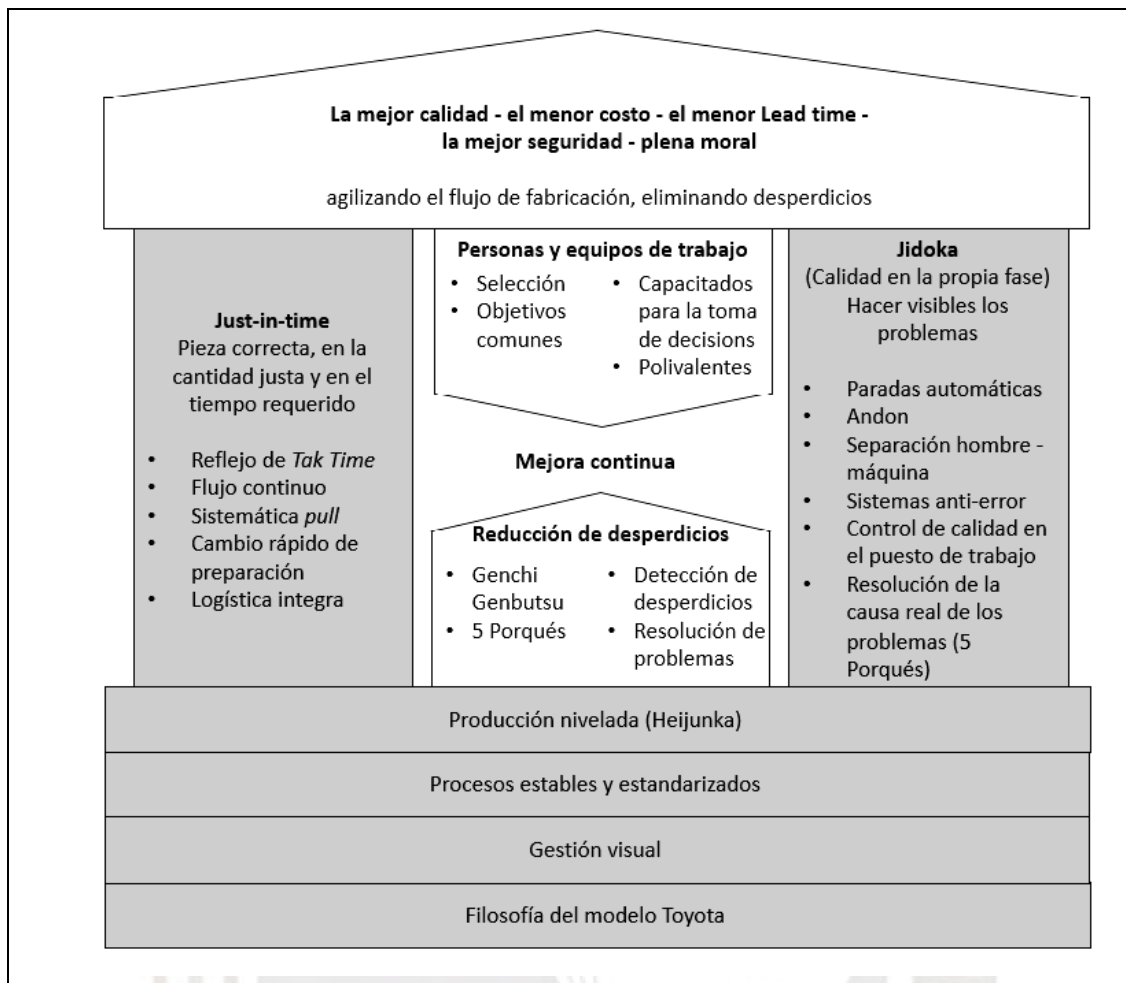


Figura 1. El Sistema de Producción de Toyota
Fuente. Liker (2011)

1.2 Principios de la Manufactura Esbelta

Los principios de Manufactura Esbelta permiten establecer como objetivos de la empresa el qué, el cómo, el cuánto y el cuándo de los productos y servicios que espera el cliente. Con base en ello se debe analizar y definir aquellas actividades que agregan valor y aquellas actividades que no agregan valor, y dentro de esta última cuales son necesarias y cuales son “desperdicio” (que en japonés se conocen como Muda). Los métodos y herramientas de Manufactura Esbelta permiten la eliminación de los desperdicios y continuar con un proceso constante de mejora, basada en desarrollar nuevamente el análisis anterior. A continuación, se explicará los 5 principios de Manufactura Esbelta que toda organización debe tener en cuenta para poder mejorar sus procesos productivos (Womack & Jones, 2013).

1. Definir el “valor” de los productos y servicios desde el punto de vista del cliente

Womack & Jones (2013) define como “valor”, el bien (producto y/o servicio) que satisface las necesidades de los clientes, en un tiempo establecido y a un precio determinado. Es así que para definir e identificar el “valor” de un producto y/o servicio es fundamental la perspectiva del cliente, lo que a su vez nos permitirá conocer las actividades que agregan valor y las que no agregan valor.

2. Identificar el flujo o cadena de valor

El flujo o cadena de valor son todas las actividades necesarias para el diseño y producción de un bien (producto y/o servicio), pasando a través de las diferentes áreas de la empresa.

3. Hacer fluir el valor

Con la eliminación de “desperdicios”, la empresa debe entender la importancia de que las actividades de valor agregado fluyan de manera suave y directa, desde la materia prima hasta el consumidor y que los problemas sean visibles de manera constante.

4. Dejar que el cliente jale el valor

Considerando la fluidez del valor, se debe adoptar un sistema de producción pull (demanda “jalada” por el cliente) o Just-in-time (Justo a tiempo), con el objetivo de finalmente fabricar exactamente lo que el consumidor desea, de la forma en como lo desea, con la cantidad que necesita y en el momento que lo necesita.

5. Mejorar y adaptarse continuamente

Con los primeros cuatro pasos es innegable que agregar eficiencia al proceso de producción o servicio siempre será posible, considerando que los clientes al que responde la empresa y el contexto en que yace son dinámicos y por ende cambiantes. Es así que resulta clave adoptar una filosofía de mejora y adaptación constantes para la sostenibilidad de la empresa.

1.3 Pérdidas asociadas a los equipos y máquinas en los procesos productivos y su medición

En procesos productivos que requieren de un uso intensivo de equipos y máquinas, surge la necesidad de eliminar o minimizar las pérdidas asociadas al estado de esos equipos y máquinas, de modo que puedan mantenerse disponibles a producir en su máxima capacidad, con la calidad definida por el cliente y sin paradas no programadas. La productividad, calidad, coste, entrega, seguridad, entorno y moral (factores de salida de un proceso productivo que relacionan la ingeniería y el mantenimiento) están considerablemente influidos por las condiciones de los equipos y máquinas. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) establece “6 grandes pérdidas”, que las agrupa en 3 tipos, en los procesos productivos (Nakajima, 1992), las cuales serán consideradas para el presente estudio:

Por tiempo de no producción (tiempo “muerto”)

- Averías debidas a fallos del equipo
- Preparación y ajustes: asociado a los cambios de matrices, otros

Por pérdidas de velocidad

- Tiempo en vacío y paradas cortas: asociada a operación anormal de sensores, bloqueos de trabajos en rampas, otros
- Velocidad reducida: diferencia entre la velocidad planificada y la real

Por defectos:

- Defectos en proceso y repetición de trabajos: defectos y desperdicios de calidad que requieren reparaciones
- Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y la producción estable

1.3.1 Indicador Efectividad Global del Equipo (OEE)

La Efectividad Global del Equipo (OEE por sus siglas en inglés: Overall Equipment Effectiveness) es un indicador que muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a una máquina ideal equivalente, en términos de disponibilidad, rendimiento y

calidad. Con el OEE se puede conocer el rendimiento actual y optimizar los procesos de fabricación (González, 2009).

El OEE está relacionado directamente con los costos operativos, informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y relaciona la toma de decisiones financieras con el rendimiento de las operaciones de planta, al permitir justificar las decisiones sobre nuevas inversiones. Asimismo, el OEE permite mejorar la eficiencia del equipo y crea en los operadores los conocimientos para abordar las pérdidas dentro del proceso productivo (González, 2009).

En una situación ideal los equipos funcionan el 100% de su tiempo, al 100% de su capacidad y dan como resultado el 100% de su calidad. Esto difiere de la realidad debido a las pérdidas. Las pérdidas reducen el aprovechamiento de los equipos, instalaciones e insumos y, en consecuencia, reducen la efectividad del proceso. Y, precisamente el cálculo del OEE indica dónde disminuir esas pérdidas (González, 2009).

El OEE engloba todos los parámetros fundamentales porque al analizar los tres factores que lo forman se puede determinar si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad, rendimiento (eficiencia) o calidad. El cálculo del OEE resulta de multiplicar los tres factores de manera porcentual: $OEE = \text{disponibilidad} * \text{rendimiento} * \text{calidad}$; que a continuación se detallan (González, 2009):

- **Factor disponibilidad:** se ve afectado por el tiempo que la máquina podría estar trabajando, pero se encuentra detenida.
- **Factor rendimiento:** mide la relación entre la producción actual e ideal. Este factor se ve afectado por dos tipos de pérdidas: las paradas menores y la velocidad de operación. Ambas afectan el buen funcionamiento del equipo, pero la velocidad representa la diferencia entre la velocidad de diseño del equipo y la velocidad con la cual está operando el equipo.
- **Factor calidad:** implica aquellas ocasiones en la cual los equipos están produciendo sin cumplir con las especificaciones de calidad. Las pérdidas que lo componen son el scrap, purgas y retrabajo que provocan desperdicio de materiales y las pérdidas de

arranque que ocurren cuando la producción no está estable durante el arranque del equipo y por lo tanto no cumple el producto con las especificaciones.

1.4 Métodos y herramientas de Manufactura Esbelta

Para abordar las pérdidas antes mencionadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación, se abordará diversos métodos y herramientas que se priorizarán, considerando el análisis del indicador Efectividad Global del Equipo (OEE).

1.4.1 Las 5S

Las 5S es una metodología que tiene por objetivo la creación de un entorno de trabajo ordenado, limpio y más seguro, lo cual permite tener un flujo continuo en las operaciones. Las 5S se establece como la base indispensable para la mejora de procesos productivos, pues a nivel de las personas genera el desarrollo de hábitos básicos, como la separación, el orden, la limpieza, la estandarización y la disciplina, así como el seguimiento de las acciones (Socconni & Barrantes, 2005). Son los cinco hábitos y/o buenas prácticas antes descritos que por su denominación en japonés con la letra “S” dan el nombre a la herramienta:

1. **Seiri - Seleccionar y/o separar:** revisar las herramientas, piezas, equipos y demás necesarias utilizadas y no en el proceso productivo, para luego separar las mismas en base a criterios como: pertinencia de presencia en el área, constancia de uso en la operación y si está operativa.
2. **Seiton - Ordenar:** organizar las herramientas, piezas, equipos y demás necesarias en el proceso productivo para facilitar su uso. Se debe contar con lista de todo y consignar un espacio para cada cosa, de forma que se facilite su ubicación, identificación y disposición.
3. **Seiso - Limpiar:** identificar las fuentes que producen la suciedad y verificar una adecuada condición de las herramientas, piezas, equipos y demás necesarias en el proceso productivo a fin de mantener la limpieza del área de trabajo antes ordenada.
4. **Seiketsu - Estandarizar:** establecer un mecanismo sistémico para llevar a cabo la separación, el ordenamiento y la limpieza para tener un adecuado entorno de trabajo.
5. **Shitsuke - Disciplinar:** comprometer la participación de todos los integrantes de la organización en el constante desarrollo y mantenimiento de cada uno de los hitos que se van alcanzando, permitiendo estabilizar el proceso y continuar mejorando.

1.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total es un método de gestión, que se enfoca inicialmente en maximizar la disponibilidad de los equipos utilizados en el proceso productivo, evitando fallas inesperadas y los defectos que se puedan generar. Se aborda el mantenimiento de los equipos a través de una constante actualización y verificación de las condiciones óptimas, contando con la participación de las diversas áreas y/o departamentos de la empresa que se estén involucrados, similar a un esquema de Calidad Total. El Mantenimiento Productivo Total establece 8 pilares que son (Feld, 2002):

1. **Mejoras enfocadas:** eliminar las limitantes y pérdidas de los equipos. Se trabaja a través de un análisis del actual funcionamiento y con base al análisis de la causa raíz y/o empleo de herramientas y métodos complementarios.
2. **Mantenimiento Autónomo:** Pilar característico del TPM, en el que se establece un mecanismo sistémico para que los operarios desarrollen actividades diarias no especializadas y sistemáticas en los equipos, como: inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras y análisis de las causas de las anomalías detectadas. El desarrollo del Mantenimiento Autónomo establece los siguientes pasos: (0) Preparación, (1) limpieza inicial, (2) acciones correctivas en las fuentes de suciedad/contaminación y lugares de difícil acceso, (3) preparación de estándares de limpieza, inspección y lubricación, (4) inspección general, (5) inspección autónoma, (6) estandarización, y (7) control autónomo pleno - autogestión. El Paso 0, implica en la práctica la implementación de la 1ra. y la 2da. S para luego integrarse a partir de la Tercera S “Limpieza”.
3. **Mantenimiento planificado:** establecer un mecanismo sistémico para que se tenga rutinas diarias, periódicas y predictivas para prevenir y corregir averías. Las actividades son desarrolladas por personal especializado en cada uno de los equipos que son revisados.
4. **Mantenimiento de calidad:** mantener técnicas para el control y aseguramiento de la calidad con el empleo de instrumentos precisos de medición y predicción de defectos. Se debe manejar un programa de inspección periódica de factores críticos que se establecen para el producto.
5. **Educación y entrenamiento:** Generar competencias según el objetivo de la empresa a fin de contar con personal capacitado y/o polivalente. Se debe procurar la generación

de competencias en: (i) manejo de los equipos, (ii) la gestión y liderazgo – coaching, y (iii) el desarrollo de habilidades para la cooperación con herramientas como la Lección de Un Punto (LUP).

6. **Seguridad y medio ambiente:** prevenir un entorno para asegurar la integridad de las personas y disminuir el impacto en el medio ambiente, siendo este un pilar transversal. Se establece el principio de eliminar los riesgos en los equipos y hallar medidas de contención, empleando la menor cantidad de recursos como energía y agua para el proceso productivo.
7. **Gestión temprana de equipos:** actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su funcionamiento. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial de comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo.
8. **TPM en áreas administrativas:** Estas actividades no involucran al equipo productivo. Departamento de planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso que produce información. Allí también las pérdidas potenciales a ser recuperadas son enormes.

1.4.3 SMED

El SMED (por sus siglas en inglés: Single Minute Exchange of Die) es un método que tiene por objetivo reducir el tiempo de cambio del “set-up” o preparación de la máquina a partir de la separación de los tipos de operaciones, considerando el tiempo de cambio desde la última pieza correcta de un lote desarrollado hasta la primera pieza correcta de un lote nuevo. Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos: (i) Preparación interna, aquellas actividades que se pueden desarrollar sólo cuando la máquina está detenida, y (ii) Preparación externa, aquellas actividades que se pueden desarrollar mientras la máquina está operativa (Landeghem, 2002).

Los cambios en los equipos son distintos dependiendo del tipo de operación y las herramientas utilizadas, sin embargo, tienen una misma secuencia: (i) preparación, ajuste post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres y demás, (ii) montar y desmontar herramientas y demás, (iii) centrar, dimensionar y fijar otras condiciones, y (iv) producción de piezas de ensayo y ajustes (Sekine & Arai, 1993).

La mayor dificultad del cambio es el correcto ajuste del equipo pues ello ocasiona que se destine un gran tiempo para la producción de piezas de ensayo y ajustes (50% del tiempo de cambio), es aquí que se debe incrementar la precisión de medidas y calibraciones dadas en los procesos anteriores (Villaseñor & Galindo, 2009).

El objetivo principal de la reducción del set-up es reducir el tiempo de inactividad del equipo durante un cambio. Esto significa minimizar la preparación interna. Asimismo, la preparación externa también debe minimizarse en tanto representan una cierta cantidad de horas hombre.

Se pueden identificar cuatro fases y tres pasos (como se muestra en la Figura 2). Entonces, la fase mixta es la situación inicial, antes de comenzar cualquier esfuerzo de mejora. El Paso 1 del SMED es la separación de la preparación interna y externa. Este paso puede dar reducciones de 30-50% del tiempo original. En la fase división se puede aplicar el Paso 2 del SMED: convirtiendo la preparación interna a externa. Esto mayormente se realiza mediante modificaciones técnicas. Las reducciones pueden llegar hasta el 75%. Finalmente, en la fase transferida, el Paso 3 del SMED consiste en minimizar o racionalizar la preparación interna y externa. Se pueden obtener mejoras con modificaciones técnicas, pero también usando técnicas tradicionales y estudios de IE (Industrial Engineering). De esta manera terminamos en la fase mejorada, que puede dar reducciones de más del 90% (Landeghem, 2002).

Después de pasar por las fases de mejora en la aplicación del SMED, el tiempo de preparación de las máquinas debe haberse reducido hasta un punto en el cual las líneas de producción tendrán mayor disponibilidad, podrán trabajar con lotes más pequeños y los tiempos de entrega del producto habrán mejorado, necesitándose para ello menos inventario. De esta forma se habrá superado un escollo más en el camino hacia la productividad, permitiendo que la empresa sea más flexible y más rápida.

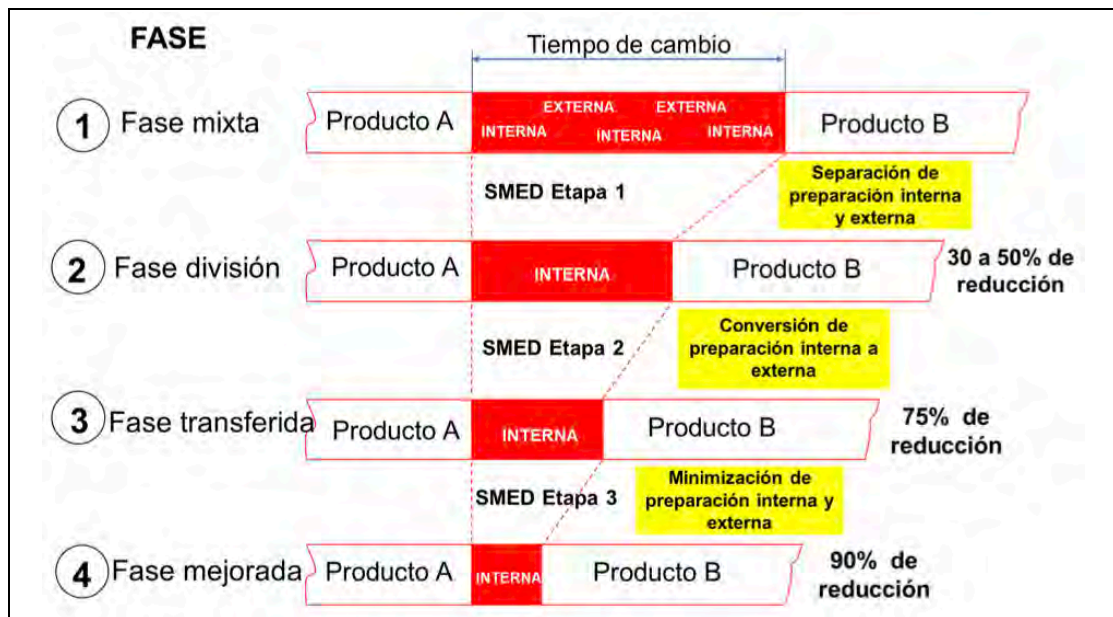


Figura 2. Visión general del SMED. Etapas conceptuales
Fuente. Paredes basado en Landeghem (2002)

1.4.4 Herramientas básicas para análisis de problemas

1.4.4.1 Diagrama de Pareto

Según Díaz, Bonilla, Kleeberg, & Noriega (2010) el Diagrama de Pareto es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, la influencia o el efecto que tienen determinados elementos sobre un aspecto.

A menudo se encuentra que la mayoría de los defectos encontrados en un producto se deben a unas pocas causas identificadas: lo anterior se debe al concepto de "pocos vitales" contra los "muchos triviales", introducido por el economista italiano Vilfredo Pareto.

El Diagrama de Pareto (Figura 3) permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función de su impacto en la organización.

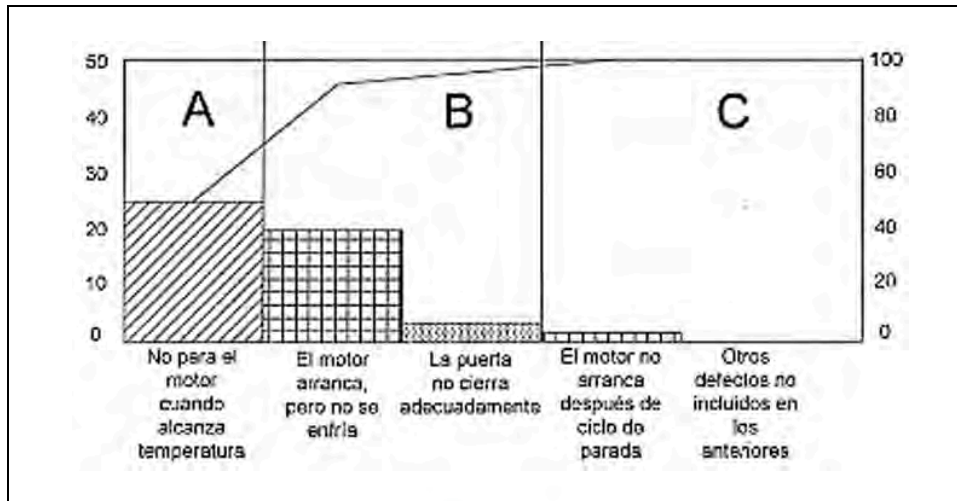


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Pareto. Subdivisión por tipo de falla
Fuente. Díaz, Bonilla, Kleeberg, & Noriega (2010)

1.4.4.2 Diagrama de Ishikawa (Diagrama Causa-Efecto)

En 1953, Kaoru Ishikawa, profesor de la Universidad de Tokio, resumió la opinión de los ingenieros de una planta dándole la forma de un Diagrama de Ishikawa (Figura 4) mientras discutía un problema de calidad. Se dice que esta fue la primera vez que se usó este enfoque. Antes de esto, el grupo de trabajo del profesor Ishikawa había usado este método en sus actividades de investigación. Cuando el diagrama se usó en la práctica, mostró ser muy útil y pronto llegó a usarse ampliamente en muchas compañías en todo Japón. Se incluyó en la terminología del JIS (Japanese Industrial Standards) del control de calidad, y se definió de la manera siguiente: diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores (Kume, 2002).



Figura 4. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa. Análisis de la falla del transferidor
Fuente. Díaz, Bonilla, Kleeberg, & Noriega (2010)

1.4.5 Lección de Un Punto (LUP)

Para garantizar la calidad del producto, la disponibilidad de los equipos y la seguridad en el puesto de trabajo, en la mejora de procesos se establece la transmisión y aprendizaje de conocimientos. Por ello resulta indispensable que, como parte del compromiso de la gerencia, se promuevan escenarios y se disponga de herramientas. Una de ellas es la LUP, Lección de Un Punto, que permite la transferencia de conocimientos y habilidades, simples o breves (Sosa, 2014).



CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO

2.1. La empresa a estudiar

La empresa se dedica a la fabricación de envases de plástico para uso de productos como yogurt, aceite, agua, alcohol y derivados, fármaco líquido, suplemento en polvo, gel, producto de limpieza, entre otros, con CIU 2220 - Fabricación de productos de plástico.

a. Visión:

Empresa reconocida a nivel nacional como una alternativa para la fabricación de envases plásticos para la industria de alimentos, químicos, fármacos y otros.

Reconocidos por la orientación al mejoramiento continuo en la calidad y la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes. Siendo una empresa que promueve un ambiente armónico de trabajo donde los colaboradores se comprometen a dar lo mejor de sí, generando oportunidades para el desarrollo personal y el rendimiento económico esperado.

b. Misión:

Producir y comercializar productos de óptima calidad que contribuyan al aumento y mejoramiento de la gestión comercial de nuestros clientes, cumpliendo con sus necesidades y las de nuestra organización.

En la empresa garantizamos la satisfacción de las necesidades de los usuarios con productos y servicios de calidad, cumpliendo con los tiempos de entrega y con precios competitivos. Contamos con un equipo competente e innovador para el desarrollo de los productos, procesos eficaces y con compromiso permanente en la mejora continua.

2.2. La estructura organizacional

La empresa se encuentra en la categoría de pequeña según la capacidad de facturación anual (150 a 1,700 UIT, INEI) y cuenta con una planilla de 18 trabajadores a tiempo completo, distribuidos en 2 turnos de trabajo (día y noche). La empresa está dividida en 4 áreas:

Administración/planificación, Mantenimiento, Ventas y Producción, y su estructura orgánica se detalla en la Figura 5.

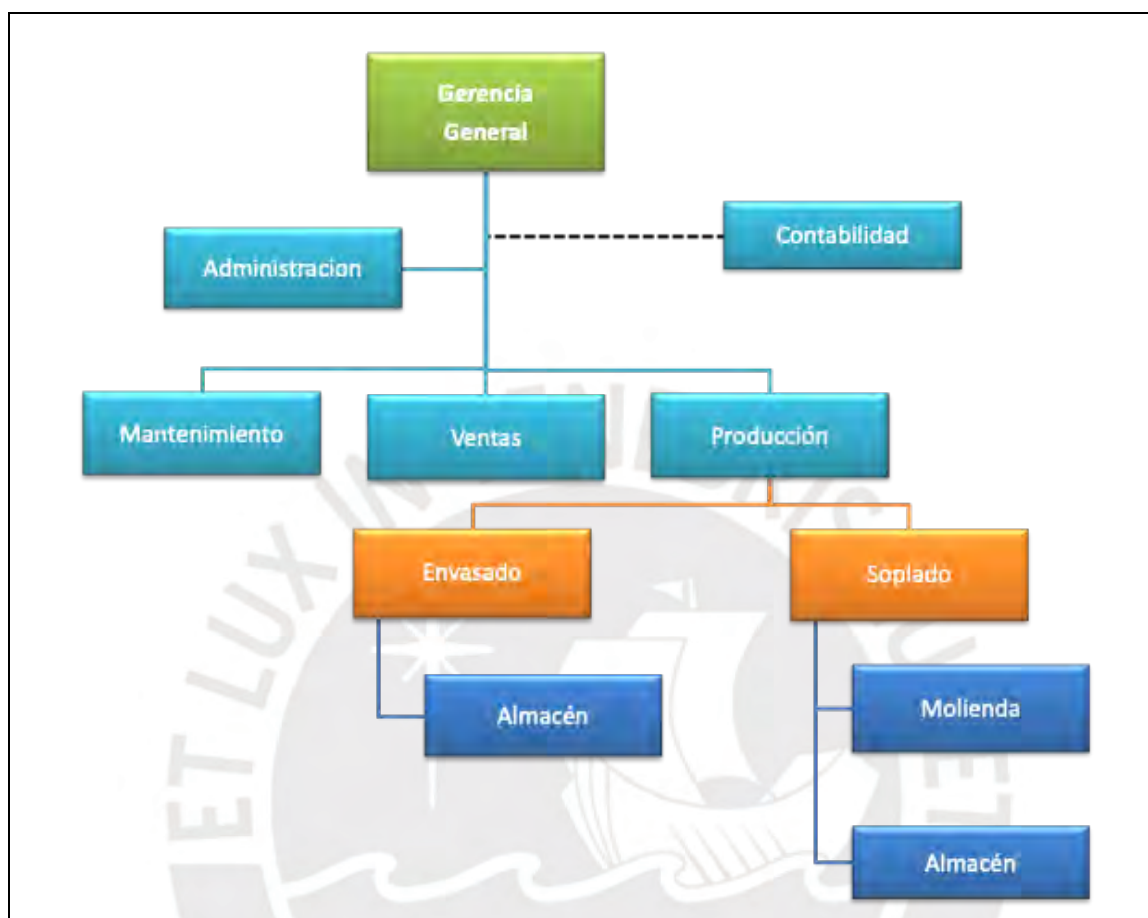


Figura 5. Organigrama de la empresa
Fuente. Elaboración propia

2.3. Las áreas y puestos operativos

Para la fabricación de los envases plásticos (botellas, galoneras, recipientes tubulares, entre otros), la empresa cuenta con las siguientes áreas y puestos en las áreas de producción y mantenimiento, los cuales desarrollan las funciones que se detallan en cada caso:

1. Mantenimiento

➤ Jefe de mantenimiento:

- Elaborar el Plan Anual de Mantenimiento preventivo por máquina y colocarlo en calendario mensualmente.

- Elaborar el Plan Anual de Mantenimiento preventivo por matrices (guías, coronas y refrigeración).
- Elaborar el Plan Anual de Mantenimiento preventivo de luminarias (limpieza).
- Elaborar el Plan Anual de Mantenimiento del tablero eléctrico por cada máquina (quitar polvo, ajustar contactos y pernos, pistola espectómetro, inicialmente se realizan en todas las máquinas y luego una vez a la semana).
- Elaborar el Plan Anual de Mantenimiento del tablero eléctrico y de la planta en general.
- Coordinar la preparación de un Plan de Mantenimiento de banco de condensadores (contratación de terceros, expertos en banco de condensadores).
- Realizar pedidos, controlar y asegurar un inventario de repuestos y herramientas (stock de consumibles).
- Hacer inventario semestral de repuestos y herramientas.
- Hacer el análisis de datos por mantenimientos y consumos del proceso.
- Realiza rutinas diarias de revisión de equipos e instalaciones.
- Registrar la salida de matrices o piezas donde se indique porque este fue llevado a mantenimiento o reparación.

2. Producción

➤ Jefe de producción:

- Informar al jefe de mantenimiento por fallas en máquinas, repuestos.
- Generar mediante indicadores, niveles de producción por objetivos y por turnos de trabajo.
- Reportar el estado del matriz por escrito al terminar la producción, de tener fallas, colocar la matriz en el carro rojo.
- Verificar el óptimo estado de las matrices y piezas antes de iniciar la producción.
- Programar la producción de acuerdo a ventas (pedidos) o stock (inventarios).
- Solicitar el abastecimiento de materia prima y otros (masterbasch, polietileno, otros).
- Distribuir al personal en planta de acuerdo a la producción establecida.
- Solicitar el reabastecimiento de sobre empaques y tapas.
- Entrenar y supervisar las labores del personal de producción.
- Verificar la calidad (prueba de hermeticidad, peso, puntos negros, deformidad, etc.) de los envases plásticos.

- Generar una orden y reporte de producción para trabajarlo con los indicadores de producción.
- Revisar los reportes de los estados de las máquinas, repuestos o matrices y coordinar con el jefe de mantenimiento para su debida corrección.
- Maquinista:
 - Operar la máquina sopladora durante el proceso de producción.
 - Reportar defectos y averías al jefe de producción.
 - Generar el registro de las pérdidas en las máquinas, según clasificación establecida.
 - Coordinar con el operario y el pelador los ritmos de producción.
 - Verificar la calidad (prueba de hermeticidad, peso, puntos negros, deformidad, etc.) de los envases plásticos.
 - Reportar el estado del matriz por escrito al terminar la producción, de tener fallas, colocar la matriz en el carro rojo.
- Operario de soplado:
 - Apoyar todas las funciones del maquinista.
 - Preparar las herramientas para el cambio de matriz.
 - Abastecer de materia prima a la máquina sopladora.
 - Retirar los productos desechados y separar para reproceso.
- Pelador:
 - Retirar los excedentes (rebabas) de los envases plásticos.
 - Verificar la calidad de los envases plásticos.
 - Empaquetar los envases en bolsas y/o cajas de acuerdo a requerimientos del cliente.

2.1. Molienda

- Operario de molienda:
 - Operar la máquina de molienda.
 - Clasificar los tipos de materiales (reciclado /virgen).
 - Verificar y lavar los productos para molienda.
 - Mezclar los productos por colores y tipos.
 - Empaquetar los productos reciclados y etiquetarlos.
 - Generar un reporte del stock de productos reciclados.

2.2. Almacén

- Operario de almacén:
 - Recepcionar productos.
 - Ubicar los productos según inventario (método FIFO).
 - Manejar kardex (ingresos y salidas).
 - Registrar información en herramientas y/o equipos informáticos.
 - Despachar productos.

2.4. Proceso de producción de botella de plástico

El proceso de producción de una botella de plástico se desarrolla con la conformación por calor del polietileno de alta y baja densidad, a través de una máquina sopladora o de soplado que tiene un matriz específica instalada. Luego de ello, se procede con el corte de las rebabas y el almacenamiento en bolsas de 50 unidades. El proceso de producción de una botella es el siguiente: lo primero es cambiar la matriz para el tamaño y diseño específico de la botella, luego de ello se procede a la programación de la máquina sopladora. El polietileno de alta o baja densidad ingresa a través de la tolva de la máquina sopladora y por efecto del calor (polietileno en forma de masa), por “soplado” (ingreso de aire a alta velocidad), se deforma obteniendo la forma de la botella de plástico de la matriz. La máquina sopladora enfría la botella con ventiladores, para luego proceder al corte en los extremos. La botella cae en una tina o balde de productos intermedios, ahí se procede con el retiro de los excesos de extremos (rebabas) de las botellas de forma manual (con cuchillas) y colocar finalmente en bolsas de plástico, de acuerdo con el lote, para su almacenamiento. En la Figura 6 se presenta el proceso de producción.

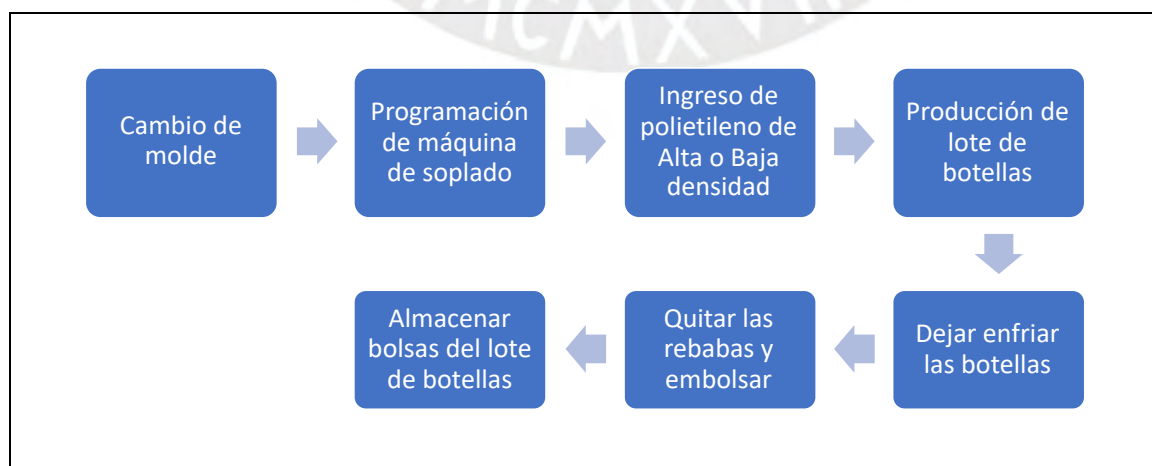


Figura 6. Proceso de producción de botella de plástico
Fuente. Elaboración propia

2.5. Diagrama Analítico de Proceso (DAP)

Para describir el proceso de producción de la empresa a través del Diagrama Analítico de Proceso (DAP) se ha observado el flujo de producción de una botella de plástico de 1 litro para yogurt con materia prima virgen (no reutilizado). En la Figura 7 se puede ver en detalle el proceso antes mencionado y datos del proceso productivo que se han consignado en las observaciones:

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO		Máquina/Operación:
PROCESO: ENVASE CON MP VIRGEN - YOGURT 1LT (1000 envases)		Material: Polietileno con alta densidad para soplado
METODO: <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto		Operario: _____
DESCRIPCIÓN		OBSERVACIONES
	Distancia en metros Tiempo en minutos (para 1000 envases)	
Preparación para el cambio de molde (por cada 1000 envases)	0.7997	Alista molde en carrito (incluye traslados). Tiempo= 1min 35 seg
Cambio de molde (por cada 1000 envases)	46.465	Varía de acuerdo al tipo de cambio de molde, accesorios y máquina. Incluye traslados a traer herramientas o piezas necesarias para cambios de molde. Tiempo entre: 57min - 2h 07min Puede haber hasta 3 operarios.
Regulación y programación de máquina (por cada 1000 envases)	28.535	Tiempo entre: 20 min - 1h 33 min Sale el material, lo pesan y prueban hasta que tenga las especificaciones adecuadas. Sigue saliendo el material en todo momento. Alrededor de 50 botellas que se reciclan (45 producidas, 5 tras de material que botó la máquina) Puede haber hasta 3 operarios. Se realiza en paralelo la limpieza de color.
Transporte de materia prima virgen a almacén de MP en proceso	1.1389	Tiempo= 41 seg por 2 sacos Se realiza 1 vez en un turno llevando 12 sacos por turno. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Almacén de materia prima en proceso		Se mantiene durante la producción Se realiza en paralelo al cambio de molde (celeste). Lo realiza otro operario.
Transporte de materia prima de almacén de MP en proceso a máquina	0.7867	Tiempo= 14.16 seg Se realiza entre 12 veces en un turno. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Colocar materia prima en máquina	0.1111	Tiempo= 2 segundos Se realiza entre 12 veces en un turno. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Realizar producción de lote (soplado)	166.67	Tiempo de ciclo= 10 seg x envase
Dejar enfriar envases	64	Tiempo para 50 env aprox= 3min 12 segundos Depende del operario, en una línea entran 50 envases, pero no siempre esperan a que llene la línea. Paralelo a producción lote.
Quitar rebabas y embolsado (pelado)	77.667	Tiempo para 50 envases= 3min 53 seg Paralelo a producción lote.
Traslado a área de pruebas (peso)	0.6944	Tiempo= 15 segundos por una unidad. Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Realizar prueba de peso	0.1852	Tiempo= 4 segundos por una unidad. Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Traslado a máquina	0.6944	Tiempo= 15 segundos por una unidad Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Traslado a área de pruebas (hermeticidad y agua)	3.8889	1min 24 seg (incluye recoger agua) Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Realizar prueba de hermeticidad	1.3889	30 segundos para un envase. Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Traslado a máquina	0.787	Tiempo= 17 segundos Paralelo a producción lote. Deberían realizar esta prueba cada hora (10 veces), pero actualmente se realiza cuando el operario se acuerda. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Transporte de rebabas a molino	0.6667	Tiempo= 1.2 min El balde es llevado 2 veces al día aprox. a molino. En un turno, hacen aprox. 3600 envases. Paralelo a producción lote.
Transporte a pallet	4.6117	Tiempo= 27.67 segundos para dos bolsas de 50 unidades de botella de yogurt. Algunos lo llevan de uno en uno, otros de dos en dos, otros esperan a que se acumulen varios y lo llevan.
Transporte a almacén de producto terminado	2.7167	Transportar el producto terminado: -Retirarlo del área de producción y colocarlo en medio del patio de maniobras: 3min -Apilarlo en almacén: 227.5 seg Se colocan usualmente de 50 paquetes de 50 unid. en un pallet.
Almacén de producto terminado (tapas)		En paquetes de 50 unidades
Limpieza de color	2.5909	Tiempo= 8.55 min Se realiza 1 vez al día aprox. Cambio de color paralelo a producción. Se produce 3600 envases en un turno. Cuando no se realiza cambio de molde. Se realiza paralelo a la producción.

Figura 7. Diagrama Analítico de Proceso (DAP) para la producción de envases plásticos
Fuente. Elaboración propia

2.6. Lección de Un Punto (LUP)

Se establece tres diferentes tipos de LUP (Paredes, 2019), que son:

- **LUP de conocimientos básicos:** cubren déficits de conocimientos necesarios para los miembros del equipo, para sus actividades de mantenimiento y operaciones de producción diarias. Estas LUP pueden tratar de subsistemas del equipo, puntos de seguridad o información operativa básica.
- **LUP de ejemplos de problemas:** comunican conocimientos o habilidades para que los operadores eviten la repetición de problemas similares. que se espera no vuelvan a repetirse.
- **LUP de ejemplos de mejoras:** aseguran que las ideas de mejora que han tenido éxito se utilicen ampliamente. Presentan lo que tiene que hacerse para prevenir o corregir anomalías del equipo describiendo los planteamientos, acciones y resultados de proyectos de mejora específicos. La LUP permite un entrenamiento sólo en el momento que sea necesario y entrenar sólo sobre lo que en el punto de trabajo (que en japonés se denomina Gemba) requiere.

En la Figura 8 se puede observar un ejemplificado de la LUP.

LOGO	LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP)			Nº
TIPO:	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimiento Básico	<input type="checkbox"/> Problema	<input type="checkbox"/> Mejora	Nombre
TEMA:	Tipos de LUP			Fecha
		Elaborado por:		
		Aprobado por:		
<p>Conocimientos básicos</p> <p>Cubren déficits de conocimientos necesarios para los miembros del equipo para sus actividades Lean-TPM y operaciones de producción diarias. Estas LUP's pueden tratar de subsistemas del equipo, puntos de seguridad o información operativa básica.</p> <p>Ejemplos de Problemas</p> <p>Comunican conocimientos o habilidades para que los operadores eviten la repetición de problemas similares.</p> <p>Ejemplos de Mejoras</p> <p>Aseguran que las ideas de mejora que han tenido éxito se utilizan ampliamente.</p> <p>Presentan lo que tiene que hacerse para prevenir o corregir anomalías del equipo describiendo los planteamientos, acciones, y resultados de proyectos de mejora específicos.</p>				
Fecha:				
Introducido:				
Elaborado:				

Figura 8. Ejemplo de Lección de Un Punto (LUP)
Fuente. Instituto de Mejora Continua e Innovación (2014)

2.7. Distribución de las áreas y las máquinas en la empresa

La empresa se establece en un espacio de 1 120 m² en una zona urbana, con un solo lado de acceso a la avenida principal (parte superior en la Figura 9). Las instalaciones son de una sola planta.



Figura 9. Plano de planta a escala 1:75 de la empresa a estudiar
Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa maneja 93 tipos de envases plásticos considerando su color, materia prima utilizada, capacidad, detalles en la forma y disponibilidad de matrices. Los envases plásticos pueden ser clasificados a nivel de 17 familias de productos, que están detalladas en la Tabla 1, considerando el análisis de los siguientes procesos por cada una de las familias:

Tabla 1. Procesos para la producción de envases plásticos

1.	Molienda y mezclado		
2.	Producción del envase	2.1.	Soplado
		2.2.	Enfriado
		2.3.	Pelado
		2.4.	Pelado y colocar tapa
		2.5.	Cortado
		2.6.	Troquelado
		2.7.	Inspección envase
		2.8.	Colocar caja
		2.9.	Empaque y conteo
		2.10.	Empaque y pesado
3.	Producción de tapa	3.1.	Inyección
		3.2.	Enfriado
		3.3.	Quitar rebabas
		3.4.	Inspección tapas
		3.5.	Empaque
		3.6.	Pesado
		3.7.	Colocar cartón
		3.8.	Colocar alupol
4.	Despacho	4.1.	Retiro envases (1er piso)
		4.2.	Retiro envases (2do y 3er piso)
		4.3.	Limpieza
		4.4.	Pallet
		4.5.	Retiro tapas
		4.6.	Conteo tapas
		4.7.	Peso
		4.8.	Colocar alupol (aparte)
		4.9.	Carga mercadería

Fuente. Elaboración propia

Considerando el análisis de ventas de los años 2017 al 2019, por familias de productos, se tiene que una de las familias aporta el 32% de las ventas acumuladas (familia 2).

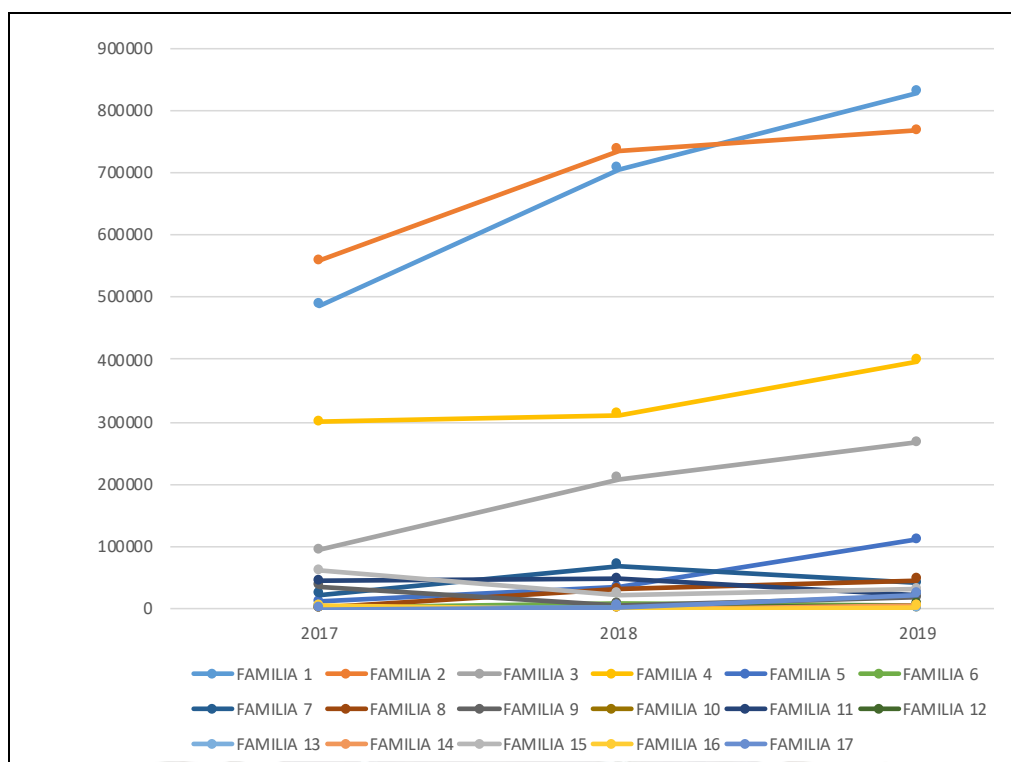


Figura 10. Tendencia de venta de las familias de productos
Fuente. Elaboración propia

Dentro de la familia de mayor aporte a las ventas (familia 2), se tiene los siguientes 16 tipos de envases de plástico que son detallados en la Tabla 2.

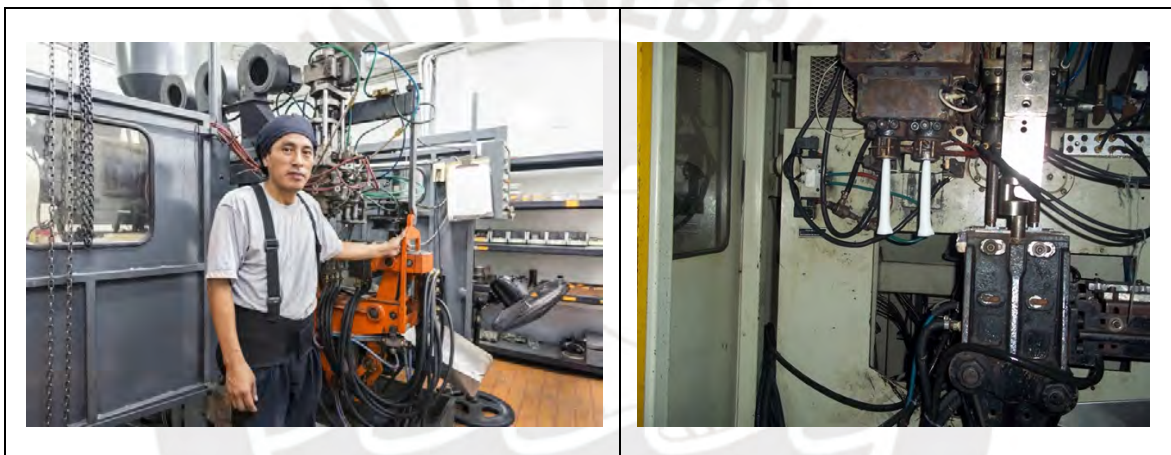
Tabla 2. Productos de la familia de mayor venta en la empresa

1.	Envase tipo yogurt anillo natural x 1 lt c/tapa
2.	Envase tipo yogurt sin anillo natural x 1 lt c/ta
3.	Envase tipo yogurt natural x 500 ml c/tapa
4.	Envase tipo yogurt la molina x 1 lt natural
5.	Envase yogurt ecológico natural x 1 lt c/tapa
6.	Envase cilíndrico natural x 1 lt c/tapa 28
7.	Envase cilíndrico natural x 500 ml c/tapa 28
8.	Envase cilíndrico natural x 220 ml c/tapa 28
9.	Envase cilíndrico natural x 250 ml c/tapa 28
10.	Envase tipo yogurt cuadrado natural x 1lt
11.	Envase cilíndrico natural x 1 lt c/tapa 36
12.	Envase tipo yogurt natural x 850 ml c/tapa
13.	Envase tipo yogurt natural x 946 ml c/tapa
14.	Envase tipo yogurt natural x 360 ml c/tapa
15.	Envase tipo lechera natural x 1 lt
16.	Envase tipo yogurt natural x 900 ml c/tapa

Fuente. Elaboración propia

En la fabricación de los envases de plástico se tiene procesos que se desarrollan en caliente y frío. El “soplado” de polietileno en caliente para la conformación del envase, y el corte de la rebaba y empaquetado en bolsas en frío. Es así, que el soplado es el proceso que agrega valor sobre el producto final (envases de plástico). En este proceso el elemento (“input”) de la producción más relevante es la máquina.

Considerando lo antes señalado, podemos mencionar que, para establecer mejoras en el proceso productivo de soplado de botellas, debemos enfocarnos en hacer efectivo el uso de las máquinas sopladoras. Los envases listados en la Tabla 2 (familia 2), de mayor venta en los últimos años, son obtenidos con el uso de la máquina sopladora N° 3.



*Figura 11. Máquina sopladora N° 3
Fuente. Elaboración propia*

3.1 Análisis del indicador OEE

Al tener la prioridad de mejora en el proceso desarrollado de la máquina sopladora N° 3, se procedió al recojo de información de producción entre los meses de marzo a junio de 2020. La información detalla los tiempos de producción, los porcentajes de defectos de productos y los tiempos de paradas, mediante un formato diseñado para ello.

Con dicha información se ha podido calcular la tasa de disponibilidad, la tasa de calidad, la tasa de rendimiento y, con base en lo anterior, el indicador OEE. A continuación, se detalla cada uno de los factores calculados:

1. Factor disponibilidad

En la toma de datos se ha caracterizado en los siguientes tipo de paradas, que de manera conjunta determinan la tendencia de la Figura 12:

- Cambio de matriz: relacionado con el cambio de matrices, cabezal y demás que dan la forma al envase de plástico.
- Avería: cuando la máquina ha tenido una falla funcional de alguno de sus elementos de máquina, lo que ocasiona una parada intempestiva del equipo (rotura de pieza, quemado de motor principal, falla de pistón, etc.).
- Cambio de color: ingreso de nuevo tipo y/o color de material que podría ser para un mismo producto, generalmente natural (sin coloración) a blanco o viceversa.
- Microparada: para la evaluación de calidad (peso y características).

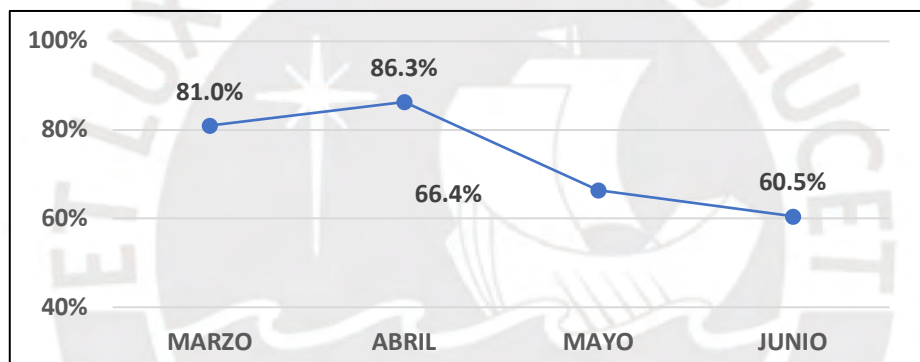


Figura 12. Gráficos de tendencias de factor disponibilidad (año 2020)
Fuente. Elaboración propia

2. Factor rendimiento

En la toma de datos se advierte, usando el comparativo de la producción estándar o de diseño de la máquina sopladora N° 3, que la máquina no opera en su máxima velocidad, generalmente entre el 90 y 95%, dependiendo de la exigencia del área de ventas. En la Figura 13 se puede observar la tendencia de este factor.

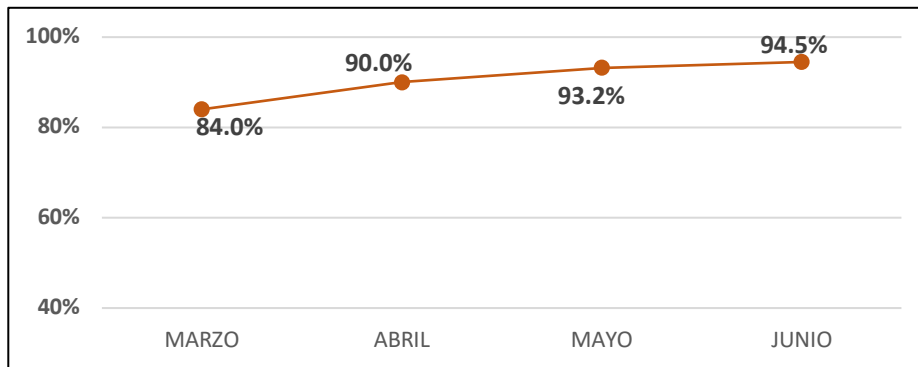


Figura 13. Gráficos de tendencias de factor rendimiento
Fuente. Elaboración propia

3. Factor calidad

Los datos registrados muestran que se producen envases plásticos que no cumplen con las características de calidad requeridas como: hermeticidad y peso, asimismo, envases que presentan suciedad (puntos negros, grasa) o no se encuentran bien conformada (deformidad). La mayoría de estos envases pasa a un proceso de molienda para convertirse en scrap y ser parte de la materia prima nuevamente; pero hay otro porcentaje que es desechado definitivamente, principalmente aquellos que tiene suciedad. En la Figura 14 se puede observar la tendencia de este factor.

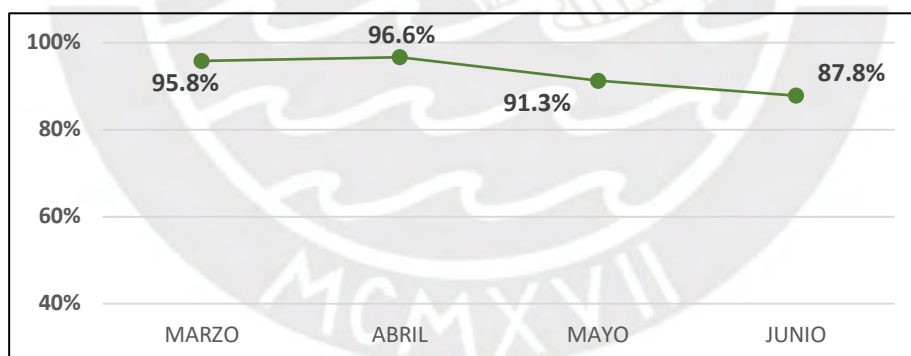


Figura 14. Gráficos de tendencias de factor calidad
Fuente. Elaboración propia

4. Indicador OEE

Considerando cada uno de los factores antes detallados, se procedió a multiplicar cada factor para los mismos periodos de tiempo ($OEE_t = disponibilidad_t * rendimiento_t * calidad_t$). En la Figura 15 se puede observar la tendencia del OEE entre los meses de marzo a junio de 2020.

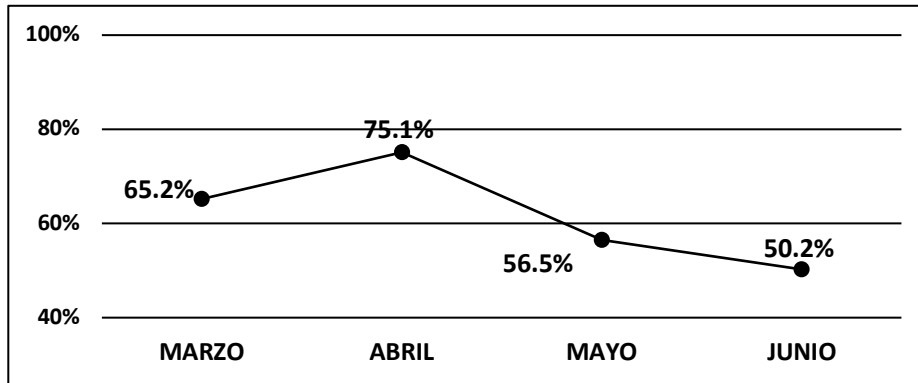


Figura 15. Gráficos de tendencias del OEE, basado en sus factores
Fuente. Elaboración propia

3.2 Análisis de las principales pérdidas

Cómo se puede apreciar en la Figura 12, la tasa de disponibilidad de la máquina sopladora N° 3 es el factor del indicador OEE más bajo. Por esta razón, efectuaremos la estratificación de los datos de paradas de máquina, para identificar aquellas causas de pérdidas que afectan más a la disponibilidad.

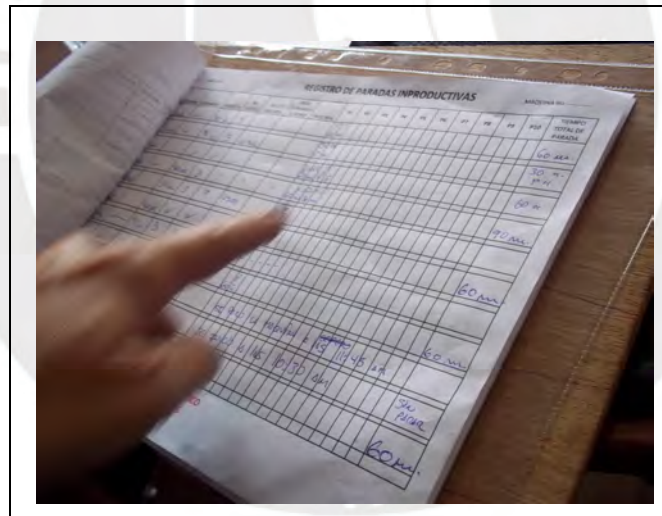


Figura 16. Formato para registro de paradas
Fuente. Elaboración propia

De los registros de parada (Figura 18, datos para junio), se tienen, en relación a la disponibilidad de máquina, los siguientes datos de la Tabla 3 según categoría de pérdida.

Tabla 3. Registro de tiempos de pérdidas en la máquina sopladora N° 3

CATEGORÍA DE PÉRDIDA	TIEMPO DE PARADAS (horas:minutos)				
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
CAMBIO DE MATRIZ	15:40	17:30	56:10	39:40	129:00 (56%)
AVERÍA	08:00	15:00	36:00	30:00	89:00 (39%)
CAMBIO DE COLOR	02:50	01:30	00:00	03:10	7:30 (3%)
MICROPARADA	01:20	02:20	00:40	01:50	5:10 (2%)

Fuente. Elaboración propia

Podemos observar en la Figura 17, que el tiempo de cambio de matriz (37 paradas) y de averías (18 paradas) son los que más afectan a la disponibilidad de la máquina y, por lo tanto, seleccionaremos éstas dos para poder identificar las causas raíz y posteriormente determinar acciones correctivas para disminuirlas o eliminarlas.

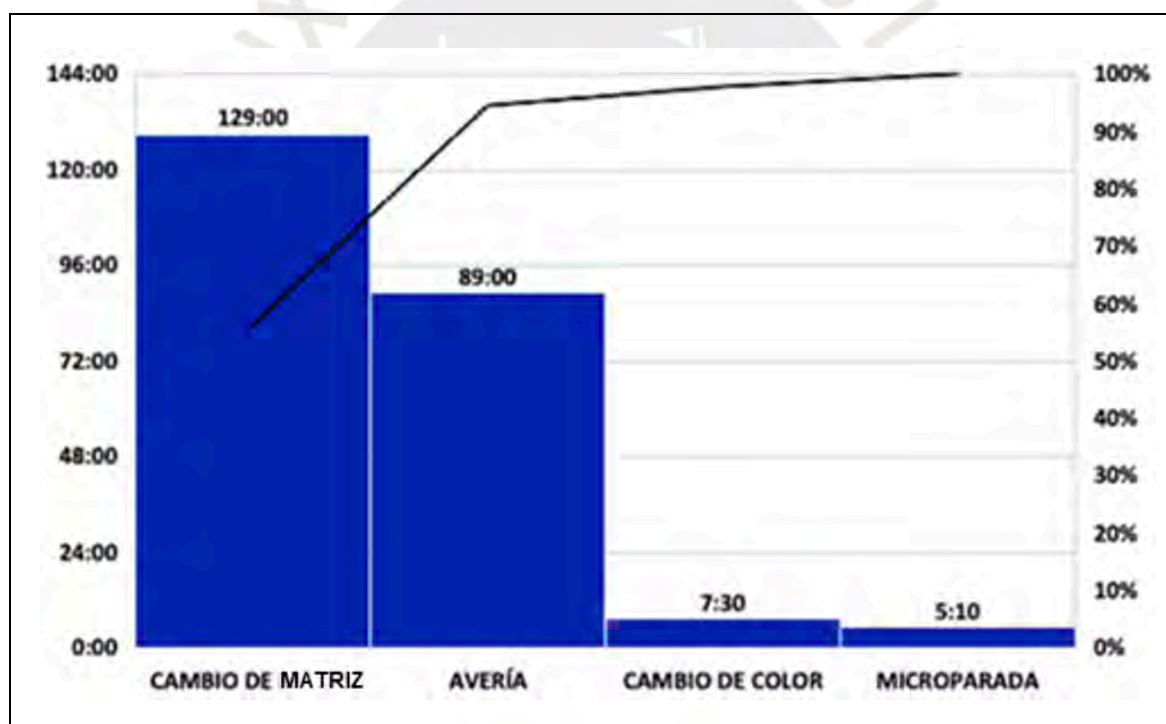


Figura 17. Pareto de paradas en la máquina sopladora N° 3

Fuente. Elaboración propia

LOTE DE PRODUCCIÓN	PRODUCTO	FECHA	TIEMPO DISPONIBLE (HORAS)	OPERARIO	H. INICIO	H. FINAL	T. HORAS (M.O)	T. TOTAL (M.O) POR PRODUCTO	TOTAL UNID. EMPACADAS EN MÁQUINA	T. PARADA MÁQUINA	MOTIVO DE PARADA	DETALLE	MICROPARADAS	PESO BOLSAS DE REZAGADOS	CANT. APROX. REZAGADOS	TOTAL EMPACADAS EN REZAGADOS	CT. INICIAL	CT. FINAL	CAVIDADES	PRODUCTOS (BUENOS+DES PERD.) CONTOMETER	PRODUCCION REAL (BUENA)	DESPERDICIO	T. CICLO X SEG	PRODUCCION ESTIMADA	PRODUCCION ESTIMADA EN NUMERO	%RENDIMIENTO PRODUCCIÓN	%CALIDAD (DETECTADO POR OPERARIO)	%DISPONIB. MÁQUINA
1511902	YOGURT BLANCO X 170 ML CON TAPA	1/06/2020	5:30	AROSTA R.	7:30	10:00	2:30	43:45	1200	3:00	OTROS	01:00 LIMPIEZA. 02:00 FALTA DE PERSONAL	0:00	0	0	0	4073	4737	2	29800	28200	1600	13.3	29819:32	29819:55	100%	95%	45%
1511903		3/06/2020	12:00	LAZARO J.	10:25	19:30	9:05		4400	4:45	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	01:00 ESPERA AFUERA. 01:30 CALENTAMIENTO DE MAQ. 00:25 REGULACION. 01:50 ALMUERZO. 00:50 SE CORRIGE EL CORTE POR FUGA DE AGUA EN UNO DE LOS PINES. PUNTOS	0:00	0	0	0	4750	6704										60%
1511904		4/06/2020	12:00	LAZARO J.	8:10	13:00	4:50		2400	0:40	CALENTAMIENTO DE MAQUINA		0:00	0	0	0	6705	9749										94%
1511905		5/06/2020	12:00	PAZ J.	13:00	14:00	1:00		400	0:00			0:00	0	0	0	9750	12305										81%
				LAZARO J.	14:00	19:30	5:30		3200	0:00			0:00	0	0	0												
				LAZARO J.	8:10	12:30	4:20		1600	1:40	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	00:40 CALENTAMIENTO DE MAQ. 01:00 CHARLA	0:00	0	0	0												
1511906	5/06/2020	12:00	MARQUEZ L.	12:30	14:00	1:30	800	0:35	REGULACIÓN	SE PEGABA LA REBABA AL PIN POR TENER MUCHO CORTE	0:00	0	0	0	12306	14900	79%											
LAZARO J.	14:00	19:30	5:30	2400	0:00			0:00	0	0	0																	
GOMEZ E.	19:30	5:00	9:30	5200	2:30	CAMBIO DE COLOR	A NATURAL PARA QUE EN LA MAQUINA HAGAN OTRO ENVASE 00:30 SE SACÓ EL RATON DEL	0:00	0	0	0	0																
1571901	BARRILITO QUINTO	6/06/2020	12:00	LAZARO J.	16:30	19:30	3:00	83:50	2000	9:00	CAMBIO DE MOLDE	AMORTIGUADOR. 01:30 CAMBIO DE MOLDE (LAZARO). 03:00 ESPERA DE REPUESTO. 00:30 COLOCACION DEL REPUESTO. 01:00 REFRIGERIO. 02:00 00:30 CALENTAMIENTO DE MAQ.	0:00	0	0	0	1	983	2	61814	53000	8814	9	65666:40	65666:67	94%	86%	25%
1571902		7/06/2020	12:00	LAZARO J.	8:00	19:30	11:30		6000	1:45	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	VARIAS MICROPARADAS POR RAYAS Y	0:42	0	0	500	984	4947										85%
1571903		8/06/2020	5:30	LAZARO J.	8:00	13:00	5:00		4000	0:30	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	00:30 CALENTAMIENTO DE MAQ. MICROPARADAS POR RAYAS	0:22	0	0	500	4948	6896										91%
1571904		10/06/2020	12:00	MARQUEZ L.	12:00	14:00	2:00		1000	4:30	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	03:00 CALENTAMIENTO DE MAQ. 01:30 SIN MATERIAL	0:00	0	0	0	6900	9902										63%
				LOZANO A.	14:00	15:00	1:00		1000	0:00			0:00	0	0	0												
1571905		11/06/2020	12:00	MARQUEZ L.	15:00	19:30	4:30		3000	0:00	MICROPARADA	6 PARADAS CORTAS POR RAYAS Y SE ALARGABA LA COLA	0:30	5	0	0	9921	14195										94%
				LAZARO J.	8:10	9:40	1:30		1000	0:40	CALENTAMIENTO DE MAQUINA		0:00	0	0	0												
1571906		12/06/2020	12:00	MARQUEZ L.	9:40	14:00	4:20		1500	0:00	MICROPARADA	PARADAS CORTAS DE 5 MIN POR RAYAS	0:40	0	0	0	14197	18280										83%
				FIGUEROA M.	14:00	15:00	1:00		500	0:00			0:00	0	0	0												
				MARQUEZ L.	15:00	19:30	4:30		3500	0:00			0:00	0	0	0												
1571907		13/06/2020	12:00	MESONES T.	8:30	14:00	5:30		3000	1:00	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	MICROPARADAS POR RAYAS	0:28	0	0	0	18298	21323										58%
	MESONES T.			15:00	19:30	4:30	3500	1:00	OTROS	REFRIGERIO	0:00	0	0	0														
1571907	14/06/2020	12:00	MESONES T.	9:30	14:00	4:30	2500	2:00	CALENTAMIENTO DE MAQUINA		0:00	0	0	0	21380	24548	100%											
			MESONES T.	15:00	17:30	2:30	2000	3:00	OTROS	01:00 REFRIGERIO. 02:00 TOMAS PAGA A LA MAQ.4 POR FALTA DE PERSONAL. RAYAS Y SE ACHICA LA COLA.	0:00	15.7	0	1000														
			MESONES T.	9:50	14:00	4:10	2500	2:20	CALENTAMIENTO DE MAQUINA		0:00	0	0	0														
1571908	15/06/2020	5:30	LOZANO A.	14:00	15:00	1:00	1000	0:00			0:00	0	0	0	24624	25723	55%											
			MESONES T.	15:00	19:30	4:30	2500	0:00	MICROPARADA	PARADAS CORTAS POR RAYAS Y SE ALARGABA Y ACHICA LA COLA	0:20	0	0	0														
1571909	17/06/2020	12:00	MESONES T.	8:00	11:00	3:00	2000	2:30	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	RAYAS Y SE ALARGABA Y ACHICA LA COLA. 02:00 REUNION DIA DEL PADRE	0:00	0	0	0	24624	25723	0%											
1571909	18/06/2020	12:00	MESONES T.	8:00	14:00	6:00	2000	1:00	CALENTAMIENTO DE MAQUINA	NO HAY PRODUCCION	12:00	0	0	0	0	0	0	0%										
1571909	19/06/2020	12:00	FIGUEROA M.	14:00	16:00	2:00	1500	3:30	FALLA MECÁNICA	MAQ. PARADA	0:00	0	0	0	26040	27850	63%											
			FIGUEROA M.	14:00	16:00	2:00	1500	3:30	FALLA MECÁNICA	MAQ. PARADA	0:00	0	0	0														
1571909	20/06/2020	12:00	FIGUEROA M.	14:00	16:00	2:00	1500	3:30	FALLA MECÁNICA	Y ELECTRICA	0:00	0	0	0	0	0	0	0%										
1571909	21/06/2020	12:00	FIGUEROA M.	14:00	16:00	2:00	1500	3:30	FALLA MECÁNICA	Y ELECTRICA	0:00	0	0	0	0	0	0	0%										
15719010	21/06/2020	12:00	LAZARO J.	16:10	19:30	3:20	2500	8:40	FALLA MECÁNICA	HABIA ESTADO PARADA POR FALTA DE REPUESTO (TRADUCTOR Y RESORTE DE VALVULA DE SUBIDA. SE REALIZO LA REPARACION (LAZARO)	0:00	0	0	0	27851	29183	28%											
15719011	22/06/2020	5:30	MESONES T.	8:30	11:00	2:30	1500	1:00	CALENTAMIENTO DE MAQUINA		0:00	0	0	0	29184	30907	82%											
			ALVARADO W.	11:00	13:00	2:00	1000	0:00			0:00	6.59	0	0														

Figura 18. Registro de datos de ocurrencias durante la producción (averías, producción, cantidad de productos no conformes, paradas de máquina, etc.)

Fuente. Elaboración propia

1. Causa primaria 1: Cambio de matriz

El proceso de cambio de matriz abarca desde la preparación de herramientas hasta el ajuste de la nueva matriz, que de acuerdo a los datos recogidos se desarrolla en un tiempo promedio de 111 minutos, según el detalle de la Figura 19.



Figura 19. Actividades y tiempo de cambio de matriz en la máquina sopladora N° 3
Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, complementando a lo antes mencionado, para encontrar las causas de las demoras en el cambio de matriz se aplicó el Diagrama de Ishikawa (Figura 20), luego de lo cuál se identificaron las causas raíz validadas.

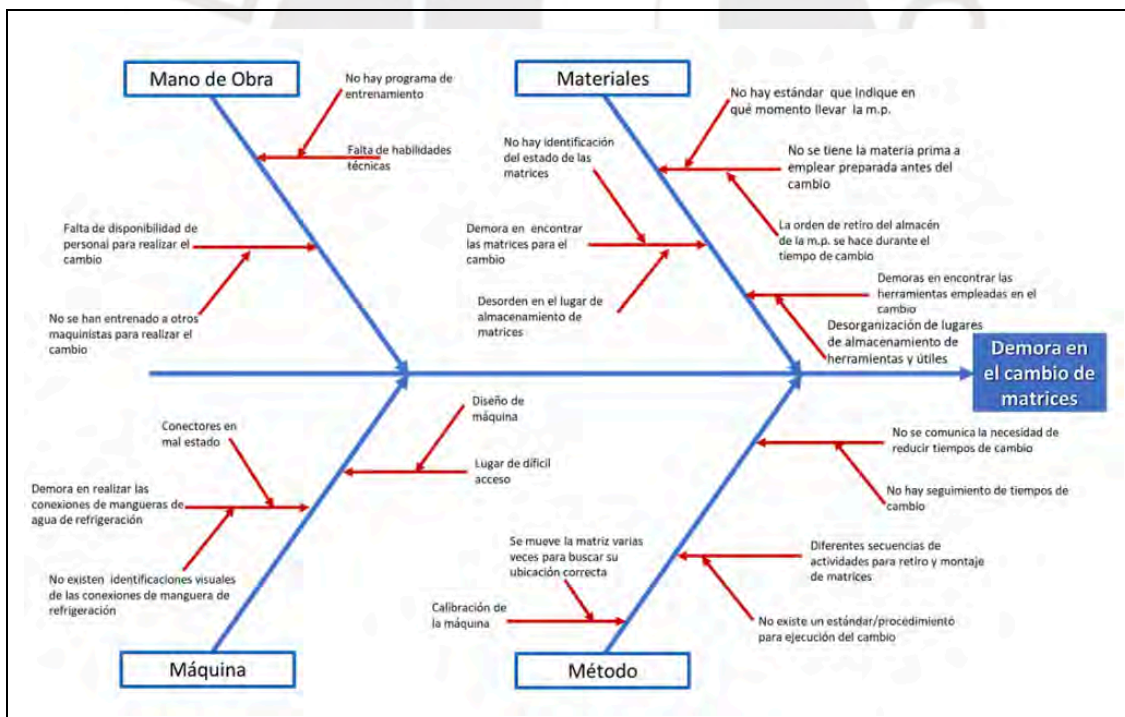


Figura 20. Diagrama de Ishikawa de la demora en cambio de matrices
Fuente. Elaboración propia

Sin embargo, para lograr mejores resultados, se aplicará la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio de matrices. Este método se desarrolla en la sección 4.1

2. Causa primaria 2: Avería

De los registros de paradas de máquinas podemos estratificar aún más la información relacionada a las averías y podemos observar en la Tabla 4 que los tiempos de parada de máquina debido a averías difieren en tiempo de duración en 10 horas y 20 min. Sin embargo, observamos que las averías mecánicas tienen 50% más de ocurrencias, lo que ocasiona mayores problemas a la producción.

Tabla 4. Frecuencia y duración de las averías en la máquina sopladora N° 3

AVERÍAS / MESES		MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
AVERÍA MECÁNICA	Frecuencia	3	1	4	4	12
	Duración (horas:minutos)	3:20	1:40	4:30	29:50	39:20
AVERÍA ELÉCTRICA	Frecuencia	2	1	3	0	6
	Duración (horas:minutos)	4:50	14:00	30:50	0:00	49:40

Fuente. Elaboración propia

Para reducir o eliminar las averías mecánicas y eléctricas, aplicaremos el Diagrama de Ishikawa, para identificar las causas raíz (Figura 21 y Figura 22) y posteriormente establecer acciones correctivas.

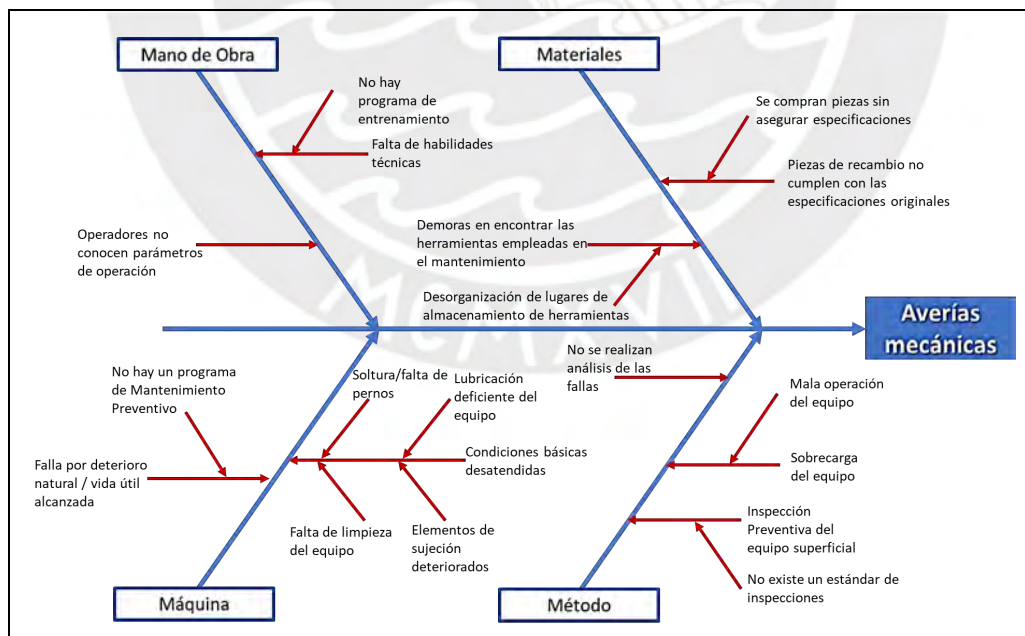


Figura 21. Diagrama de Ishikawa de las averías mecánicas

Fuente. Elaboración propia

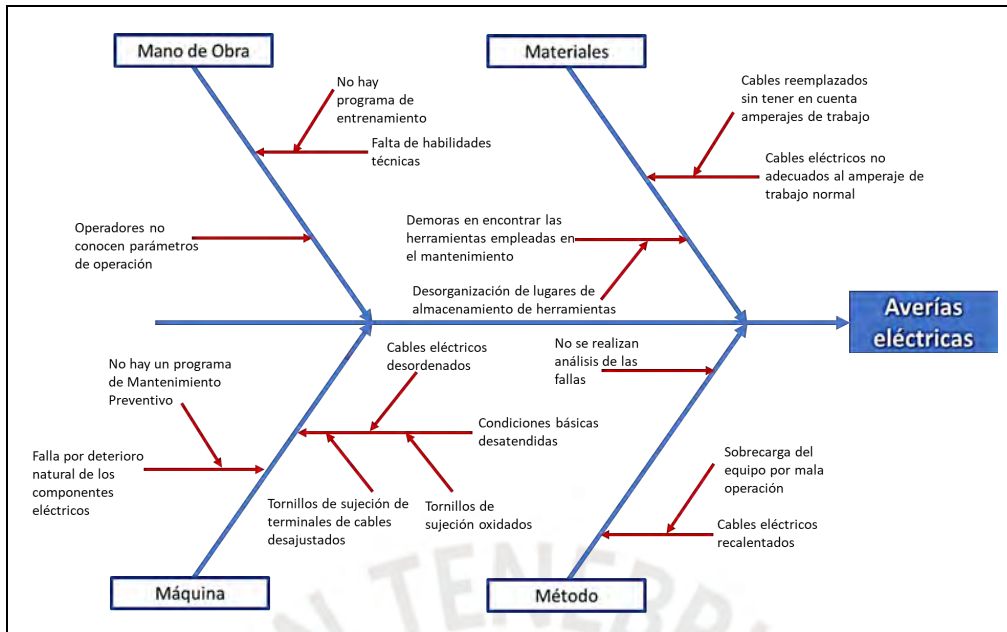


Figura 22. Diagrama de Ishikawa de las averías eléctricas

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 23, se aprecia las condiciones en los cables de la máquina sopladora tal cual se viene utilizando.

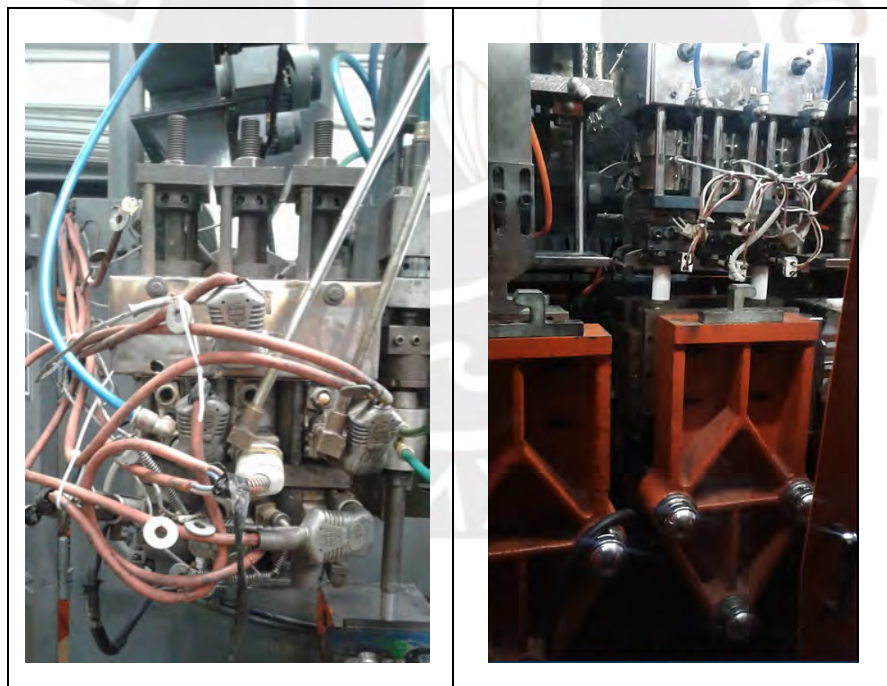


Figura 23. Cables eléctricos desordenados en la máquina sopladora Nº 3

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA EN LA EMPRESA

En el proceso de fabricación de envases de plástico de la familia 2 de productos (32% de las ventas acumuladas), en el que se emplea la máquina sopladora N° 3, se puede identificar oportunidades de mejora abordando las causas raíz de las 2 principales causas primarias (cambio de matriz y averías).

Para la priorización de mejoras que se proponen para la eliminación o minimización de las averías, se ha validado con la empresa los siguientes criterios presentados en la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios de priorización de las mejoras

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA CAUSA:	CONSECUENCIAS SOBRE:	TIEMPO EN ELIMINAR LA CAUSA:
1. Muy Baja probabilidad de ocurrencia/ Improbable	1. Muy Baja Repercusiones imperceptibles	1. Más de 4 meses para solucionarlo
2. Baja	2. Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	2. Entre [2, 4] Meses
3. Moderada	3. Entrega / Lead Time	3. Entre [1, 2] Meses
4. Alta / Ocurre con cierta frecuencia	4. Calidad	4. Entre [15, 30] días
5. Muy Alta /Causa Repetitiva	5. Seguridad	5. Menos de 15 días

Puntaje Total: P x C T

Actuar sobre Puntaje Total ≥ 36

Fuente. Elaboración propia

Como parte del análisis causa raíz desarrollado (Figura 21 y Figura 22) se ha elaborado la Tabla 6, en la que finalmente podemos identificar la aplicación de las siguientes herramientas o metodologías, tomando en cuenta la priorización de las causas:

- (1) 5S
- (2) Mantenimiento Autónomo
- (3) Mantenimiento preventivo basado en el tiempo

Con respecto a la pérdida asociada al tiempo de cambio de matriz en la máquina sopladora N° 3, como se mencionó anteriormente, se aplicará el método SMED, que al final resultará en un conjunto de acciones de mejora específicas que permitirán reducir los tiempos de cambio de matrices.

Tabla 6. Listado de pérdidas (averías), causas raíz, priorización y acciones/herramientas de mejora a aplicar

PLAN DE MEJORA (PLAN KAIZEN) para eliminación o minimización de averías										
Item	Proceso/Equipo	Tipo de pérdida	Descripción de la pérdida	Causas raíces identificadas		Probabilidad de ocurrencia	Consecuencia	Facilidad de solución	Puntaje total	"Herramienta Lean"/Técnica/Acción de mejora (KAIZEN) para eliminar causas de la pérdida/Desperdicio
1	Sopladora Nº 3	Avería	Averías mecánicas en la máquina sopladora	Mano de Obra	No hay un programa de entrenamiento	3	3	3	27	Ninguna
2					Operadores no conocen parámetros de operación	3	3	3	27	Ninguna
3				Máquina	No hay un programa de Mantenimiento Preventivo	4	3	3	36	Elaborar un Programa de Mantenimiento Preventivo basado en el tiempo
4					Lubricación deficiente del equipo	4	3	4	48	Mantenimiento Autónomo: Plan de lubricación
5					Elementos de sujeción deteriorados	3	2	5	30	Mantenimiento Autónomo: Inspecciones preventivas
6					Soltura/falta de pernos	4	3	5	60	Mantenimiento Autónomo: Inspecciones preventivas
7					Falta de limpieza del equipo	4	4	5	80	Mantenimiento Autónomo: Inspecciones preventivas
8				Método	Mala operación del equipo	3	4	4	48	Estandarización de parámetros de operación y capacitación al operador sobre ello
9					No existe un estándar de inspecciones	4	3	4	48	Mantenimiento Autónomo: Paso 1. Estándar de limpieza e inspección
10					No se realizan análisis de las fallas	4	3	4	48	Establecer un procedimiento para analizar las fallas
11				Materiales	Se compran piezas sin asegurar especificaciones	2	3	3	18	Ninguna
12					Desorganización de lugares de almacenamiento de herramientas	5	3	4	60	5S (Priorizar 1ra. y 2da. S) a los lugares de almacenamiento de herramientas empleadas en el mantenimiento mecánico.
13			Averías eléctricas en la máquina sopladora	Mano de Obra	No hay un programa de entrenamiento	3	3	3	27	Ninguna
14					Operadores no conocen parámetros de operación	3	3	3	27	Ninguna
15				Máquina	No hay un programa de Mantenimiento Preventivo	4	3	3	36	Elaborar un Programa de Mantenimiento Preventivo basado en el tiempo
16					Tornillos de sujeción de terminales desajustados	4	3	4	48	Mantenimiento Preventivo basado en el tiempo: Ajuste periódico de tornillos de conexiones eléctricas de tableros eléctricos y borneras en la máquina.
17					Cables eléctricos desordenados	3	3	5	45	5S en la máquina. Ordenar e identificar cables eléctricos.
18					Tornillos de sujeción oxidados	4	3	5	60	Cambio de tornillos e incluir inspecciones preventivas como parte del Mantenimiento Autónomo .
19				Método	Sobrecarga del equipo por mala operación	3	4	4	48	Estandarización de parámetros de operación y capacitación al operador sobre ello
20					No se realizan análisis de las fallas	4	3	4	48	Establecer un procedimiento para analizar las fallas
21				Materiales	Cables eléctricos reemplazados sin tener en cuenta amperajes de trabajo	2	3	3	18	Ninguna
22					Desorganización de lugares de almacenamiento de herramientas	5	3	4	60	5S (Priorizar 1ra. y 2da. S) a los lugares de almacenamiento de herramientas empleadas en el mantenimiento eléctrico

Fuente. Elaboración propia

Podemos resumir que las herramientas de Manufactura Esbelta a aplicar están relacionadas y guarda una relación directa entre ellas. El esquema presentado en la Figura 24, puede ayudar a entender esa relación. Se han representado bajo un esquema de pilares, siendo las 5S las bases de todas ellas.

Puntualmente se priorizará la aplicación de las 2 primeras S's, (clasificación y orden) para lograr el ordenamiento de los lugares de trabajo en el que se realizan las actividades de cambio de matriz y el mantenimiento de la máquina sopladora. Resaltando que la aplicación de los dos primeros pasos del Mantenimiento Autónomo es el equivalente a aplicar la 3ra. S profundamente sobre las máquinas, es decir, dando énfasis en Seiri y Seiton en el que los operadores eliminan elementos innecesarios (herramientas, útiles y equipos innecesarios) y luego ordenan de manera eficiente lo que queda, se facilitan tanto las tareas de mantenimiento realizadas por el operador como las del técnico de mantenimiento y las del proceso de cambio de matriz.

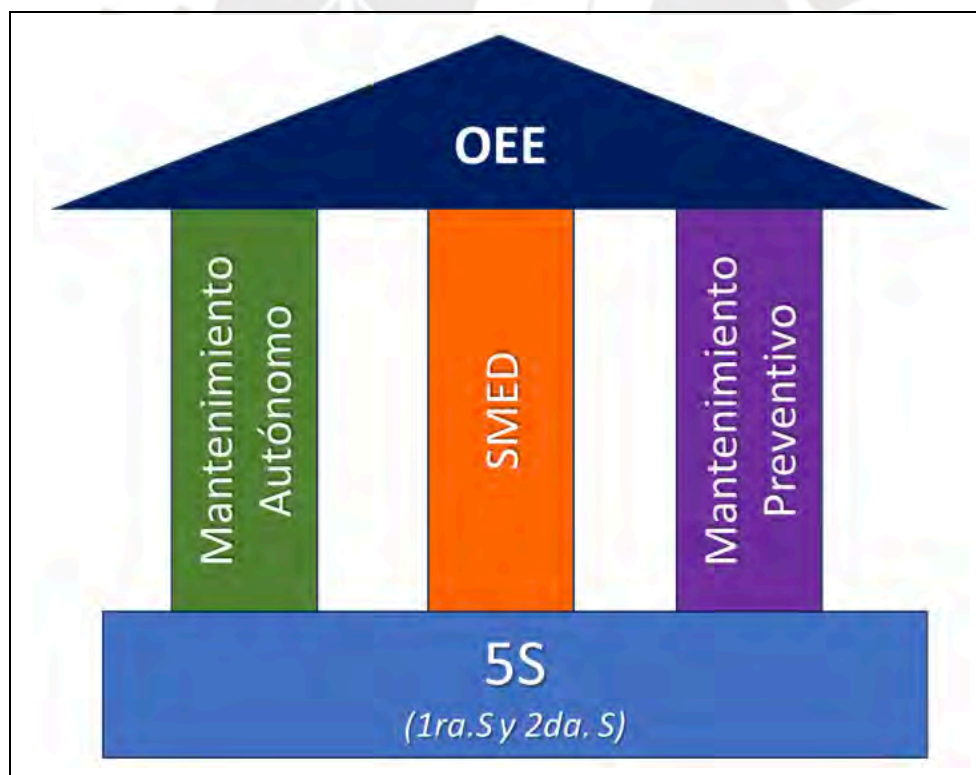


Figura 24. Esquema basado en Pilares para la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta propuestas.

Fuente. Elaboración propia

4.1 Aplicación de método SMED

Para la aplicación de SMED se procedió a elaborar el Diagrama Spaghetti (Figura 25) y el Diagrama de actividades hombre-máquina (Tabla 7) del desarrollo de las actividades actuales (Shingo, 1993). El Diagrama Spaghetti muestra la cantidad de desplazamientos y distancia en el desarrollo de la actividad de estudio.

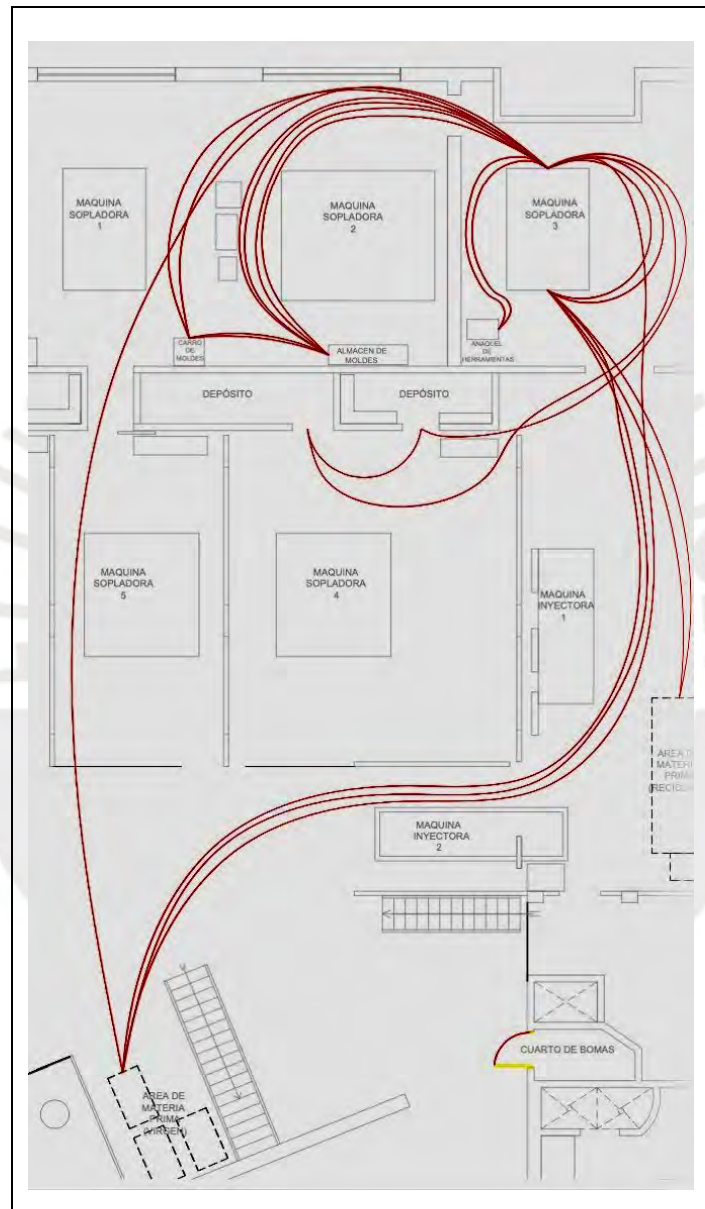


Figura 25. Diagrama Spaghetti del cambio de matriz
Fuente. Elaboración propia

El Diagrama de actividades hombre-máquina en la Tabla 7, muestra la relación del tiempo del ciclo de trabajo del maquinista y operario (encargado del proceso de cambio de matriz), y la máquina sopladora N° 3.

Tabla 7. Diagrama de actividades hombre-máquina en el cambio de matriz

PERSONAS	MAQUINISTA	OPERARIO
12:08	ACOMODO DE CARRO DE TRANSPORTE	REVISIÓN DE HERRAMIENTAS
12:12	RETIRO DE MOLDE DE ANAQUEL A CARRO DE TRANSPORTE	BUSQUEDA DE HERRAMIENTAS ESPECIALES
12:17	REVISIÓN DE MOLDE	DESPEJA CAMINO PARA PASO DE CARRO
12:20	ACOMODAR EL CARRO EN SOPLADORA	
12:23	REVISIÓN DE LAS HERRAMIENTAS	
12:27	RETIRO DE MANGUERA	ABREN COMPUERTA DE PROTECCION
12:29	RETIRO PERNOS TAPA SOPORTE DE MOLDE	BARRIDO DEL PISO
12:32	RETIRO DE CABEZA DE MOLDE	ALCANCE DE HERRAMIENTAS
12:37	RETIRO DE CUERPO DE MOLDE	RECOJE CABEZA DE MOLDE Y PONE EN CARRO
12:42	ENCAJAR CABEZA DE NUEVO MOLDE	RECOJE CUERPO DE MOLDE Y PONE EN CARRO
12:46	AJUSTAR PERNOS DE CABEZA DE NUEVO MOLDE	ACOMODA EL NUEVO MOLDE DELANTE
12:51	ENCAJAR CUERPO DE MOLDE	ALCANZA CABEZA DE NUEVO MOLDE
12:56	AJUSTAR PERNOS DE CABEZA DE NUEVO MOLDE	ALCANZA CUERPO DE NUEVO MOLDE
13:01	PUESTA DE MANGUERA	
13:06		CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCION
13:11		ENCENDIDO/APAGADO PARA ACOMODO DE MOLDE
13:16	PROGRAMACIÓN DE TEMPERATURA DE MÁQUINA	ACOMODAR EL CARRO EN ANAQUEL
13:21	REVISIÓN DE TOLVA DE MATERIA PRIMA	RETIRO DE MOLDE DE CARRO DE TRANSPORTE A ANAQUEL
13:26		TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA A TOLVA Y RELLENADO
13:31	LLENADO DE TOLVA DE MATERIA PRIMA	DEVOLUCIÓN DE HERRAMIENTAS
13:36		BARRIDO DEL PISO
13:41		ACOMODO DE BANDEJA PARA BOTELLAS
13:46		ACOMODO DE BOLSAS PARA EMPAQUETADO
13:51		
13:56		
14:01		
14:06		
14:11		
14:16		
14:21		
14:26		
14:31		
14:36		
14:41		
14:46		
14:51		
14:56		
15:01		
15:06		
15:11		
15:16		
15:21		
15:26		
15:31		
15:36		
15:41		
15:46		
15:51		
15:56		
16:01		
16:06		
16:11		
16:16		
16:21		
16:26		
16:31		
16:36		
16:41		
16:46		
16:51		
16:56		
17:01		
17:06		
17:11		
17:16		
17:21		
17:26		
17:31		
17:36		
17:41		
17:46		
17:51		
17:56		
18:01		
18:06		
18:11		
18:16		
18:21		
18:26		
18:31		
18:36		
18:41		
18:46		
18:51		
18:56		
19:01		
19:06		
19:11		
19:16		
19:21		
19:26		
19:31		
19:36		
19:41		
19:46		
19:51		
19:56		
20:01		
20:06		
20:11		
20:16		
20:21		
20:26		
20:31		
20:36		
20:41		
20:46		
20:51		
20:56		
21:01		
21:06		
21:11		
21:16		
21:21		
21:26		
21:31		
21:36		
21:41		
21:46		
21:51		
21:56		
22:01		
22:06		
22:11		
22:16		
22:21		
22:26		
22:31		
22:36		
22:41		
22:46		
22:51		
22:56		
23:01		
23:06		
23:11		
23:16		
23:21		
23:26		
23:31		
23:36		
23:41		
23:46		
23:51		
23:56		
24:01		
24:06		
24:11		
24:16		
24:21		
24:26		
24:31		
24:36		
24:41		
24:46		
24:51		
24:56		
25:01		
25:06		
25:11		
25:16		
25:21		
25:26		
25:31		
25:36		
25:41		
25:46		
25:51		
25:56		
26:01		
26:06		
26:11		
26:16		
26:21		
26:26		
26:31		
26:36		
26:41		
26:46		
26:51		
26:56		
27:01		
27:06		
27:11		
27:16		
27:21		
27:26		
27:31		
27:36		
27:41		
27:46		
27:51		
27:56		
28:01		
28:06		
28:11		
28:16		
28:21		
28:26		
28:31		
28:36		
28:41		
28:46		
28:51		
28:56		
29:01		
29:06		
29:11		
29:16		
29:21		
29:26		
29:31		
29:36		
29:41		
29:46		
29:51		
29:56		
30:01		
30:06		
30:11		
30:16		
30:21		
30:26		
30:31		
30:36		
30:41		
30:46		
30:51		
30:56		
31:01		
31:06		
31:11		
31:16		
31:21		
31:26		
31:31		
31:36		
31:41		
31:46		
31:51		
31:56		
32:01		
32:06		
32:11		
32:16		
32:21		
32:26		
32:31		
32:36		
32:41		
32:46		
32:51		
32:56		
33:01		
33:06		
33:11		
33:16		
33:21		
33:26		
33:31		
33:36		
33:41		
33:46		
33:51		
33:56		
34:01		
34:06		
34:11		
34:16		
34:21		
34:26		
34:31		
34:36		
34:41		
34:46		
34:51		
34:56		
35:01		
35:06		
35:11		
35:16		
35:21		
35:26		
35:31		
35:36		
35:41		
35:46		
35:51		
35:56		
36:01		
36:06		
36:11		
36:16		
36:21		
36:26		
36:31		
36:36		
36:41		
36:46		
36:51		
36:56		
37:01		
37:06		
37:11		
37:16		
37:21		
37:26		
37:31		
37:36		
37:41		
37:46		
37:51		
37:56		
38:01		
38:06		
38:11		
38:16		
38:21		
38:26		
38:31		
38:36		
38:41		
38:46		
38:51		
38:56		
39:01		
39:06		
39:11		
39:16		
39:21		
39:26		
39:31		
39:36		
39:41		
39:46		
39:51		
39:56		
40:01		
40:06		
40:11		
40:16		
40:21		
40:26		
40:31		
40:36		
40:41		
40:46		
40:51		
40:56		
41:01		
41:06		
41:11		
41:16		
41:21		
41:26		
41:31		
41:36		
41:41		
41:46		
41:51		
41:56		
42:01		
42:06		
42:11		
42:16		
42:21		
42:26		
42:31		
42:36		
42:41		
42:46		
42:51		
42:56		
43:01		
43:06		
43:11		
43:16		
43:21		
43:26		
43:31		
43:36		
43:41		
43:46		
43:51		
43:56		
44:01		
44:06		
44:11		
44:16		
44:21		
44:26		
44:31		
44:36		
44:41		
44:46		
44:51		
44:56		
45:01		
45:06		
45:11		
45:16		
45:21		
45:26		
45:31		
45:36		
45:41		
45:46		
45:51		
45:56		
46:01		
46:06		
46:11		
46:16		
46:21		
46:26		
46:31		
46:36		
46:41		
46:46		
46:51		
46:56		
47:01	</	

En el proceso de cambio de matriz se han detallado las actividades internas, aquellas que solamente se pueden desarrollar con la máquina apagada, y las actividades externas, aquellas que pueden desarrollarse mientras la máquina está en operaciones (Shingo, 1993).

Asimismo, el análisis y valorización independiente de las actividades desarrolladas por el maquinista y operario (Tabla 8 y Tabla 9); determinando si es una actividad externa, que se desarrolla con la máquina encendida, o interna, con la máquina detenida (Shingo, 1993), y su clasificación por tipo: organizar, ajustar, reajustar y reemplazar.

Tabla 8. Análisis y valorización de actividades del maquinista

Nº	TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA				
			INTERNA	EXTERNA	VALORACIÓN DE ACTIVIDADES		
					TIPO	ACTIVIDADES	¿ELIMINAR?
1	00:03:00	ACOMODO DE CARRO DE TRANSPORTE		X	Organizar	Movimiento innecesario	X
2	00:03:00	RETIRO DE MOLDE DE ANAQUEL A CARRO DE TRANSPORTE		X	Organizar	Movimiento innecesario	X
3	00:03:00	REVISIÓN DE MOLDE		X	Organizar	Operación innecesaria	X
4	00:01:00	ACOMODAR EL CARRO EN SOPLADORA		X	Organizar	Posicionar	X
5	00:03:00	REVISIÓN DE LAS HERRAMIENTAS		X	Organizar	Operación innecesaria	X
6	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta pesada con visagra	
7	00:01:00	RETIRO DE MANGUERA	X		Reemplazar	Jalar la manguera de aire	
8	00:03:00	RETIRO PERNOS TAPA SOPORTE DE MOLDE	X		Reemplazar	Desatomillar tapa soporte	X
9	00:02:00	RETIRO DE CABEZA DE MOLDE	X		Reemplazar	Retirar parte del molde	
10	00:02:00	RETIRO DE CUERPO DE MOLDE	X		Reemplazar	Retirar parte del molde	
11	00:03:00	ENCAJAR CABEZA DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Colocar parte del molde	
12	00:02:00	AJUSTAR PERNOS DE CABEZA DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Atomillar el pemo de molde	X
13	00:04:00	ENCAJAR CUERPO DE MOLDE	X		Ajustar	Colocar parte del molde	
14	00:02:00	AJUSTAR PERNOS DE CUERPO DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Atomillar el pemo de molde	X
15	00:01:00	PUESTA DE MANGUERA	X		Ajustar	Colocar la manguera de aire	
16	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta pesada con visagra	
17	00:03:00	ENCENDIDO/APAGADO PARA ACOMODO DE MOLDE	X		Ajustar	Encender máquina	
18	00:03:00	PROGRAMACIÓN DE TEMPERATURA DE MÁQUINA		X	Ajustar	Ajustes de temperatura análogo	X
19	00:02:00	REVISIÓN DE TOLVA DE MATERIA PRIMA		X	Reemplazar	Verificar tipo y cantidad	
20	00:15:00	LLENADO DE TOLVA DE MATERIA PRIMA		X	Ajustar	Llenado con sacos	
21	00:02:00	VERIFICACIÓN DE TEMPERATURA EN PANEL		X	Reajustar	Ajustes de temperatura análogo	X
22	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta pesada con visagra	
23	00:03:00	AJUSTE DE SOPLADO Y CORTE DE BOTELLA DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Presión de aire y cuchilla	
24	00:05:00	OPERAR LA MÁQUINA Y ACTIVACIÓN DE ALARMA		X	Ajustar	Activar las alertas	
25	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta pesada con visagra	
26	00:01:00	PESAJE DE BOTELLAS DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Control de producto	
27	00:02:00	AJUSTE DE TEMPERATURA, INGRESO DE MATERIAL Y CORTE DE BOTELLA		X	Reajustar	Ajustes varios	
28	00:01:00	PESAJE DE BOTELLAS DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Control de producto	X
29	00:02:00	AJUSTE DE TEMPERATURA Y CORTE DE BOTELLA		X	Reajustar	Ajustes varios	X
30	00:02:00	VERIFICACIÓN DE RESISTENCIAS Y VÁLVULAS		X	Reajustar	Control eléctrico	X

Fuente. Elaboración propia

El análisis y valorización se evidencian en la Tabla 8 para el maquinista y Tabla 9 para el operario. A partir del análisis en las tablas se procede con identificar aquellas actividades que pueden ser eliminadas (Shingo, 1993). El maquinista desarrolla un total de 30 actividades en un tiempo efectivo de 78 minutos; y el operario desarrolla un total de 30 actividades en 56 minutos.

Tabla 9. Análisis y valorización de actividades del operario

Nº	TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA				
			INTERNA	EXTERNA	VALORACIÓN DE ACTIVIDADES		
					TIPO	ACTIVIDADES	¿ELIMINAR?
1	00:05:00	REVISIÓN DE HERRAMIENTAS		X	Organizar	Caja de herramientas generales	X
2	00:03:00	BUSQUEDA DE HERRAMIENTAS ESPECIALES		X	Organizar	Herramientas de cambio de molde	X
3	00:01:00	DESPEJA CAMINO PARA PASO DE CARRO		X	Organizar	Bolsas de botellas	X
4	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta pesada con visagra	X
5	00:02:00	BARRIDO DEL PISO	X		Organizar	Botellas aplastadas y suciedad	X
6	00:01:00	ALCANZE DE HERRAMIENTAS	X		Organizar	Entrega herramientas para cambio	X
7	00:01:00	RECOJE CABEZA DE MOLDE Y PONE EN CARRO	X		Organizar	Recoger parte del molde del suelo	X
8	00:01:00	RECOJE CUERPO DE MOLDE Y PONE EN CARRO	X		Organizar	Recoger parte del molde del suelo	X
9	00:01:00	ACOMODA EL NUEVO MOLDE DELANTE	X		Organizar	Acomoda molde	X
10	00:01:00	ALCANZA CABEZA DE NUEVO MOLDE	X		Organizar	Alcanza parte del molde	X
11	00:01:00	ALCANZA CUERPO DE NUEVO MOLDE	X		Organizar	Alcanza parte del molde	X
12	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta pesada con visagra	X
13	00:03:00	ENCENDIDO/APAGADO PARA ACOMODO DE MOLDE	X		Ajustar	Encender máquina	
14	00:01:00	ACOMODAR EL CARRO EN ANAQUEL		X	Organizar	Acomoda carro para molde	X
15	00:03:00	RETIRO DE MOLDE DE CARRO DE TRANSPORTE A ANAQUEL		X	Organizar	Retiro de molde	
16	00:05:00	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA A TOLVA Y RELLENADO		X	Organizar	Transporte de materia prima	
17	00:02:00	DEVOLUCIÓN DE HERRAMIENTAS		X	Organizar	Caja de herramientas generales y especiales	X
18	00:02:00	BARRIDO DEL PISO		X	Organizar	Limpieza de desechos	X
19	00:02:00	ACOMODO DE BANDEJA PARA BOTELLAS		X	Ajustar	Tina de botellas	
20	00:02:00	ACOMODO DE BOLSAS PARA EMPAQUETADO		X	Ajustar	Bolsas plásticas para paquetes	
21	00:02:00	RETIRO DE MASAS DE PRUEBA		X	Organizar	Limpieza de desechos	
22	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta pesada con visagra	X
23	00:03:00	AJUSTE DE SOPLADO Y CORTE DE BOTELLA DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Presión de aire y cuchilla	
24	00:05:00	RETIRO DE BOTELLAS DEFECTUOSAS		X	Organizar	Limpieza de desechos	
25	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta pesada con visagra	X
26	00:01:00	ACOMODO DE BANDEJA PARA BOTELLAS		X	Reajustar	Tina de botellas	X
27	00:01:00	RECOJO DE BOTELLAS		X	Organizar	Limpieza de desechos	X
28	00:01:00	RECOJO DE BOTELLAS		X	Organizar	Limpieza de desechos	X
29	00:01:00	RECOJO DE BOTELLAS		X	Organizar	Limpieza de desechos	X
30	00:01:00	ACTIVACIÓN DE CONTADOR DE BOTELLAS		X	Ajustar	Activación de contador	

Fuente. Elaboración propia

Posterior al análisis de las actividades por eliminar del proceso de cambio de matriz, convirtiéndolas en partes de procesos anteriores a que la máquina sopladora N° 3 sea detenida, se ha logrado obtener una reducción a 21 actividades para el maquinista en un tiempo efectivo de 38 minutos y a 17 actividades para el operario en un tiempo efectivo de 30 minutos.

La propuesta de mejora planteada en la Tabla 10 y Tabla 11, se establece con mecanismos que permitan esos cambios. Los mecanismos se estructuran a nivel de tres acciones: checklist del orden del ambiente de trabajo, checklist de funcionamiento de los equipos y/o máquinas, mejora de transporte o desplazamientos, y otras mejoras (Shingo, 1993). La Tabla 10 corresponde a propuesta de mejora para el maquinista.

Tabla 10. Resultado de reducción de actividades del maquinista

Nº	TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA			
			INTERNA	EXTERNA	VALORACIÓN DE ACTIVIDADES	
					TIPO	ACTIVIDADES
1	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta corrediza
2	00:01:00	RETIRO DE MANGUERA	X		Reemplazar	Jalar la manguera de aire
3	00:01:00	RETIRO DE TAPA SOPORTE DE MOLDE	X		Reemplazar	Ganchos en la tapa
4	00:02:00	RETIRO DE CABEZA DE MOLDE	X		Reemplazar	Retirar parte del molde
5	00:02:00	RETIRO DE CUERPO DE MOLDE	X		Reemplazar	Retirar parte del molde
6	00:03:00	ENCAJAR CABEZA DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Colocar parte del molde
7	00:01:00	AJUSTAR GANCHO DE CABEZA DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Poner gancho de molde
8	00:04:00	ENCAJAR CUERPO DE MOLDE	X		Ajustar	Colocar parte del molde
9	00:01:00	AJUSTAR GANCHO DE CUERPO DE NUEVO MOLDE	X		Ajustar	Poner gancho de molde
10	00:01:00	PUESTA DE MANGUERA	X		Ajustar	Colocar la manguera de aire
11	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN	X		Organizar	Puerta corrediza
12	00:03:00	ENCENDIDO/APAGADO PARA ACOMODO DE MOLDE	X		Ajustar	Encender máquina
13	00:01:00	PROGRAMACIÓN DIGITAL DE TEMPERATURA DE MÁQUINA		X	Ajustar	Ajustes digital de temperatura
14	00:01:00	ABREN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta corrediza
15	00:03:00	AJUSTE DE SOPLADO Y CORTE DE BOTELLA DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Presión de aire y cuchilla
16	00:05:00	OPERAR LA MÁQUINA Y ACTIVACIÓN DE ALARMA		X	Ajustar	Activar las alertas
17	00:01:00	CIERRAN COMPUERTA DE PROTECCIÓN		X	Organizar	Puerta corrediza
18	00:01:00	PESAJE DE BOTELLAS DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Control de producto
19	00:02:00	AJUSTE DE INGRESO DE MATERIAL Y CORTE DE BOTELLA		X	Reajustar	Ajustes varios
20	00:01:00	PESAJE DE BOTELLAS DE NUEVO MOLDE		X	Reajustar	Control de producto
21	00:02:00	AJUSTE DE CORTE DE BOTELLA		X	Reajustar	Ajustes varios

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, la Tabla 11 corresponde a propuesta de mejora para el operario.

Tabla 11. Resultado de reducción de actividades del operario

Nº	TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA			
			INTERNA	EXTERNA	VALORACIÓN DE ACTIVIDADES	
					TIPO	ACTIVIDADES
1	00:01:00	TRANSPORTAR CARRO ANAQUEL DE MOLDES		X	Organizar	Lleva molde en carro anaquel
2	00:01:00	ALCANCE DE HERRAMIENTAS (GENERALES Y ESPECIALES)		X	Organizar	Entrega herramientas para cambio
3	00:01:00	ACOMODA EL NUEVO MOLDE DELANTE		X	Organizar	Acomoda molde
4	00:01:00	RECOJE CABEZA DE MOLDE Y PONE EN CARRO	X		Organizar	Recoger parte del molde del suelo
5	00:01:00	ALCANZA CABEZA DE NUEVO MOLDE		X	Organizar	Alcanza parte del molde
6	00:01:00	RECOJE CUERPO DE MOLDE Y PONE EN CARRO	X		Organizar	Recoger parte del molde del suelo
7	00:01:00	ALCANZA CUERPO DE NUEVO MOLDE		X	Organizar	Alcanza parte del molde
8	00:03:00	ENCENDIDO/APAGADO PARA ACOMODO DE MOLDE	X		Ajustar	Encender máquina
9	00:01:00	DEVOLUCIÓN DE MOLDE		X	Organizar	Devolución de carro anaquel de moldes
10	00:02:00	REVISIÓN DE TOLVA DE MATERIA PRIMA		X	Reemplazar	Verificar tipo y cantidad
11	00:05:00	LLENADO DE TOLVA DE MATERIA PRIMA		X	Ajustar	Llenado con sacos
12	00:02:00	ACOMODO DE BANDEJA PARA BOTELLAS		X	Ajustar	Tina de botellas
13	00:02:00	ACOMODO DE BOLSAS PARA EMPAQUETADO		X	Ajustar	Bolsas plásticas para paquetes
14	00:02:00	RETIRO DE MASAS DE PRUEBA		X	Organizar	Limpieza de desechos
15	00:01:00	DEVOLUCIÓN DE HERRAMIENTAS (GENERALES Y ESPECIALES)		X	Organizar	Devolución de herramientas
16	00:04:00	RETIRO DE BOTELLAS DEFECTUOSAS		X	Organizar	Limpieza de desechos
17	00:01:00	ACTIVACIÓN DE CONTADOR DE BOTELLAS		X	Ajustar	Activación de contador

Fuente. Elaboración propia

Considerando la distribución de mecanismos, se plantea las siguientes herramientas:

1. Checklist del orden del ambiente de trabajo

En el análisis del ambiente de trabajo, se ha determinado necesario el establecer:

- Un carro anaquel para almacenamiento de matrices que se utilizan en la máquina sopladora N° 3.

- Un anaquel de herramientas que se utilizan en los cambios de matrices para la máquina sopladora N° 3.
- Un área de almacenamiento de materia prima (virgen y reciclable) para la producción de la máquina sopladora N° 3.

La distribución del ambiente y posición del maquinista y operario antes del inicio del cambio de matriz se describen en la Figura 26.

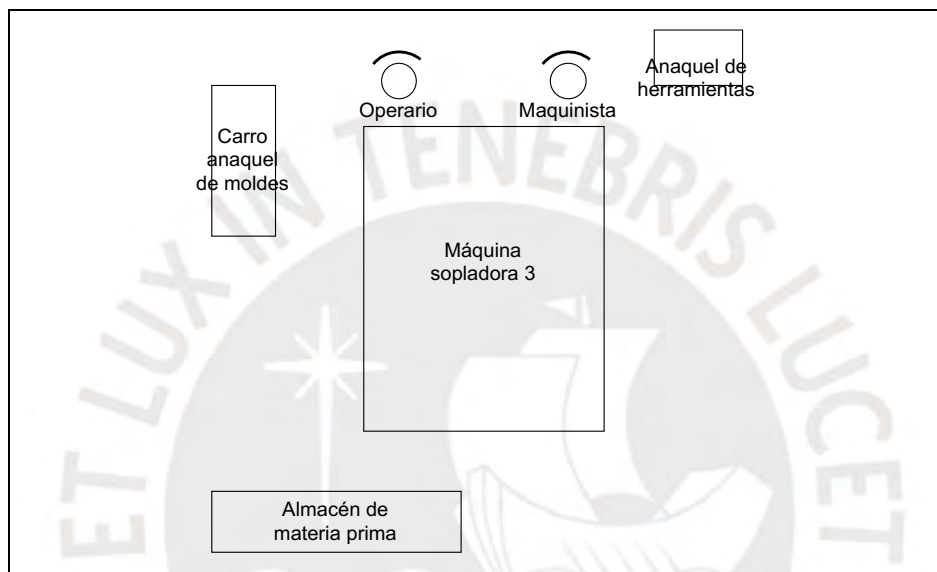


Figura 26. Ubicación de matriz, herramientas, materia prima y personas antes de parada
Fuente. Elaboración propia

2. Check list del funcionamiento de la matriz

Para garantizar que la matriz que se va a montar en la sopladora, según el programa de producción, se encuentre apta para cumplir su función, se usarán tarjetas de colores que contengan un check list mínimo de condiciones críticas a verificar (Figura 27) para facilitar la identificación del estado de la matriz:

- Tarjeta verde: conforme – la matriz se puede utilizar y montar en la máquina;
- Tarjeta amarilla: en uso – la matriz en el área de producción con esta tarjeta está en “stand by” porque, por ejemplo, aún no hay orden de producción; y
- Tarjeta roja: en mantenimiento – la matriz no puede ser usada por motivos de mantenimiento o similar



Figura 27. Tarjetas para identificar el estado de las matrices
Fuente. Elaboración propia

En la tabla 12 se aprecia los criterios de evaluación para las matrices.

Tabla 12. Verificaciones para buen funcionamiento de las matrices

VERIFICACIONES PARA BUEN FUNCIONAMIENTO DE MATRICES	
1.	Rajadura o imperfección de superficie
2.	Presencia de grasa o aceite
3.	Ganchos de ajuste de piezas de la matriz
4.	Ajuste entre la cabeza y cuerpo de la matriz

Fuente. Elaboración propia

3. Mejora de transporte o desplazamientos

Como se ha descrito en el mecanismo 1 (ver Figura 20), las herramientas como carro anaquel, anaquel y espacio para almacenamiento de materia prima, según plan de producción. Con las herramientas se ha logrado reducir el desplazamiento.

4. Otras mejoras

Se ha incorporado dispositivos de control digital de temperatura en la máquina y la sujeción por ganchos, para evitar los pernos. Ambas mejoras permiten una reducción y/o eliminación de procesos.

Posterior a todo el análisis y planteamiento de mecanismos de mejora, se procedió a elaborar el Diagrama Spaghetti (Figura 28) y el Diagrama de actividades hombre-máquina (Tabla 13) en el desarrollo de las actividades en el futuro, luego de aplicar las mejoras. El Diagrama Spaghetti evidencia la reducción de desplazamientos a 6 movimientos, únicamente desarrollados por el operario.

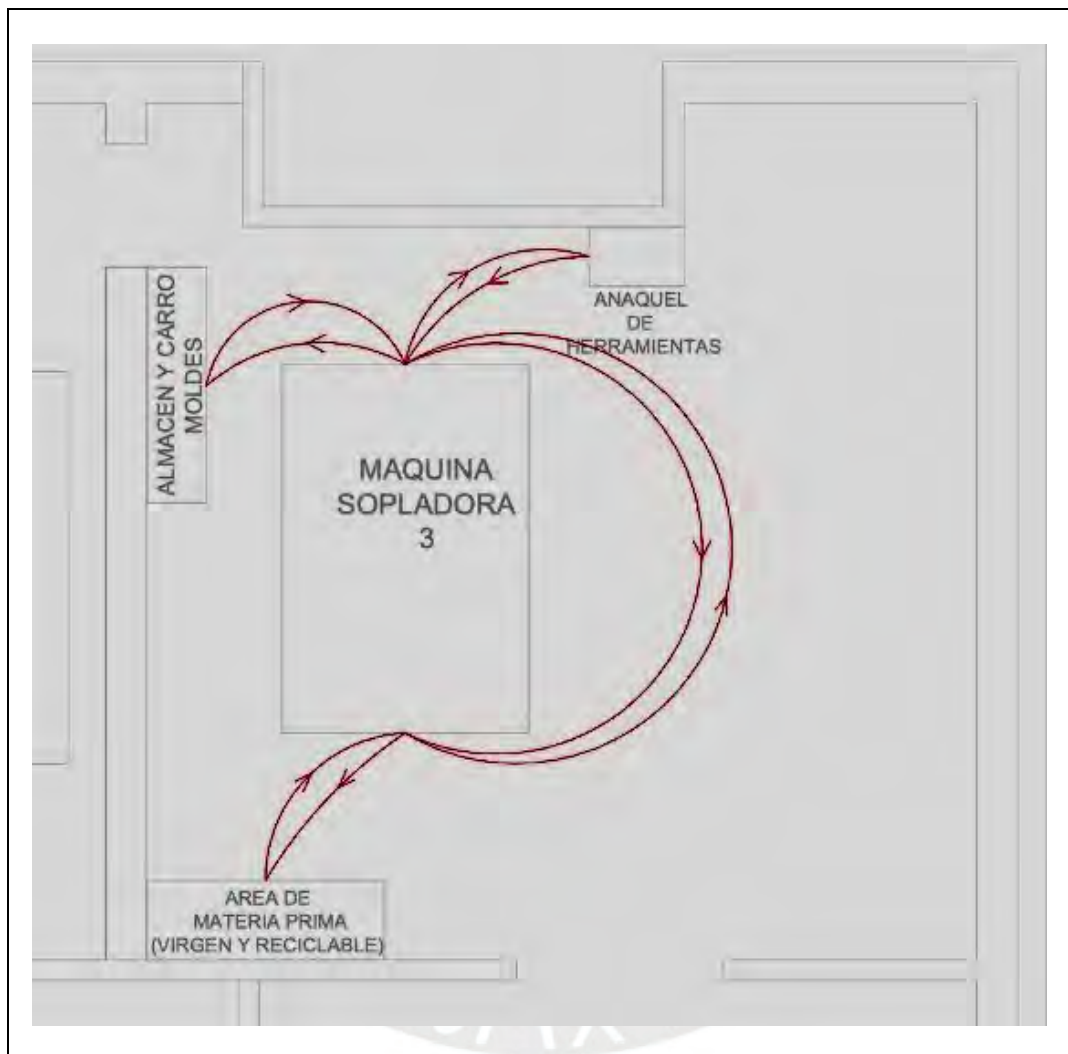


Figura 28. Diagrama Spaghetti del cambio de matriz futuro
Fuente. Elaboración propia

El Diagrama de actividades hombre-máquina en la Tabla 13, muestra que se ha reducido a un tiempo de 82 minutos, que equivale al 26% del tiempo inicial.

4.2 Aplicación del Pilar TPM: Mantenimiento Autónomo y las 5S

La implementación del Mantenimiento Autónomo como una alternativa para reducir averías en la máquina sopladora N° 3 será realizada considerando los siguientes 3 pasos de los 7 sugeridos por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), como se puede ver en la Figura 29.

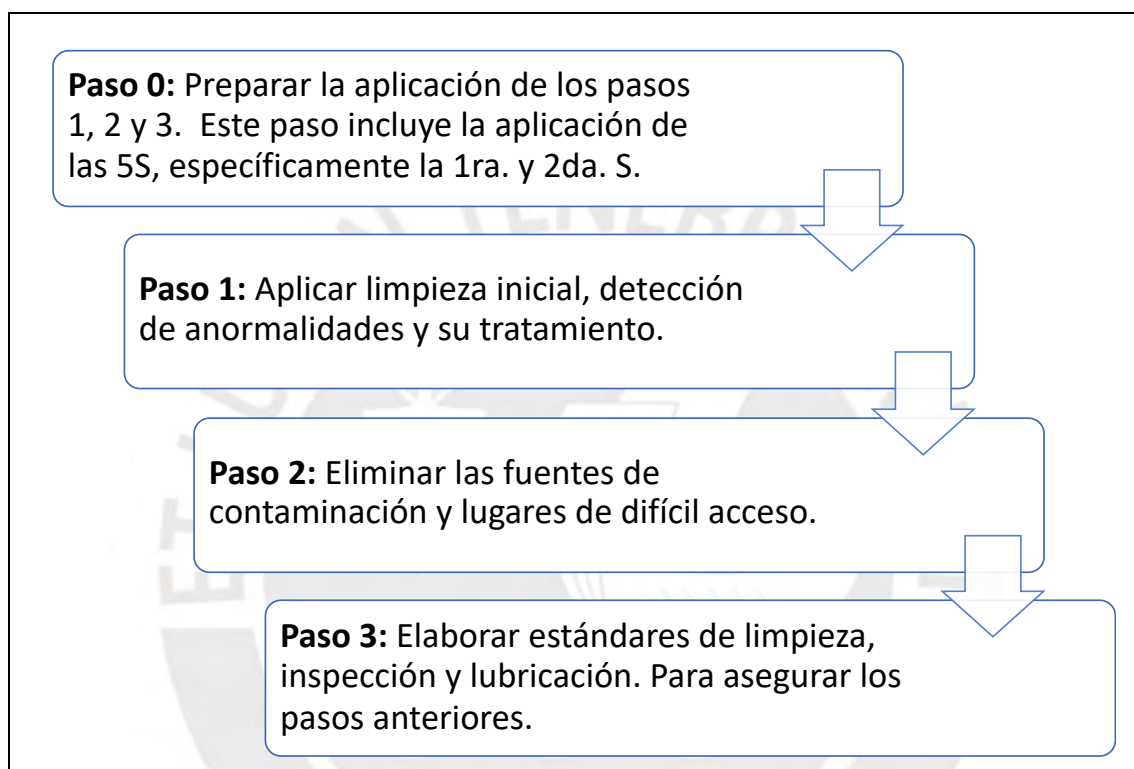


Figura 29. Tres primeros pasos de implementación del Mantenimiento Autónomo
Fuente. Elaboración propia

Asimismo, de acuerdo al análisis de los pasos se tiene que la organización e implementación del método, en su mayoría es responsabilidad del jefe de planta, sin embargo, se conforman equipos que gestionan las acciones.

1. Paso 0: Preparación

En la preparación se define un Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) de carácter rotativo, considerando los siguientes roles y responsabilidades que se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14. Roles y responsabilidades de miembros del EAT

ROLES	RESPONSABILIDADES
Líder	Asegurar que el equipo progrese eficientemente a través del proceso de siete pasos.
Coordinador de formación, preguntas y desarrollo de la Lección de Un Punto (LUP)	Dirigir las preguntas del equipo y los procesos de LUP. Asegurar que se recogan y registren las preguntas, se respondan y que las enseñanzas se realicen y/o comuniquen por medio de las LUP.
Coordinador de Tablero de Gestión Visual (o de actividades)	Dirigir el proceso del equipo para utilizar y mantener el tablero de actividades para apoyar las actividades del equipo.
Coordinador de anomalías y mantenimiento de la máquina sopladora N° 3	Dirigir el proceso de gestión de las anomalías de la máquina. Asegurar el arreglo de los defectos de manera oportuna y rastrea la información para determinar posibles tendencias.
Coordinador de herramientas y suministros 5S	Dirigir el proceso del equipo para organizar áreas de trabajo de equipo según las 5S. Se asegura que todas las herramientas y materiales estén disponibles para que el equipo pueda operar segura y eficientemente.
Coordinador de estándares y procedimientos	Dirigir el proceso del equipo para desarrollar los estándares de limpieza, de inspección y de lubricación (LIL).

Fuente. Elaboración propia

Las herramientas y/o temas que el EAT debe desarrollar y/o abordar como parte de las acciones en el Paso 0, son las siguientes:

- Análisis de Trabajo Seguro (ATS): Desarrollan una capacitación para identificación de peligros y evaluación de riesgos de seguridad y salud al efectuar las actividades de Mantenimiento Autónomo (limpieza, inspección, lubricación y apriete) en las máquinas sopladoras, y en particular, a prevenir riesgos durante el día de la gran limpieza (inicio de Paso 1).
- Mapa de seguridad: Desarrollan un gráfico que muestra los dispositivos de protección con que cuenta la máquina sopladora N° 3 para la protección de las personas, como son guardas, botoneras de emergencia, etc.
- Tarjetas de anomalías: Diseñan y aprueban tarjetas a emplear en la identificación “in situ” de las anomalías, durante las actividades de limpieza inicial, y en particular el día de la gran limpieza. En la Figura 30 se describe los modelos de Tarjetas de anomalías, según usuarios, considerando el nivel de mantenimiento requerido:

- Tarjeta roja gestionada por el maquinista y resuelta por el jefe de mantenimiento.
- Tarjeta azul gestionada y resuelta por el maquinista.

The image shows two versions of an 'Anomaly Card' (Tarjeta de Anormalidad). The left version has a red header and the right version has a blue header. Both forms are structured as follows:

- Header:** 'Tarjeta de Anormalidad' (red for the left, blue for the right).
- Fields:**
 - N° Aviso de anomalía (MA): []
 - Categoría de Anormalidad: [1 2 3 4 5 6 7]
 - Prioridad de la Anormalidad: [P1 MUY ALTO P2 ALTO P3 MEDIO P4 BAJO]
 - Línea: []
 - Equipo: []
 - Sistema: []
 - Emitido por: []
 - Fecha Generación: []
 - Descripción del operador: []
 - Descripción del técnico: []
 - Solución: []
 - Tipo de Mantenimiento: [MEC ELEC SERV TERC]
 - Acción Efectuada por: []
 - Fecha Ejecución: []

Figura 30. Modelo de tarjetas de anomalías
Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 15 se lista los diversos ejemplos de anomalías, según tipo, que se han logrado identificar.

Tabla 15. Muestra amplia sobre el descubrimiento de siete tipos de anomalías

Anormalidad	Ejemplos
1. Pequeñas deficiencias <ul style="list-style-type: none"> - Holgura - Daños - Contaminación - Adhesión - Flojedad - Fenómenos anormales 	<ul style="list-style-type: none"> Sacudidas, excentricidad, desgaste, distorsión Fisuras, aplastamientos, deformaciones, picaduras Polvo, suciedad, aceite, grasa, óxido Agarrotamiento, acumulación de partículas Fajas, cadenas Ruido inusual, sobrecalentamiento, vibración, olor extraño
2. Incumplimiento de condiciones básicas <ul style="list-style-type: none"> - Lubricación - Suministro de lubricante - Indicadores de nivel - Apretado 	<ul style="list-style-type: none"> Insuficiente, inapropiada, no identificada, fuga de lubricante Suciedad, daños, tubos de lubricación defectuosos Suciedad, daños, fugas, indicación de nivel incorrecto Holguras, omisiones, demasiado largo, arandela inapropiada
3. Puntos inaccesibles <ul style="list-style-type: none"> - Lubricación - Limpieza - Chequeo-inspección - Apretado de pernos 	<ul style="list-style-type: none"> Posición inadecuada de entrada de lubricante, visores sucios Cubiertas rotas, sin mecanismos de seguridad o parada de emergencia Orientación de instrumentos inadecuado, cubiertas, disposición Poco espacio, cubiertas, construcción deficiente
4. Focos de contaminación <ul style="list-style-type: none"> - Materias primas - Lubricantes - Líquidos - Gases - Producto 	<ul style="list-style-type: none"> Fugas, derrames, exceso o deficiencia de flujo Fugas, derrames Desperdicios, fugas, derrames, vertidos Fugas de aire comprimido, vapor, gases de escape Fugas de aire comprimido, vapor, gases de escape
5. Fuentes de defectos de calidad <ul style="list-style-type: none"> - Materias extrañas - Golpes - Humedad - Concentración 	<ul style="list-style-type: none"> Partículas, arrastre de óxido u otros, desechos Caídas, sacudidas, vibraciones, colisiones Demasiada o poca, infiltración Mezcla, agitación, evaporación, calentamiento inadecuado
6. Elementos innecesarios <ul style="list-style-type: none"> - Tuberías - Instrumentos de medición - Equipo eléctrico - Reparaciones provisionales - Maquinaria rotativa 	<ul style="list-style-type: none"> Tubos, mangueras, ductos Termómetros, manómetros, amperímetros, etc. Cableado, conectores, conmutadores, etc. Cintas, alambres, cables, etc. Bombas, agitadores, tanques, etc.
7. Lugares inseguros <ul style="list-style-type: none"> - Maquinaria rotativa - Luces - Suelos - Escaleras - Equipos de izaje 	<ul style="list-style-type: none"> Cubiertas rotas, sin mecanismos de seguridad o parada de emergencia Pantallas sucias o rotas, mala ubicación, inadecuadas Desequilibrados, elementos que sobresalen, con agujeros Irregulares, sin pasamanos, demasiado inclinados Cables, ganchos, frenos y otras partes de grúas

Fuente. Elaboración propia

- Registro de las anomalías: Diseñan y prueban un formato para identificación de las anomalías en la máquina sopladora N° 3, éstas se registrarán a lo largo de la aplicación de los demás Pasos, en especial en el Paso 1. En la Figura 31 se describe un

modelo de formato para el registro de anomalías, correspondientes a la tarjeta de anomalías azul.

CONTROL DE TARJETAS DE ANORMALIDADES (AZULES)											
PASO N°: MÁQUINA/EQUIPO: SOPLADORA 3						ACTUALIZADO el:					
IDENTIFICACIÓN DE LA ANORMALIDAD						ACCIÓN CORRECTIVA					
N° de Tarjeta	Fecha	Descripción	Subsistema/Componente	Detectado por	Categoría de Anormalidad	Criticidad	Descripción	Fecha Planificada	Fecha de Ejecución	Días de retraso	STATUS
1	TR-01 25-Jun	Grasas de chumaceras sin tapa (suciedad se acumula)		J. CASTRO	INCUMPLIMIENTO DE COND. BÁSICAS	2	Colocar tapas según colores de grasas (mantenimiento indicará el color)	30-Jul	32-Jul	2	TERMINADO
2											
3											
4											
5											

Figura 31. Modelo de formato de registro de anomalías
Fuente. Elaboración propia

En el marco del desarrollo del Paso 0, se plantea la aplicación del método 5S, en particular la 1ra (Clasificación) y 2da (Orden). A continuación, se describe las actividades para el método 5S en el entorno de la máquina sopladora N° 3:

1.1. Preparación en el lugar de trabajo. Se debe considerar lo siguiente:

- Dividir el área y asignar responsabilidades: Sectorizar el entorno de la máquina sopladora N° 3 y dividir responsables para los siguientes pasos del método 5S.
- Desarrollar un Tablero de Gestión Visual: Diseñar y aprobar a nivel del Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) un tablero para la gestión visual de los equipos de trabajo operativos, a fin de visualizar el Ciclo de Deming (PHVA) en la aplicación del método 5S. Este tablero servirá de punto de reunión del equipo de trabajo para seguimiento de los logros. Inicialmente, antes de aplicar la 1ra S este tablero en la zona de Planificación (P), contendrá los objetivos y metas para la aplicación de la 1ra S en las áreas piloto. En la Figura 32 se describe un modelo de Tablero de Gestión Visual para el EAT en el entorno de la máquina sopladora N° 3.

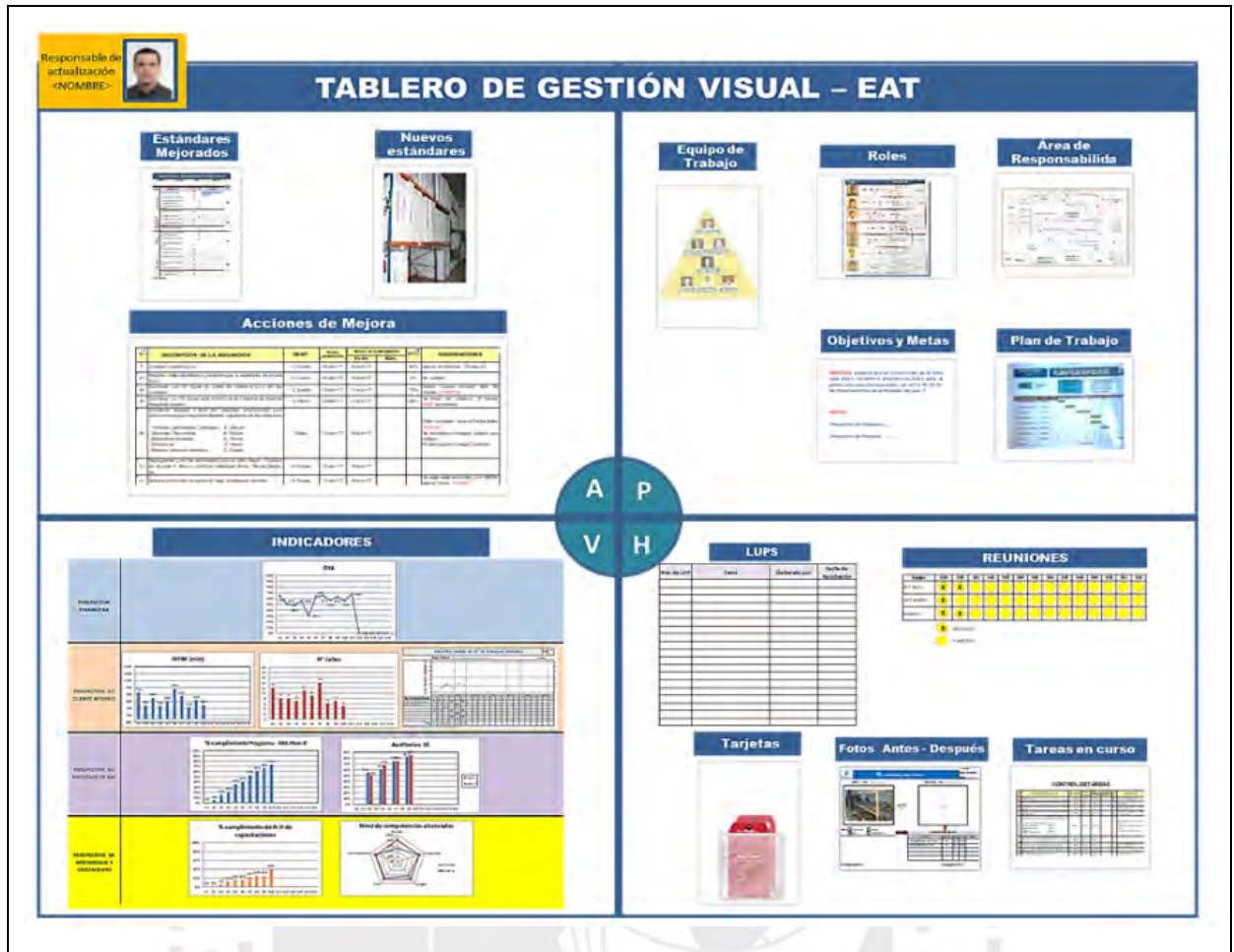


Figura 32. Modelo de Tablero de Gestión visual
Fuente. Elaboración propia

1.2. Aplicación de la 1ra S – Clasificación. Se enfoca en evitar la presencia de elementos innecesarios, para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Tomar fotos del antes: Tomar fotos, antes del día de la gran limpieza, de la situación actual en la que se encuentra el entorno de la máquina sopladora N° 3, a fin de proporcionar al equipo operativo un registro que sirva como línea de base de las mejoras a realizar.
- Desarrollar tarjetas rojas: Diseñar y aprobar a nivel del Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) una tarjeta roja para marcar los innecesarios (objetivos, herramientas, matrices, piezas u otros que no corresponden a la producción o mantenimiento) en el entorno de la máquina sopladora N° 3 y sobre los que se debe tomar alguna acción correctiva. En la Figura 33 se describe un modelo de tarjeta roja para aplicación inicial el día de la gran limpieza, luego de ello debe validarse.

TARJETA ROJA

ÁREA/LINEA: N°:

EMITIDO POR:

CATEGORÍA:

<input type="checkbox"/> Materia Prima	<input type="checkbox"/> Herramientas y accesorios innecesarios
<input type="checkbox"/> Inventario en Proceso	<input type="checkbox"/> Producto Terminado
<input type="checkbox"/> Equipo sin Uso	<input type="checkbox"/> Papel, Equipo de Oficina

NOMBRE ÍTEM:

RAZONES:

<input type="checkbox"/> No necesario	<input type="checkbox"/> Mal enviado
<input type="checkbox"/> Defectuoso	<input type="checkbox"/> Destino desconocido
<input type="checkbox"/> Obsoleto	<input type="checkbox"/> Material Desecho
<input type="checkbox"/> Inventario en exceso	<input type="checkbox"/> Otros

ACCIÓN A TOMAR:

<input type="checkbox"/> Desechar	APROBADO POR: Firma:
<input type="checkbox"/> Devolver	
<input type="checkbox"/> Almacenar	

FECHA EMISIÓN: FECHA EJECUCIÓN:

Coloque esta tarjeta en el equipo

Figura 33. Modelo de tarjeta roja – 5S
Fuente. Elaboración propia

- Identificar elementos innecesarios el día de la gran limpieza: marcar los elementos innecesarios con la tarjeta roja y registrar cada tarjeta utilizada en la lista de elementos innecesarios. Esta lista permitirá posteriormente realizar un seguimiento de que acciones se tomaron sobre los elementos identificados. En la Tabla 16 se lista los elementos identificados que actualmente se encuentran en el área de la máquina sopladora N° 3, considerando un análisis si son o no necesarios y su prioridad de uso.

Tabla 16. Listado de elementos actuales en área de máquina sopladora N° 3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.		NECESARIO		PRIORIDAD DE USO
			MÍN	MAX	Operativo	Reparable	
1	Llave Mixta de 6 mm	und	1	1	--	--	Diario
2	Llave Mixta de 7 mm	und	1	1	--	--	Diario
3	Llave Mixta de 10 mm	und	1	1	✓	--	Diario
4	Llave Mixta de 11 mm	und	1	1	✓	--	3 x semana
5	Llave Mixta de 12 mm	und	1	1	✓	--	3 x semana
6	Llave Mixta de 13 mm	und	1	1	✓	--	3 x semana
7	Llave Mixta de 16 mm	und	1	1	--	--	Semanal
8	Llave Mixta de 1/4"	und	1	1	✓	--	Diario
9	Llave Mixta de 5/16"	und	1	1	--	✓	Diario
10	Llave Mixta de 3/8"	und	1	1	--	✓	Diario
11	Llave Mixta de 7/16"	und	1	1	✓	--	Diario
12	Llave Mixta de 1/2"	und	1	1	✓	--	3 x semana
13	Llave Mixta de 9/16"	und	1	1	✓	--	Semanal
14	Llave Mixta de 5/8"	und	1	1	--	✓	Semanal
15	Llave Mixta de 11/16"	und	1	1	--	✓	Semanal
16	Llave Mixta de 3/4"	und	1	1	✓	--	Semanal
17	Llave Mixta de 7/8"	und	1	1	✓	--	Semanal
18	Alicate Punta Redonda mini 5" - 130 mm	und	1	1	--	✓	Diario
19	Alicate Universal 7", 2-4/11", 1/2"	und	1	1	✓	--	Diario
20	Destornillador de cruz PH0, 75 mm, 160 mm	und	1	1	✓	--	Diario

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.		NECESARIO		PRIORIDAD
21	Destornillador de cruz PH1, 75 mm, 185 mm	und	1	1	✓	--	Diario
22	Destornillador de cruz 1.0 x 6.0 mm, 150 mm, 265 mm	und	1	1	✓	--	Diario
23	Llave Torx plegable pro juego de 8 piezas 69-266 mm	und	1	1	--	✓	Diario
24	Cuerpo matriz anillo 1 lt	und	1	1	✓	--	Semanal
25	Cabeza matriz anillo 1 lt	und	1	1	✓	--	Semanal
26	Cuerpo matriz sin anillo 1 lt	und	1	1	✓	--	Semanal
27	Cabeza matriz sin anillo 1 lt	und	1	1	✓	--	Semanal
28	Cuerpo matriz cilindrico 250 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
29	Cabeza matriz cilindrico 250 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
30	Cuerpo matriz cuadrado 1 lt	und	1	1	✓	--	Mensual
31	Cabeza matriz cuadrado 1 lt	und	1	1	✓	--	Mensual
32	Cuerpo matriz cilindrico 850 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
33	Cabeza matriz cilindrico 850 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
34	Cuerpo matriz cilindrico 946 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
35	Cabeza matriz cilindrico 946 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
36	Cuerpo matriz cilindrico 360 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
37	Cabeza matriz cilindrico 360 ml	und	1	1	✓	--	Mensual
38	Cuerpo matriz lechera 1 lt	und	1	1	--	✓	2 x año
39	Cabeza matriz lechera 1 lt	und	1	1	✓	--	2 x año
40	Cuerpo matriz cilindrico 900 ml	und	1	1	✓	--	2 x año
41	Cabeza matriz cilindrico 900 ml	und	1	1	--	✓	2 x año

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.		NECESARIO		PRIORIDAD
42	Pines	und	1	1	✓	--	Diario
43	Portapines	und	1	1	✓	--	Diario
44	Cortadores	und	1	1	✓	--	Diario
45	Botadores	und	1	1	✓	--	Diario
46	Perno tipo tornillo T12 (perno ancla)	und	1	1	--	✓	Diario
47	Manguera de soplado	und	1	1	✓	--	Diario

Fuente. Elaboración propia

- Listar elementos innecesarios: Diseñar y aprobar a nivel del Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) un formato para identificación de los elementos innecesarios que se encuentren en el área de la máquina sopladora N° 3. Los datos que deben consignarse son: ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. En la Figura 34 se describe un modelo de formato para la clasificación de elementos innecesarios.

CLASIFICACION DE ELEMENTOS INNECESARIOS												
ITEM	N° TARJETA	FECHA DE IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	RAZONES	VALOR APROX \$	UBICACIÓN	DESTINO/REUBICAR/LEVAR A	FECHA PLAN	FECHA REAL	RESPONSABLE
1						No Necesario para el área						
2						Obsoleto						
3						Defectuoso						
4						Demasiada Cantidad						
5												
Realizado por:				V'B' Líder del área:			V'B' Jefe del área					
Fecha:												

Figura 34. Modelo de formato de clasificación de elementos innecesarios

Fuente. Elaboración propia

A continuación, en el formato mostrado en la Figura 34, se procede a listar los elementos identificados como innecesarios. En la tabla 17 se resume dicho listado, considerando las columnas claves para el caso de estudio.

Tabla 17. Listado de elementos innecesarios en área de máquina sopladora N° 3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	RAZONES	VALOR APROX (soles)	UBICACIÓN	DESTINO/ REUBICAR/ LLEVAR A
1	Llave Mixta de 6 mm	und	1	No necesario	5.5	Mesa de matrices	Almacén
2	Llave Mixta de 7 mm	und	1	No necesario	5.5	Mesa de matrices	Almacén
3	Llave Mixta de 16 mm	und	1	No necesario	5.5	Mesa de matrices	Almacén
4	Llave Mixta de 5/16"	und	1	Obsoleto	2	Almacén	Área de chatarreo
5	Llave Mixta de 3/8"	und	1	Obsoleto	2	Almacén	Área de chatarreo
6	Llave Mixta de 5/8"	und	1	Obsoleto	2	Mesa de matrices	Área de chatarreo
7	Llave Mixta de 11/16"	und	1	Obsoleto	2	Mesa de matrices	Área de chatarreo
8	Alicate Punta Redonda mini 5" - 130 mm	und	1	Defectuoso	2	Almacén	Área de chatarreo
9	Llave Torx plegable pro juego de 8 piezas 69-266 mm	und	1	Obsoleto	2	Almacén	Área de chatarreo
10	Cuerpo matriz lechera 1 lt	und	1	Defectuoso	1500	Mesa de matrices	Área de chatarreo
11	Cabeza matriz cilíndrico 900 ml	und	1	Defectuoso	1000	Mesa de matrices	Área de chatarreo
12	Perno tipo tornillo T12 (perno ancla)	und	1	Defectuoso	2	Almacén	Área de chatarreo

Fuente. Elaboración propia

- Planificar una acción sobre los elementos innecesarios: El Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) y equipo operativo tomarán la decisión para cada elemento identificado, en el caso de los elementos más simples. Al identificar elementos complejos (equipos, maquinaria u otros similares) deben ser analizados conjuntamente con la Gerencia General y, por lo tanto, el elemento identificado con la tarjeta roja debe ir a la “zona roja” (espacio preestablecido fuera del área de la máquina sopladora N° 3) y quedará en espera mientras se toma la decisión final. Considerando los pasos antes descritos, en la Figura 35 se detalla el flujo de las acciones para identificar, listar y planificar acciones de los elementos innecesarios.

1.3. Aplicación de la 2da S – Orden. Se enfoca en mejorar la visualización de los elementos necesarios para la producción, definiendo un lugar de acuerdo a la frecuencia: eliminando tiempos de búsqueda y facilitando su retorno; para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Analizar la situación actual: El Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) y el equipo operativo verifican los movimientos de materiales, piezas y personal en el área de la máquina sopladora N° 3; asimismo, los tiempos y/o distancias de las actividades. Lo cual se detalla en el Diagrama Spaghetti (Figura 25).
- Decidir un lugar para los elementos necesarios: El Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) y el equipo operativo analizan la frecuencia de uso, necesidad de ubicación, accesibilidad (condiciones ergonómicas) y condiciones de conservación a fin generar eficacia en los movimientos de materiales, piezas y personal en el área de la máquina sopladora N° 3.
- Guardar/colocar los elementos necesarios en lugar identificado: El equipo operativo debe demarcar los espacios del área de la máquina sopladora N° 3, rotulando (colocar nombres) los espacios asignados a máquinas, equipos, material en proceso (botellas que salen de máquina), personal, mesa de trabajo, instrumentos de medición, materia prima (virgen y reciclable), útiles de limpieza y demás.
- Identificar los contornos en la caja de herramientas: El equipo operativo debe usar dibujos o plantillas de contornos para indicar la colocación de todos los elementos necesarios descritos en la actividad anterior.
- Establecer reglas para el orden del área de la máquina sopladora N° 3: El equipo operativo debe establecer una normativa para prevenir el desorden. Se pueden considerar los siguientes puntos en el marco de las normativas de orden: (i) control diario de elementos y el aprovisionamiento mínimo a través de controles visuales; y, (ii) mejora constante de los procesos (análisis) para conseguir las herramientas y elemento con rapidez y eficiencia.
- Auditar el avance de la 2da S: El Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) establece un cronograma y formatos para el desarrollo de las auditorías correspondientes al avance, a fin de garantizar el correcto cumplimiento de la gestión (similar al de 1ra S) y la implementación, para luego, pasar a la siguiente parte del proceso (Paso 1 del método

13	Llave Mixta de 3/8"	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
14	Llave Mixta de 7/16"	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
15	Llave Mixta de 1/2"	und	1	1	3 x semana	Anaqueles M3
16	Llave Mixta de 9/16"	und	1	1	Semanal	Anaqueles M3
17	Llave Mixta de 5/8"	und	1	1	Semanal	Anaqueles M3
18	Llave Mixta de 11/16"	und	1	1	Semanal	Anaqueles M3
19	Llave Mixta de 3/4"	und	1	1	Semanal	Anaqueles M3
20	Llave Mixta de 7/8"	und	1	1	Semanal	Anaqueles M3
21	Alicate de Presión 0-63 mm, 250 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
22	Alicate Punta Redonda mini 5" - 130 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
23	Alicate Universal 7", 2-4/11", 1/2"	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
24	Destornillador de cruz PH0, 75 mm, 160 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
25	Destornillador de cruz PH1, 75 mm, 185 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
26	Destornillador de cruz PH2, 100 mm, 215 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
27	Destornillador de cruz 0.8 x 6.0 mm, 100 mm, 215 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
28	Destornillador de cruz 1.0 x 6.0 mm, 150 mm, 265 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
29	Llave Allen juego de 10 piezas 1/16-3/8"	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
30	Llave Torx plegable pro juego de 8 piezas 69-266 mm	und	1	1	Diario	Anaqueles M3
31	Cuerpo matriz anillo 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
32	Cabeza matriz anillo 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
33	Cuerpo matriz sin anillo 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
34	Cabeza matriz sin anillo 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
35	Cuerpo matriz cilíndrico 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
36	Cabeza matriz cilíndrico 1 lt	und	1	1	Semanal	Carro anaquel matrices M3
37	Cuerpo matriz cilíndrico 500 ml	und	1	1	3 x mes	Carro anaquel matrices M3
38	Cabeza matriz cilíndrico 500 ml	und	1	1	3 x mes	Carro anaquel matrices M3
39	Cuerpo matriz cilíndrico 220 ml	und	1	1	3 x mes	Carro anaquel matrices M3
40	Cabeza matriz cilíndrico 220 ml	und	1	1	3 x mes	Carro anaquel matrices M3
41	Cuerpo matriz cilíndrico 250 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3

42	Cabeza matriz cilíndrico 250 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
43	Cuerpo matriz cuadrado 1 lt	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
44	Cabeza matriz cuadrado 1 lt	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
45	Cuerpo matriz cilíndrico 850 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
46	Cabeza matriz cilíndrico 850 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
47	Cuerpo matriz cilíndrico 946 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
48	Cabeza matriz cilíndrico 946 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
49	Cuerpo matriz cilíndrico 360 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
50	Cabeza matriz cilíndrico 360 ml	und	1	1	Mensual	Carro anaquel matrices M3
51	Cuerpo matriz lechera 1 lt	und	1	1	2 x año	Carro anaquel matrices M3
52	Cabeza matriz lechera 1 lt	und	1	1	2 x año	Carro anaquel matrices M3
53	Cuerpo matriz cilíndrico 900 ml	und	1	1	2 x año	Carro anaquel matrices M3
54	Cabeza matriz cilíndrico 900 ml	und	1	1	2 x año	Carro anaquel matrices M3
55	Pines	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
56	Portapines	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
57	Cortadores	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
58	Botadores	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
59	Perno tipo tornillo T12 (perno ancla)	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
60	Manguera de soplado	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3
61	Martillo de nylon	und	1	1	Diario	Carro anaquel matrices M3

Fuente. Elaboración propia

2. Paso 1: Limpieza inicial

En la Limpieza inicial se busca restaurar las condiciones básicas de la máquina sopladora N° 3, además de fortalecer las capacidades técnicas del maquinista para gestionar las anomalías detectadas durante las actividades sistemáticas de limpieza de la máquina.

Las herramientas y/o temas que el Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) debe desarrollar y/o abordar como parte de las acciones en el Paso 1, son las siguientes:

- Tarjetas de anomalías (Figura 30).
- Criterios de priorización de las anomalías (Tabla 19).

Tabla 19. Criterios de priorización de las anomalías

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	PLAZO
C1	Anormalidades que pueden afectar la seguridad de los trabajadores o la calidad del producto.	1 día
C2	Anormalidades que afectan la productividad de la máquina sopladora N° 3 (pueden ocasionar averías, paradas imprevistas y/o baja velocidad).	10 días
C3	Anormalidades que ocasionan sobre costos como: pérdidas de energía, fugas de aire comprimido, fugas de agua u otros similares.	20 días
C4	Para aquellas que inciden en el orden y limpieza del área de la máquina sopladora N° 3.	30 días

Fuente. Elaboración propia

- Lección de Un Punto (LUP): Diseñar y aprobar a nivel del Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) lecciones sobre las diferentes anomalías que se presentaron. La Lección de Un Punto utilizada será del tipo condiciones básicas. En la Figura 38 se detalla un modelo de formato para las lecciones del equipo operativo.

LECCION DE UN PUNTO (LUP)		No:										
		Fecha de preparación:										
Tema:		Preparado:										
		Aprobado:										
			Fecha:									
			Instructor:									
Entrenado:												

Figura 38. Modelo de formato de la Lección de Un Punto (LUP)

Fuente. Elaboración propia

- Registro de las Anomalías (Figura 31).
- Tablero de Gestión Visual (Figura 32).

Se lista a continuación las LUP que deberán darse a los operadores

1. El proceso del Paso 1
2. Como realizar un ATS (Análisis de Trabajo Seguro) para aplicarse en el Día de la Gran Limpieza (DGL)
3. Las 7 categorías de anomalías
4. El flujo de colocación y levantamiento de anomalías (tarjetas)
5. Partes de la tarjeta de anomalías y su llenado

Las actividades de este paso, se muestran en la Figura 39; las cuales deben ejecutarse bajo un programa (Figura 41). El objetivo principal de este paso es corregir las anomalías identificadas durante la limpieza inicial y durante las limpiezas e inspecciones semanales realizadas según lo aprobado como duración del Paso 1:

- 100% de anomalías que los operadores pueden corregir (tarjetas azules)
- 80% de anomalías direccionadas al área de mantenimiento (tarjetas rojas).

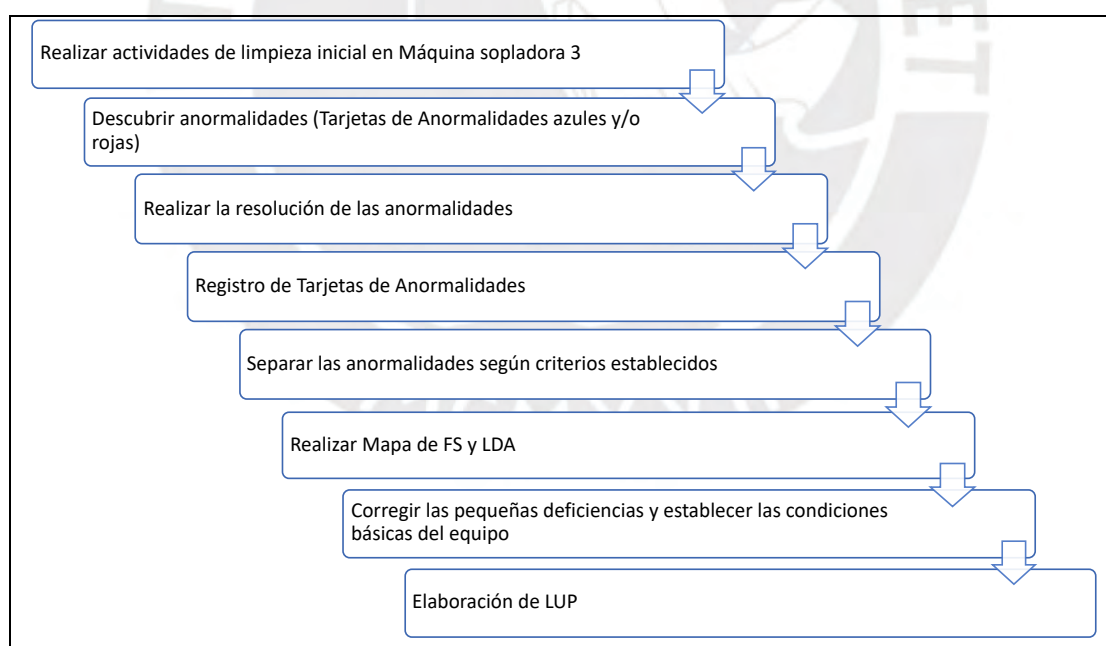


Figura 39. El proceso del Paso 1 del Mantenimiento Autónomo
Fuente. Elaboración propia

Asimismo, se debe establecer un primer estándar de limpieza e inspección como parte del desarrollo de los trabajos diarios. El estándar estará compuesto por actividades de limpieza e inspección que serán detalladas en la parte superior del formato mostrado en la Figura 40.

3. Paso 2: Eliminar fuentes de suciedad (FS) y lugares de difícil acceso (LDA)

En la eliminación de fuentes de suciedad (FS) y lugares de difícil acceso (LDA) se busca ejecutar la acción sobre los puntos identificados y mapeados en el paso anterior, además se procede a la preparación del equipo para que la inspección, limpieza y lubricación puedan realizarse de una manera eficiente. El Paso 2 permite disminuir los tiempos de limpieza, inspección y lubricación.

Las herramientas y/o temas que el Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) debe desarrollar y/o abordar como parte de las acciones en el Paso 1, son las siguientes:

- Tablero de Gestión Visual (Figura 32).
- Lección de Un Punto (LUP) (Figura 38).
- Criterios de priorización de eliminación de fuentes de suciedad y lugares de difícil acceso (Tabla 20).

Tabla 20. Criterios de priorización de eliminación de fuentes de suciedad (FS) y lugares de difícil acceso (LDA)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN
C1	Atienda las fuentes de suciedad (FS).	Si no puede eliminarse, entonces contenga la contaminación en su fuente y controle que no se extienda, para proteger las partes importantes y hacer más fácil la limpieza.
	Mediante: Eliminación de la contaminación en su fuente.	
C2	Atienda las áreas difíciles de alcanzar.	Si el problema aún es grande, entonces modifique la maquinaria para un acceso más fácil de las áreas que requieren limpieza e inspección.
	Mediante mejora del método o herramientas para limpiar e inspeccionar.	

Fuente. Elaboración propia

Los estándares de limpieza e inspección se deben mejorar en cuanto a tiempo de ejecución de las actividades indicadas en el Paso 1 (Figura 39), se deben establecer inspecciones necesarias para prevenir pérdidas de materiales por fugas, derrames y similares. Además, con lo anterior, se mejora la confiabilidad de la máquina sopladora N° 3 (menos frecuencia de paradas) y por ende se tendrá una reducción de pérdidas de materiales ocasionado por las paradas imprevistas.

4. Paso 3: Establecer estándares de limpieza, inspección y lubricación

En el establecimiento de estándares de limpieza, inspección y lubricación se busca asegurar el mantenimiento de los resultados alcanzados con la aplicación del Paso 1 y Paso 2, esto es, asegurar el mantenimiento de las condiciones básicas y de la situación óptima de la máquina sopladora N° 3. El Paso 3 permite iniciar acciones para el aseguramiento de la calidad que es parte del método Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Para lograr los objetivos del Paso 3, el jefe de mantenimiento, maquinista y operario de la máquina sopladora N° 3, deben mejorar los estándares de limpieza e inspección, adicionando, estándares de lubricación, teniendo de esta manera un estándar integrado de limpieza, inspección y lubricación.

El estándar integrado permite tener niveles adecuados que ayudan a mantener la limpieza, inspección, lubricación y también el apriete de los pernos según lo estipulado, empleando un mínimo tiempo y esfuerzo. A su vez, en el Paso 3 se inicia con el empleo de controles visuales de manera intensiva, incluyendo los necesarios para asegurar parámetros de operación.

Las herramientas y/o temas que el Equipo Autónomo de Trabajo (EAT) debe desarrollar y/o abordar como parte de las acciones en el Paso 3, son las siguientes:

- Controles visuales para las condiciones básicas de la máquina sopladora N° 3, los equipos y herramientas complementarias, los parámetros de operación y los alineamientos de componentes críticos para la calidad.
- Lección de Un Punto (LUP) sobre lubricación.

Asimismo, se debe establecer el estándar de limpieza, inspección y lubricación (LIL) como parte del desarrollo de los trabajos diarios. El estándar se estructura según el modelo de un formato detallado que se ha consignado en la Figura 40.

INSPECCIÓN A TRAVÉS DE LA LIMPIEZA						
Componente	Estándar	Método	Herramienta	Acción correctiva	Tiempo	Frecuencia
Tiempo total requerido:						
LUBRICACIÓN						
Punto de lubricación	Lubricante	Cantidad	Método	Herramienta	Tiempo	Frecuencia
Tiempo total requerido:						

Figura 40. Modelo de formato de estándar de limpieza, inspección y lubricación
Fuente. Elaboración propia

Considerando las fases de mejora que se establecen por el Mantenimiento Autónomo y las 5S, se espera una reducción del 50% de las paradas menores, ya que se restablecerá las condiciones básicas de la máquina sopladora N° 3.

4.3 Plan de implementación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S

Los métodos priorizados tendrán un Plan de implementación paralelo (Figura 41), en el que se prioriza en los primeros 4 meses (iniciando en enero) el método SMED; los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S plantean consolidar las mejoras que se logren a nivel de la máquina sopladora N° 3 con el método SMED que continúan por 8 meses adicionales (hasta diciembre) y ello se evidencia en la Figura 42.

PLANES DE ACCIONES	RESPONSABLE (Plan de acción)	CALENDARIO																							
		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Formación y capacitación del Equipo SMED	Gerente General	■																							
1.1 Formar y nombrar al Equipo Autónomo de Trabajo (EAT)		■																							
1.2 Definir y asignar roles y responsables del EAT		■																							
1.3 Capacitar al EAT en implementación del sistema SMED		■																							
2. ETAPA 1: Separar Actividades externas / Internas	Maquinista	■																							
2.1 Identificar actividades Internas en el diagrama multiactividades		■																							
2.2 Identificar actividades Externas en el diagrama multiactividades		■																							
2.3 Elaborar checklist de herramientas/útiles/materiales/matrices a tener lista para el cambio según el producto a elaborar.		■																							
2.4 Elaborar lista de equipos y herramientas necesarios e implementar la sala. Aplicar 5S a herramientas y útiles empleados en el cambio de producción.		■																							
3. ETAPA 2: Convertir actividades Internas a Externas	Equipo	■																							
3.1 Revaluar las actividades internas		■																							
3.2 Analizar potencial de conversión de actividades Internas a Externas		■																							
4. ETAPA 3: Optimizar las actividades	Equipo	■																							
4.1 Minimizar tiempos de preparación Interna (incluir identificación de operaciones que se pueden hacer en paralelo)		■																							
4.2 Minimizar tiempos de preparación Externa		■																							
4.3 Estandarizar actividades		■																							
5. Validación y mejora	Jefe de mantenimiento	■																							
5.1 Filmar nueva forma de cambio de utilajes		■																							
5.2 Calcular % de mejora en tiempo y distancia recorrida (Diagrama de Spaghetti)		■																							
5.3 Estandarizar actividades aprobadas y tomar acciones correctivas si se requiere		■																							
6. Capacitación de Maquinista y Operario	Jefe de mantenimiento	■																							
6.1 Establecer Plan de capacitación y entrenamiento (definir temarios) para operadores y preparador de utilajes		■																							
6.2 Implementar Plan de capacitación y entrenamiento		■																							

Figura 41. Plan de implementación del método SMED en la máquina sopladora N° 3
Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la implementación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S, enfocados en la máquina sopladora N° 3, se basará en las inversiones asociados a la implementación de los métodos y los ingresos adicionales en el proceso de fabricación de envases de plástico de la familia 2 de productos (32% de las ventas acumuladas) y los ingresos por innecesarios (Tabla 17) luego de la aplicación del método 5S.

5.1 Costos de Personal

La implementación de los métodos tiene una componente de inversión de hora-hombre por capacitación, es por ello que resulta necesario el cálculo de este costo, en el personal administrativo y operativo.

Cabe resaltar que el salario del personal (administrativo y operativo) se basa en el actual mínimo vital para la jornada laboral de 8 horas, incrementándose según el cargo en un porcentaje o siendo menor de acuerdo a la modalidad de contrato. Asimismo, las horas extras son calculadas de acuerdo al TUO del Decreto Legislativo N° 854 y Decreto Supremo N° 007-02-TR: 25% para las dos primeras horas extras y 35% para las horas adicionales a las dos primeras. Los cálculos de los salarios se presentan en la Tabla 21 para todo el personal.

Tabla 21. Salarios del personal administrativo y operativo

	Personal administrativo			Personal operativo		
	Gerente	Administrador	Jefe ventas	Jefe manten./ produc.	Maquin.	Operario/ pelador
Sueldo (soles)	4 650	2 790	2 325	2 325	1 395	930
Días	26	26	26	26	26	26
Horas/Día	8	8	8	8	8	8
Costo Hr-H (soles)	22.36	13.41	11.18	11.18	6.71	4.47
Costo Hr. Extra (2 primeras horas) (soles)	-	-	-	13.97	8.38	5.59
Costo Hr. Extra adicional (soles)	-	-	-	15.09	9.05	6.04

Fuente: Elaboración propia

5.2 Gastos de implementación

Los gastos de implementación de los métodos se considerada en tres categorías: gasto de consultor para el proceso, gasto en la capacitación de todo el personal y gasto de los elementos necesarios y la infraestructura. Se consideró que sólo el personal directamente involucrado en la máquina sopladora N° 3 debe ser parte de las capacitaciones, a partir de ellos trasladar el aprendizaje, en fases posteriores, a las diferentes áreas.

Tabla 22. Gastos de implementación del método SMED

Rubro de cotización	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Capacitación	100	1	consultor	30	3 000
Materiales de capacitación y otros	10	18	personal	-	180
Acompañamiento constante	500	3	mes	-	1 500
Asistencia técnica (3 visitas in situ)	100	3	visita	4	1 200
TOTAL GASTOS DE CONSULTOR					5,880
Personal participante	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Jefe de producción	11.18	1	personal	30	335
Jefe de mantenimiento	11.18	1	personal	42	469
Maquinista máquina sopladora N° 3	6.71	1	personal	42	282
Operario máquina sopladora N° 3	4.47	1	personal	42	188
TOTAL GASTOS POR PERSONAL PARTICIPANTE					1,274
Elementos necesarios e infraestructura	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Herramientas necesarias (Tabla 18)	849	1	caja de herramientas	-	849
Anaquele para máquina sopladora N° 3	500	1	unidad	-	500
Tablero de Gestión Visual	100	1	unidad	-	100
Lección de Un Punto (LUP)	3	15	unidad	-	45
Matrices necesarios (Tabla 18)	-	2	matriz	-	2 500
Carro anaquel matrices para máquina sopladora N° 3	1500	1	unidad	-	1 500
TOTAL GASTOS POR ELEMENTOS NECESARIOS E INFRAESTRUCTURA (soles)					5 494

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 22 se detalla los gastos asociados a la implementación del método SMED en la máquina sopladora N° 3, el cual es equivalente a 12 648 soles para un periodo de 4 meses. La asistencia técnica, al igual que la capacitación, está dirigida al personal directamente

involucrado en la máquina sopladora N° 3; asimismo, se considera el desarrollo de todas las actividades en el horario regular de trabajo.

De manera paralela, se desarrolla la implementación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S para la máquina sopladora N° 3 y su área de trabajo, en la Tabla 23 se detalla los gastos asociados a la implementación, el cual es equivalente a 8 121 soles para un periodo de 12 meses, en los primeros meses de manera paralela a la implementación del método SMED. La capacitación y asistencia técnica son para el personal directamente relacionado con la máquina sopladora N° 3; asimismo, se considera el desarrollo de todas las actividades en el horario regular de trabajo.

Tabla 23. Gastos de implementación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S

Rubro de cotización	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Capacitación	100	1	consultor	30	3 000
Materiales de capacitación y otros	10	18	personal	-	180
Acompañamiento constante	500	3	mes	-	1 500
Asistencia técnica (3 visitas in situ)	100	3	visita	4	1 200
TOTAL GASTOS DE CONSULTOR					5,880
Personal participante	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Jefe de producción	11.18	1	personal	30	469
Jefe de mantenimiento	11.18	1	personal	42	282
Maquinista máquina sopladora N° 3	6.71	1	personal	42	188
Operario máquina sopladora N° 3	4.47	1	personal	42	469
TOTAL GASTOS POR PERSONAL PARTICIPANTE					1,274
Elementos necesarios e infraestructura	Costo x unidad	Cantidad	Unidad	Horas	Total
Balde de pintura	55	3	unidad	-	165
Elementos de codificación (afiches u otros)	50	3	unidad	-	150
Útiles de limpieza (escoba y recogedor)	20	1	pack	-	20
Equipos de Protección Personal (EPP)	246	2	personal	-	492
Perchero para EPP	100	1	unidad	-	100
Pallet para materia prima	40	1	unidad	-	40
TOTAL GASTOS POR ELEMENTOS NECESARIOS E INFRAESTRUCTURA (soles)					967

Fuente. Elaboración propia

5.3 Ingresos adicionales por la implementación

Los ingresos adicionales por incremento de producción se deben al impacto sobre dos de los factores de pérdidas asociadas a la máquina sopladora N° 3 (Figura 17): cambio de matriz y microparadas; y el ahorro en el costo de hora-hombre asociado al proceso de productivo en la máquina sopladora N° 3 por la reducción de tiempos en el cambio de matriz.

1. Ingresos por incremento de producción en máquina sopladora N° 3

Para el análisis del incremento de producción se deben construir datos anualizados. La máquina sopladora N° 3 maneja un tiempo de operación de 16 horas por día (en los 2 turnos de trabajo en la empresa), considerando ello y los días no laborables, en el año se puede considerar un tiempo total de producción de 4 608 horas (6 días a la semana y 48 semanas productivas en el año).

Asimismo, como se describe en la Tabla 24 para el análisis de tiempos de pérdida actuales en la máquina sopladora N° 3, se toma en cuenta los datos de los cuatro meses de información como base, esos datos se analizan de forma agrupada y se multiplican por el factor de 3 para obtener los 12 meses. El tiempo anual de paradas en la máquina sopladora N° 3 es de 692 horas.

Tabla 24. Análisis anual de pérdidas actuales en la máquina sopladora N° 3

CATEGORÍA DE PÉRDIDA	DATOS MARZO-JUNIO TIEMPO DE PARADAS (horas:minutos)	ANÁLISIS ANUAL DE TIEMPO DE PARADAS (horas:minutos)
CAMBIO DE MATRIZ	129:00	387 (56%)
AVERÍA	89:00	267 (39%)
CAMBIO DE COLOR	7:30	22:30 (3%)
MICROPARADA	5:10	15:30 (2%)

Fuente. Elaboración propia

Considerando la aplicación del método SMED se tiene una reducción en el tiempo de cambio de 26% (descrito en el Diagrama de actividades hombre-máquina, Tabla 7). Esto hace que el tiempo anual estimado para el cambio de matriz se reduzca a 325 horas 5 min.

Por otro lado, con la aplicación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S se tiene una reducción de 50% en microparadas. Esto hace que el tiempo anual estimado de microparadas se reducirá a 7 horas 45 min.

En la Tabla 25 se describe el análisis de tiempos de pérdida luego de la aplicación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S, con lo cual se ha reducido a 622 horas 20 min (reducción del 10.1%).

Tabla 25. Análisis anual de pérdidas futura en la máquina sopladora N° 3

CATEGORÍA DE PÉRDIDA	ACTUAL ANUAL DE TIEMPO DE PARADAS (horas:minutos)	FUTURO ANUAL DE TIEMPO DE PARADAS (horas:minutos)
CAMBIO DE MATRIZ	387 (56%)	325:05 (52%)
AVERÍA	267 (39%)	267 (43%)
CAMBIO DE COLOR	22:30 (3%)	22:30 (4%)
MICROPARADA	15:30 (2%)	7:45 (1%)

Fuente. Elaboración propia

Se analiza la proporcionalidad del incremento de tiempo total productivo efectivo que será de 1.78% (que equivale al incremento en el OEE, por la tasa de disponibilidad que directamente impacta). Para calcular el ingreso por incremento de producción, se considera que la proporción de producción que se tiene de los 16 tipos de productos (familia 2) en la máquina sopladora N° 3 se mantiene y se incrementa en el factor de mejora del tiempo productivo efectivo al aplicar los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S. Lo antes mencionado se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26. Estimación de ventas con productividad actual y futura para familia 2

	VENTAS ESTIMADAS CON PRODUCTIVIDAD ACTUAL (soles) (3916 horas máquina)	VENTAS ESTIMADAS CON PRODUCTIVIDAD FUTURA (soles) (3985:40 horas máquina)
2020	894 979	910 910
2021	998 946	1 016 727
2022	1 102 912	1 122 544
2023	1 206 879	1 228 361
2024	1 310 845	1 334 178
2025	1 414 812	1 439 996

Fuente. Elaboración propia

2. Ahorro de costo hora-hombre en la máquina sopladora N° 3

En la implementación del método SMED se produce una reducción del tiempo del maquinista y operario al momento del cambio de matriz. En la Tabla 27 se calcula los montos de ahorro asociados a las hora-hombre por cada personal. Cabe destacar que la máquina sopladora N° 3 registro 37 paradas por cambio de matriz que hicieron un total de 129 horas de la máquina detenida (Figura 17); de igual forma a los cálculos anteriores, se multiplica el factor de 3 para los datos que se tenía, con lo cual se puede estimar que para el año se producen 148 paradas por cambio de matriz.

Tabla 27. Ahorros asociados a personal por la implementación de método SMED

	MAQUINISTA	OPERARIO
COSTO HR-H (soles)	6.71	4.47
REDUCCIÓN DE TIEMPO	40 min	26 min
AHORRO POR CADA CAMBIO DE MATRIZ (soles)	4.47	1.94
AHORRO ANUAL POR CAMBIO DE MATRIZ (soles)	661.56	287.12

Fuente. Elaboración propia

5.4 Ingresos de innecesarios

En la Tabla 17 se detalló cada uno de los elementos innecesarios que fueron identificados en el área de operaciones de la máquina sopladora N° 3. Los elementos en su conjunto tienen un valor de venta de 2 530.50 soles, que corresponden a “ingresos” por innecesarios.

5.5 Resumen de gastos e ingresos para el retorno de inversión

La inversión generada por la implementación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S; el ingreso adicional; y, retorno de la inversión se muestran en la siguiente Tabla 28. Cabe destacar que los ingresos y ahorros se basan en datos en donde se plantea el inicio de las actividades de mejora.

Tabla 28. Retorno de la inversión de las implementaciones de los métodos

MÉTODO	INVERSIÓN (soles)	INGRESOS Y AHORROS (soles)	RETORNO DE LA INVERSIÓN
SMED	12 648	21 260.18	0.98
Mantenimiento Autónomo y 5S	8 121		

Fuente. Elaboración propia

Se debe mencionar, que el análisis no incluye aspectos no cuantificables; pero que tienen un impacto indirecto. En primer lugar, el efecto de réplica a nivel de las otras máquinas sopladoras de la empresa que puede darse con una menor inversión y mejor resultado; asimismo, en temas de seguridad y salud en el trabajo, de manera particular sobre el índice de incidentes y mejor motivación del personal.

5.6 Flujo de gastos para el proyecto

En la Tabla 29 se desarrolla el flujo de caja del proyecto en su conjunto, para un periodo de 5 años desde el inicio del proyecto el año 0. El año 0, como se detalló en el Plan de implementación, representa el año en que se realizará la implementación del método SMED, para luego continuar con los métodos Mantenimiento autónomo y 5S de manera conjunta. Para los años posteriores, se considera una inversión anual que corresponde a acompañamiento y asistencia técnica de un consultor, y otros gastos para el mantenimiento y mejora del lugar de trabajo; se puede estimar una inversión necesaria de 6 500 soles (5 200 soles por costo de consultoría y 1 300 soles para otros gastos como mantenimiento de insumos de limpieza, maquinaria, pintura, herramientas). Los ingresos y ahorros se basan en la estimación de incremento de venta de la familia 2 de los productos de la empresa, que se han analizado tomando en cuenta los datos históricos de los 3 últimos años (2017 – 2019) y el ahorro de la mano de obra por el cambio de matriz, los cuales se presentaron en la Tabla 27.

Tabla 29. Flujo de caja del proyecto en soles

ELEMENTO	0	1	2	3	4	5
Ingresos y ahorros		18 730	20 581	22 431	24 282	26 132
Egresos	20 769	6 500	6 500	6 500	6 500	6 500
INGRESOS – EGRESOS	-20 769	12 230	14 081	15 931	17 782	19 632

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, este flujo de caja nos deja como resultados los siguientes indicadores financieros para el proyecto. El Valor Presente Neto (VPN), considerando una tasa de descuento del 20% para este proyecto, tiene como equivalente el valor monetario de 24 885 soles; asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) resulta en 63%.



CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con el análisis de la situación actual de la empresa y la comparación financiera propia del proyecto que se plantea, se llega a la conclusión de que la implementación es factible de realizar en la máquina sopladora N° 3, que abarca la familia 2 de productos. Se tiene como indicadores de los resultados: incremento del OEE en 1.78% por la tasa de disponibilidad, una VAN de 24 885 soles > 0 y una TIR de 63% > COK.

La intervención con el método SMED resulta fundamental, considerando el uso intensivo de máquinas sopladora por parte de la empresa, ya que las actividades que agregan valor, están directamente relacionadas con ellas. Los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S de manera combinada, permiten retornar a la máquina sopladora N° 3 a sus condiciones básicas y asegurar la sostenibilidad de todo lo implementado.

La implementación del método SMED, permite abrir un conjunto de oportunidades de mejora que se pueden desarrollar en la máquina sopladora N° 3, que podrían seguir reduciendo los tiempos de cambio de matriz, ya que el presente proyecto solo abarca la fase de división, sin entrar en mayores detalles que lograrían mayores resultados. Estas mejoras permitirían una mayor flexibilidad de los lotes de producción y, por ende, la reducción de espacios de almacenamiento. Asimismo, el cubrir de manera más eficaz los requerimientos de los clientes.

La implementación de los métodos Mantenimiento Autónomo y 5S de manera conjunto, contribuirán a mejorar el lugar de trabajo, a partir de la eliminación de actividades innecesarias en el proceso productivo y generando un cambio comportamental a partir de promover una cultura de lugar de trabajo ordenado, limpio, seguro y de mejor clima laboral, en los trabajadores y gerentes.

La implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en las empresas, resulta una ventaja competitiva en eficiencia, calidad y flexibilidad, que en el mediano y largo plazo se

vé reflejado en el incremento de participación en el mercado (mayores ventas) y ampliar el margen de ganancia (mayores utilidades reduciendo costos). El presente proyecto solo ha contemplado la implementación de las herramientas SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S; dejando esta intervención como una propuesta piloto para ampliar el alcance en más áreas/máquinas de soplado y más herramientas de Manufactura Esbelta; de modo que la empresa pueda ser considerada una empresa de clase mundial.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que la Gerencia General asuma un rol activo en el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, entender desde el aspecto estratégico que es un piloto y que debería permitir mejorar también en su planificación y estructuración en la conformación de equipos.

Este proyecto debe ser considerado como el inicio de un proceso de mejora continua que no establece un horizonte final, sino una infinidad de posibilidades para seguir mejorando. Sobre este propósito, nuevamente, resulta clave la participación activa de la Gerencia General, abriendo espacios de diálogo con los trabajadores, entender que nadie mejor que el propio trabajador para saber donde mejorar. Además, facilitando el desarrollo de auditorías internas y externas que puedan validar los avances que se van teniendo.

Los métodos de Manufactura Esbelta tienen un doble efecto: productividad y condiciones de trabajo (a partir de la mejora de los ambientes de trabajo). Este principio debe ser equilibrado por la Gerencia General y los equipos de mejora, siempre tratando de centrar a las personas como eje y base de todo cambio sostenible.

Los estándares obtenidos después de la implementación de los métodos SMED, Mantenimiento Autónomo y 5S deben ser mantenidos desde las actividades cotidianas del maquinista y operario, hasta la visión estratégica de las mismas por la Gerencia General. Esto permitirá que la mejora inicial que se plantea de 1.78% en el OEE, pueda incrementarse, a razón de mejoras en la tasa de calidad, por efecto del mejor funcionamiento de la máquina sopladora N° 3 y menores fallas del producto en el cambio de matriz.

La implementación del método SMED debe ser gestionada por un grupo multidisciplinario rotativo, Equipo Autónomo de Trabajo (EAT), que en algún momento pueda ser conformado

por personal también del área de ventas. Esto puede permitir una visión de los principales requerimientos y oportunidades de mejora que los clientes están solicitando. Asimismo, mejorar la interconectividad de los procesos, eliminando el esquema de trabajo en áreas.

Finalmente, en todo proceso de mejora, en particular con métodos de Manufactura Esbelta, se recomienda la documentación de los pasos y el comparativo con el inicio. Esta debe ser una tarea igual de importante a la propia ejecución de actividades, puede permitir un mayor involucramiento y compromiso de parte de todos los trabajadores y gerentes, así como un elemento de visibilidad frente al mercado.



BIBLIOGRAFÍA

- Alonzo González, H. L. (2009, octubre). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Recuperado el 25 de febrero de 2020, de <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>
- Díaz, B., Bonilla, E., Kleeberg, F., & Noriega, M. (2010). *Mejora continua de los procesos. Herramientas y técnicas* (1ra ed.). Universidad de Lima.
- Kume, H. (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Norma.
- Landeghem, D. V. (2002). *Reducing set-up times of manufacturing lines* (10 pp.).
- Liker, J. (2011). *Toyota: Cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. Grupo Norma.
- Ministerio de la Producción. (2015). *Estudio de la situación actual de las empresas peruanas*.
- Ministerio de la Producción. (2016, agosto). *Anuario estadístico industrial MYPE y comercio interno 2015*. Ministerio de la Producción.
- Nakajima, S. (1992). *Programa de desarrollo del TPM*. Productivity Press.
- Paredes, F. (2019). *Lean Manufacturing. Curso de Pregrado Lean Manufacturing - PUCP*. PUCP.
- Pauka Reis Mario Eduardo, J. M. (2007). *Um método para o cálculo do benefício económico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup* (16 pp.).
- Reyes Aguilar, P. (2002, abril-junio). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: Experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, 205, 51–69.
- Rother, M. (2017). *Toyota Kata*. Profit.
- Sekine, K., & Arai, K. (1993). *Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas*. TGP Hoshin.
- Socconni, L., & Barrantes, M. (2005). *El proceso de las 5S en acción*. Norma.
- Sosa G., L. (2014, junio). *KAIZEN, TPM, INDUSTRY 4.0*. Recuperado en 2023, de <https://kaizenytpm.blogspot.com/2014/10/leccion-de-un-punto-opl.html>
- Suzuki, T. (1996). *TPM en industrias de procesos*. TGP Hoshin.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements*. Productivity Press.

Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, E. (2009). *Manual del Lean Manufacturing* (2da ed.). LIMUSA.

Womack, J., & Jones, D. (2013). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión 2000.

