

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA**

**FABRICADORA DE TERMAS ELÉCTRICAS**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial**

**AUTORA:**

Patricia Gianella Sanchez Huallpa

**ASESOR:**

Cesar Augusto Corrales Riveros

Lima, Agosto, 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 MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA FABRICADORA DE TERMAS ELÉCTRICAS, de la autora PATRICIA GIANELLA SÁNCHEZ HUALLPA,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 08/05/2025.
- 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, 08 de mayo de 2025

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



## DEDICATORIA

A mi madre, Marycruz Huallpa, por su amor incondicional, por estar siempre presente a mi lado y por inspirarme cada día a luchar por mis sueños.

A mi tío, Rene Huallpa, por su constante apoyo y por las valiosas enseñanzas que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mi familia, por su amor, su comprensión y por ser una fuente constante de motivación.

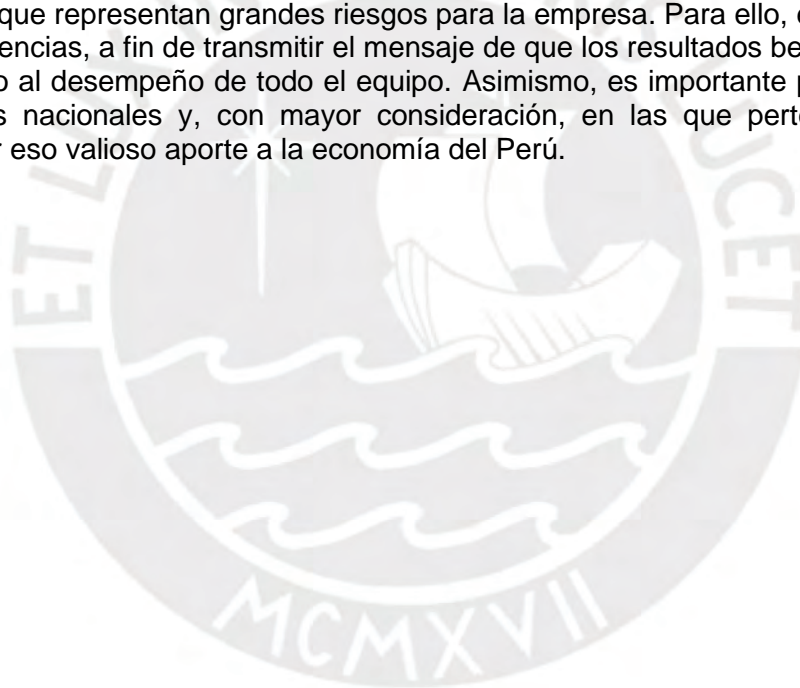
A Titino, por su fiel compañía y por estar conmigo durante toda mi etapa universitaria.

A Dios, por guiarme, darme fuerzas y acompañarme en cada paso del camino.



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal mejorar los procesos involucrados en la fabricación de una terma eléctrica, a través de una metodología que integra herramientas de análisis, diagnóstico de la situación y propuesta de soluciones. Mediante el diagnóstico de la situación actual, se identifican problemas relacionados con movimientos innecesarios y tiempos improductivos debido a la búsqueda de herramientas en la zona de ensamblaje, así como el tiempo invertido en el *setup* de la soldadora circunferencial, una de las máquinas más críticas, que presenta tiempos prolongados de operación. Otro problema identificado es la superación del tiempo de ciclo respecto al *takt time*, lo cual impide que todos los puestos avancen al mismo ritmo y dificulta el cumplimiento de la demanda. Para solucionar estas problemáticas, se propone implementar metodologías como las 5S en la zona de ensamblaje, SMED para la máquina soldadora circunferencial y la aplicación de un balance de línea en la línea de ensamblaje. A través de los indicadores financieros calculados, se obtiene un TIR del 41% y un VAN de S/. 12,827, lo que indica que el proyecto es rentable, por lo que se recomienda realizar la inversión necesaria para poner en marcha las mejoras propuestas. Finalmente, entre las principales conclusiones, se destaca que la mejora de los procesos impacta positivamente en la reducción de ineficiencias, que representan grandes riesgos para la empresa. Para ello, es fundamental el apoyo de las gerencias, a fin de transmitir el mensaje de que los resultados beneficiarán tanto a la empresa como al desempeño de todo el equipo. Asimismo, es importante proponer mejoras en las industrias nacionales y, con mayor consideración, en las que pertenecen al sector manufactura, por eso valioso aporte a la economía del Perú.



# ÍNDICE

ÍNDICE .....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Definición de proceso.....	3
1.1.1. Tipología de procesos.....	3
1.1.2. Elementos de un proceso.....	4
1.2. Mejora de procesos.....	5
1.3. Herramientas de Calidad.....	7
1.3.1. Diagrama de Pareto .....	7
1.3.2. Diagrama de Ishikawa .....	8
1.3.3. Diagrama de Flujo.....	8
1.3.4. Histograma.....	10
1.4. Estudio de Métodos .....	11
1.4.1. Metodología .....	11
1.4.2. Herramientas del Estudio de Métodos .....	12
1.5. Medición del trabajo .....	16
1.6. Lean Manufacturing.....	20
1.6.1. Tipo de desperdicios.....	20
1.6.2. Herramientas de Lean Manufacturing.....	20
1.6.2.1. Mapa de flujo de valor.....	21
1.6.2.2. 5'S.....	25
1.6.2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	28
1.6.2.4. SMED.....	31
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	33
2.1. Sector y actividad económica.....	33
2.2. Descripción de la empresa .....	33
2.3. Entidades participantes de la cadena de negocio.....	34
2.4. Principios organizacionales .....	34
2.5. Estructura organizacional de la empresa .....	36

2.6.	Productos.....	37
2.7.	Equipos.....	42
2.8.	Descripción del proceso productivo.....	45
3.	<b>DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TERMA ELÉCTRICA.....</b>	<b>61</b>
3.1.	Selección del modelo de terma eléctrica a analizar.....	61
3.2.	Selección de la terma eléctrica a analizar.....	62
3.3.	Identificación de desperdicios.....	63
3.4.	Propuestas de mejora.....	77
4.	<b>APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>79</b>
4.1.	Implementación de 5's.....	79
4.2.	Aplicación de Estudio de Tiempos y Balance de Línea.....	91
4.3.	Implementación de SMED.....	100
5.	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>110</b>
5.1.	Costos de implementación.....	110
5.1.1.	Costos de implementación de 5'S.....	110
5.1.2.	Costos de implementación de Balance de Línea.....	111
5.1.3.	Costos de implementación de SMED.....	112
5.2.	Ahorros generados por la implementación.....	113
5.2.1.	Ahorros generados por la implementación de 5'S.....	113
5.2.2.	Ahorros generados por la implementación de Balance de Línea.....	113
5.2.3.	Ahorros generados por la implementación de SMED.....	114
5.3.	Flujo de caja económico del proyecto.....	114
6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>116</b>
6.1.	Conclusiones.....	116
6.2.	Recomendaciones.....	117
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>118</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>
	ANEXO 1: Criterios de selección de familia de productos.....	121
	ANEXO 2: Pasos para la implementación de la etapa Seiri (Clasificación).....	122
	ANEXO 3: Pasos para la implementación de la etapa Seiton (Orden).....	123
	ANEXO 4: Pasos para la implementación de la etapa Seiso (Limpieza).....	123
	ANEXO 5: Pasos para la implementación de la etapa Seiketsu (Estandarización).....	124
	ANEXO 6: Equipos del proceso productivo.....	124
	ANEXO 7: Tabla de suplementos por esfuerzo mental.....	134
	ANEXO 8: Tabla de suplementos por esfuerzo físico.....	135

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Simbología empleada en el DOP .....	12
Tabla 2: Simbología empleada en el DAP .....	14
Tabla 3: 8 desperdicios según Lean Manufacturing .....	21
Tabla 4: Clasificación de termas según su capacidad en L .....	38
Tabla 5: Lista de equipos .....	43
Tabla 6: Ingresos por venta según modelo de presentación.....	61
Tabla 7: Demanda según capacidad de la terma “Evolución” 50L.....	62
Tabla 8: Porcentaje de defectos en Conformado para cuatro meses .....	64
Tabla 9: Cantidad de tanques por tipo de defecto .....	64
Tabla 10: Porcentaje de defectos en aporcelanado para cuatro meses.....	66
Tabla 11: Cantidad de tanques por tipo de defectos en aporcelanado .....	66
Tabla 12: Porcentaje de defectos en pintura para cuatro meses .....	68
Tabla 13: Conceptos por tipo de detención.....	70
Tabla 14: Tiempo de ciclo vs. Takt Time por línea .....	77
Tabla 15: Propuestas de mejora .....	78
Tabla 16: Decisión a tomar para objetos identificados .....	83
Tabla 17: Propuesta de lugar de ubicación para objetos identificados .....	88
Tabla 18: Actividades realizadas en la línea de ensamble .....	91
Tabla 19: Número de ciclos a cronometrar por actividad .....	92
Tabla 20: Número de ciclos a cronometrar por actividad .....	93
Tabla 21: Tiempo observado por actividad en línea de ensamble .....	94
Tabla 22: Tiempo Normal por actividad de la línea de ensamble.....	95
Tabla 23: Cálculo de suplementos por interrupciones inevitables.....	96
Tabla 24: Porcentaje de suplementos obtenido por actividad.....	96
Tabla 25: Tiempos estándares por actividad de la línea de ensamble.....	97
Tabla 26: Pesos de actividades y precedencia .....	99
Tabla 27: Distribución de estaciones propuestas y tiempos improductivos.....	99
Tabla 28: Distribución de estaciones actual y tiempos improductivos .....	100
Tabla 29: Duración de actividades identificadas en el cambio de formato de soldadora circunferencial. ....	102
Tabla 30: Identificación de actividades externas e internas en soldadora circunferencial.....	103
Tabla 31: Duración de actividades (en minutos) por tipo de clasificación .....	104
Tabla 32: Procedimiento propuesto para soldadora circunferencial .....	109
Tabla 33: Costos por capacitación teórica de 5’S .....	110
Tabla 34: Costos por capacitación adicional de 5’S .....	110
Tabla 35: Costos totales por capacitaciones .....	111
Tabla 36: Costos por adquisición de materiales.....	111
Tabla 37: Costos por capacitación de Balance de Línea.....	111
Tabla 38: Costos por estudio de tiempos en Balance de Línea.....	112
Tabla 39: Costos por seguimiento de implementación de Balance de Línea.....	112
Tabla 40: Costos totales por implementación de Balance de Línea.....	112
Tabla 41: Costos de capacitación de SMED .....	112
Tabla 42: Costos por levantamiento de información para SMED .....	113

Tabla 43: Costos totales por capacitación y levantamiento de información para SMED .....	113
Tabla 44: Costos de adquisición de materiales para SMED .....	113
Tabla 45: Ahorro anual por implementación de 5'S.....	113
Tabla 46: Ahorro anual por implementación de Balance de Línea.....	114
Tabla 47: Ahorro anual por la implementación de SMED .....	114
Tabla 48: Flujo de caja económico del proyecto .....	115
Tabla 49: Indicadores de rentabilidad del proyecto .....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Pareto .....	8
Figura 2: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.....	9
Figura 3: Simbología de diagrama de flujo.....	9
Figura 4: Ejemplo de diagrama de flujo.....	10
Figura 5: Ejemplo de histograma .....	10
Figura 6: Ejemplo de DOP.....	13
Figura 7: Ejemplo de formato de DAP .....	15
Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido .....	16
Figura 9: Esquema de las técnicas de Medición del Trabajo .....	17
Figura 10: Íconos de la simbología del flujo de materiales .....	22
Figura 11: Íconos de la simbología del flujo de información .....	22
Figura 12: Partes de un mapa de flujo del estado actual .....	24
Figura 13: Ejemplo de mapa de flujo del estado actual .....	24
Figura 14: Esquema de clasificación de la “seis grandes pérdidas” del TPM .....	29
Figura 15: Pasos para aplicar la técnica SMED.....	32
Figura 16: Organigrama de la empresa .....	36
Figura 17: Terma “Evolución” de 20 L de capacidad.....	39
Figura 18: Terma “Elite” de 35 L de capacidad.....	39
Figura 19: Terma “Elite” de 50 L de capacidad.....	40
Figura 20: Terma “Wifi” de 80 L de capacidad.....	41
Figura 21: Terma “Milenium” de 110 L de capacidad .....	42
Figura 22: Cizalladora.....	43
Figura 23: Prensa troqueladora 1 .....	44
Figura 24: Prensa troqueladora 2 .....	44
Figura 25: Cuerpo de tanque.....	45
Figura 26: Colgador de tanque.....	46
Figura 27: Asa de tanque .....	46
Figura 28: Funda de terma .....	47
Figura 29: Tapa inferior de la funda .....	47
Figura 30: Tapa superior de la funda .....	48
Figura 31: Anclaje de la terma.....	48
Figura 32: Tapa inferior troquelada .....	50
Figura 33: Tapas inferiores y superiores conformadas .....	50
Figura 34: Faja transportadora de tapas inferiores y superiores.....	51
Figura 35: Plancha rolada .....	51
Figura 36: Soldadura longitudinal en tanque .....	52

Figura 37: Pestañado en tanque .....	52
Figura 38: Tanque crimpado .....	53
Figura 39: Prueba hidroneumática de tanque conformado .....	54
Figura 40: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica .....	58
Figura 41: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica .....	59
Figura 42: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica .....	60
Figura 43: Diagrama de Pareto de selección de modelo .....	61
Figura 44: Diagrama de Pareto de selección de terma .....	62
Figura 45: Representación gráfica de % de defectos en Conformado .....	64
Figura 46: Diagrama de Pareto de defectos en Conformado .....	65
Figura 47: Representación gráfica de defectos en aporcelanado para cuatro meses .....	66
Figura 48: Diagrama de Pareto de defectos en aporcelanado .....	67
Figura 49: Representación gráfica de defectos en aporcelanado para cuatro meses .....	68
Figura 50: Detenciones planeadas en Conformado .....	71
Figura 51: Detenciones por proceso en Conformado .....	72
Figura 52: Detenciones por calidad en Conformado .....	72
Figura 53: Detenciones planeadas en Aporcelanado .....	73
Figura 54: Detenciones por proceso en Aporcelanado .....	74
Figura 55: Detenciones por calidad en Aporcelanado .....	74
Figura 56: Detenciones planeadas en Ensamble .....	75
Figura 57: Detenciones por proceso en Ensamble .....	76
Figura 58: Tiempo de ciclo vs. Takt Time .....	77
Figura 59: Herramientas identificadas en sección de habilitado de tanques .....	79
Figura 60: Componentes identificados en sección de habilitado de tanques .....	80
Figura 61: Flujograma de implementación de 5'S .....	81
Figura 62: Plaquetas para mezcla de soldimix identificadas .....	81
Figura 63: Tubos de PVC y trapos usados identificados .....	82
Figura 64: Objetos y documentos identificados .....	82
Figura 65: Tarjetas de identificación de objetos y herramientas .....	83
Figura 66: Cinturón porta herramienta .....	84
Figura 67: Propuesta de caja de herramientas de espuma .....	84
Figura 68: Propuesta de cajonera de tres niveles .....	85
Figura 69: Propuesta de cajas de plástico de rejilla .....	85
Figura 70: Propuesta de organizador de herramientas en pared .....	86
Figura 71: Propuesta de elástico para pistola neumática .....	86
Figura 72: Zona delimitada para aspiradora .....	87
Figura 73: Carrito transportador de tanques .....	87
Figura 74: Propuesta de formato de limpieza para área de habilitado de tanques .....	89
Figura 75: Parte inferior de máquina soldadora circunferencial .....	105
Figura 76: Componentes de la base de apoyo de la soldadora circunferencial .....	106
Figura 77: Recorrido actual del operario de soldadora circunferencial .....	107
Figura 78: Recorrido propuesto del operario de soldadora circunferencial .....	108

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Criterios de selección de familia de productos .....	121
ANEXO 2: Pasos para la implementación de la etapa Seiri (Clasificación).....	122
ANEXO 3: Pasos para la implementación de la etapa Seiton (Orden) .....	123
ANEXO 4: Pasos para la implementación de la etapa Seiso (Limpieza).....	123
ANEXO 5: Pasos para la implementación de la etapa Seiketsu (Estandarización) .....	124
ANEXO 6: Equipos del proceso productivo.....	124
ANEXO 7: Tabla de suplementos por esfuerzo mental .....	134
ANEXO 8: Tabla de suplementos por esfuerzo físico .....	135
ANEXO 9: Tabla de suplementos por monotonía .....	135



## INTRODUCCIÓN

El sector manufactura forma parte esencial en el desarrollo económico y social del Perú por su aporte de 16.5% al PBI nacional y por la oportunidad de dar plazas de empleo para millones de trabajadores en los subsectores primario y el no primario. Del subsector no primario, forman parte los bienes de capital, bienes de consumo y bienes intermedios cuyas principales fuentes de ingreso provienen del gasto de las familias peruanas en rubros de transporte, educación, tecnología y entretenimiento. Estos gastos se justifican en el aumento del poder adquisitivo, lo que los lleva a adquirir y exigir productos de calidad como por ejemplo en la compra de aparatos pertenecientes a la línea blanca para renovación de su hogar. Las empresas pertenecientes a este rubro para responder a la necesidad y satisfacer a los clientes deben mejorar sus procesos, lo cual los llevará a ser más competitivos frente a marcas nacionales e internacionales, principalmente aquellas provenientes desde China, el país con mayor exportación en el rubro de electrodomésticos, ya que según el Ranking Global de Competitividad 2019 publicado por el Foro Económica Mundial, el Perú ha perdido competitividad registrando una pérdida de cinco posiciones desde el 2017. Es por esta razón que se vuelve necesario fortalecer los procesos en las empresas manufactureras para que produzcan de manera eficiente.

En este sentido, se propone la aplicación de un análisis en una empresa manufacturera dedicada a la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas y metodologías que lleven sus procesos a niveles óptimos de producción y que permitan cumplir con la demanda de los clientes.

En el capítulo 1, se desarrolla la teoría que concierne a procesos y las herramientas de mejora y Lean Manufacturing a emplear para realizar el diagnóstico en cada una de las líneas de producción que conforman la empresa.

En el capítulo 2, se presenta a la empresa a un nivel detallado, explicando sus principios y estructura organizacional, productos que elaboran, maquinaria usada y la descripción del proceso productivo.

En el capítulo 3, se realiza el diagnóstico identificando aquellos problemas que impactan negativamente en la fabricación de una terma eléctrica y detallando sus causas para aplicar las herramientas más adecuadas que permitan aminorarlos.

En el capítulo 4, se desarrollan las herramientas seleccionadas con el objetivo de obtener soluciones a los problemas identificados.

En el capítulo 5, se realiza la evaluación económica de la aplicación de las herramientas de mejora considerando costos y ahorros para la obtención del flujo de caja económico además de indicadores que reflejarán la viabilidad de la propuesta de mejora del proceso productivo. Por último, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones generales del trabajo y las recomendaciones a seguir para su implementación.



# 1. MARCO TEÓRICO

Para abordar la problemática del proyecto es importante conocer la teoría que involucra a una mejora de procesos. En este capítulo, se desarrollarán la definición de procesos y de cada una de las herramientas de mejora disponibles para analizar a la empresa en estudio.

## 1.1. Definición de proceso

Proceso es la actividad o conjunto de actividades que interactúan entre sí para transformar por medio de recursos, elementos de entrada (inputs) en elementos de salida (outputs) con la finalidad de generar valor para el usuario y satisfacer las expectativas de partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad, etcétera.

Euskalit (2004) menciona a la variabilidad y la repetitividad como características esenciales de un proceso. La variabilidad aparece conforme el proceso se repite y se produce por múltiples causas comunes, aleatorias y a veces no controlables, generando alteraciones en la secuencia de actividades y, por lo tanto, en el producto final; mientras que la repetitividad se justifica con el fin de producir un resultado a través de un proceso, lo cual genera más experiencia y permite observar el comportamiento de este para mejorarlo.

### 1.1.1. Tipología de procesos

Jacobs et al. (2019) considera conveniente clasificar los procesos de tal forma que permita describir su diseño y planificación en función del producto final a obtener. De acuerdo con esto, se toman en consideración los siguientes tipos:

**a) Proceso por proyecto:** Este proceso supone la fabricación de un producto único y hecho a la medida siguiendo los requisitos determinados por el cliente, para lo cual se precisa de un proceso productivo específico. La planificación de la secuencia de actividades es de gran importancia puesto que aquellas operaciones que se ejecuten erróneamente pueden ocasionar demoras y costos adicionales. Debido a su exclusividad, posee un bajo volumen de producción y su ejecución es prolongada, al igual que el intervalo entre la finalización de cada producto. La distribución de planta en un proceso por proyecto es centralizada, ya que los recursos se llevan a un determinado lugar.

- b) **Proceso por lote:** Un proceso por lote se caracteriza por fabricar bajos volúmenes de productos diferentes, los cuales son producidos bajo operaciones que tienen una relación estrecha y con períodos de repeticiones. La producción sigue un flujo en el que para realizar un proceso es necesario haber cumplido el anterior y para cada cambio de lote las máquinas y herramientas deben modificarse y adecuarse a las características del producto.
- c) **Proceso en masa:** También llamado en serie. Un proceso en masa es altamente mecanizado y automatizado, empleando máquinas especializadas y un alto número de trabajadores para fabricar productos en gran volumen y con relativamente poca variedad en términos de diseño. Las operaciones se dan de forma secuencial: pasan por las distintas etapas del proceso siguiendo un ritmo constante y manteniendo un nivel bajo de inventario entre cada una de ellas. La flexibilidad en este proceso es baja, dado que modificar los equipos conlleva dificultad y requiere una gran inversión de tiempo.
- d) **Proceso continuo:** Este proceso consiste en la fabricación de muchos miles de productos únicos y con pocas variaciones, es decir, técnicamente homogéneos. En comparación a los tres tipos mencionados anteriormente, este es el que cuenta con procesos altamente automatizados y el que requiere menos trabajadores, además de estar en funcionamiento 24 horas al día para así maximizar la producción. El producto avanza por operaciones de forma continua, sin que se produzcan interrupciones y con flexibilidad muy escasa.

Para Chapman (2006), si bien estos son los tipos más comunes, se debe considerar que algunos productos son fabricados bajo operaciones “híbridas”, es decir, mediante combinaciones entre dichos tipos. El autor menciona el ejemplo de productos químicos, que pueden tener un proceso continuo en la producción, pero luego un proceso por lote en el empaque.

### 1.1.2. Elementos de un proceso

Fernández (2004), postula que en todo proceso se deben identificar los elementos que lo conforman para determinar sus interacciones. Estos son los inputs o entradas, el proceso propiamente dicho y los outputs o salidas.

- El input se considera como el elemento de entrada y sin su intervención no podría llevarse a cabo el proceso. Según Álvarez y De La Jara (2012), se dividen en recursos e insumos. Los recursos pueden ser tangibles o intangibles y son del tipo financieros, humanos, máquinas, infraestructura,

energía, informático, etc. mientras que los insumos son bienes materiales que pasarán por el proceso hasta obtener el producto final.

- El proceso es la secuencia de actividades relacionadas entre sí donde son consumidos los recursos para realizar su transformación hasta lograr obtener el producto final.
- Los outputs se consideran como elementos de salida y es el producto resultado de las actividades de transformación que se dieron en el proceso. Estos deben responder a la calidad exigida y han de tener un valor para el cliente o usuario.

Como se mencionó, los inputs pueden ser recursos que serán utilizados en el proceso de transformación. Bonilla et al. (2020), considera como recursos a los siguientes elementos:

- Mano de obra: Es el elemento protagonista del proceso. Su desempeño influirá directamente en el resultado final.
- Métodos: Son las normas, procedimientos e instrucciones que se usan para realizar un determinado trabajo bajo estándares que aseguren la calidad.
- Maquinaria o equipo: Es el elemento que complementa a la mano de obra en la agregación de valor. Permite lograr niveles de precisión y exactitud bajo un correcto mantenimiento y una adecuada calibración.
- Materiales o suministro: Son los elementos de entrada que serán transformados en el proceso y para los que se deben asegurar su calidad, pues de ello depende la calidad del resultado final.
- Medio ambiente: Se refiere al entorno que condiciona el desarrollo de un trabajo, como el espacio, la ventilación, la seguridad en la planta, la iluminación, etcétera.
- Medios de control: Son los instrumentos que se emplean para evaluar el cumplimiento de los requisitos que se establecen en el proceso y del producto final.

Estos recursos influyen directa e indirectamente en el proceso, por lo que se debe garantizar su rendimiento coordinado para lograr un valor apreciado en el producto final por parte del usuario.

## **1.2. Mejora de procesos**

Mejora de procesos se refiere al estudio sistemático de las actividades y flujos que conforman un proceso. Se realiza con la finalidad de encontrar ineficiencias o situaciones que implican grandes riesgos para, a partir de ello, emplear técnicas que permitan solucionar dichos inconvenientes con el objetivo de añadir más valor al producto y a la experiencia del cliente (Krajewski, 2008).

De acuerdo con Jacobs et al. (2019), la importancia de la mejora de procesos radica en poder asegurar la competitividad de la empresa en estudio. Asimismo, Gutiérrez (2010) menciona el término productividad como resultado del desempeño de los procesos y el uso adecuado de recursos, es por ello que considera necesario trabajar en el mejoramiento de estos.

Krajewski (2008) agrega que sólo cuando se ha comprendido realmente un proceso es posible mejorarlo. Por esa razón, un paso fundamental es el análisis detallado del funcionamiento de los procesos actuales para obtener una visión de lo que puede estar causando obstáculos y así identificar puntos de mejora, que por medio de distintas herramientas, serán remediados.

Existen estrategias para llevar a cabo una mejora continua de procesos, siendo la principal el ciclo Deming. Jimeno (2013) define al ciclo Deming, o también llamado ciclo PDCA (por sus siglas en inglés), como una metodología que describe las cuatro etapas fundamentales que deben ejecutarse de manera sistemática para alcanzar la mejora continua, es decir, el mejoramiento continuo de la calidad a través de la reducción de fallas, el aumento de la eficacia y eficiencia, y la eliminación de riesgos potenciales. Al tratarse de un ciclo, una vez finalizada la etapa final se debe regresar a la primera y repetir nuevamente todos los pasos, de tal manera que los procesos sean reevaluados continuamente para incorporar mejoras.

Las cuatro etapas que conforman el ciclo Deming, según Krajewski (2008), son las siguientes:

- Planificar: En esta fase se selecciona un proceso, que puede ser una actividad, un método, una máquina o una política, susceptible de mejora. Seguidamente, el equipo encargado de llevar a cabo la metodología, recopila datos del proceso elegido y los analiza para establecer metas. Después, evalúa alternativas basándose en sus costos y beneficios, y traza un plan de mejoramiento.
- Hacer: El equipo ejecuta el plan y recaba datos continuamente para medir los avances en el proceso. Si surgen cambios en este, deben ser documentados, así como realizar revisiones según se requiera.
- Comprobar: Una vez recabados los datos, el equipo los analiza y observa si estos coinciden con las metas definidas en el paso “Planear”. En caso existan limitaciones críticas, reevalúan el plan o interrumpen el proyecto de mejora.
- Actuar: Si los resultados son satisfactorios, el equipo implementa el plan de mejora del proceso seleccionado de manera definitiva.

### **1.3. Herramientas de Calidad**

Las herramientas de calidad son utilizadas con diferentes objetivos tales como identificar los problemas y sus posibles causas más significativas, además de reconocer las metodologías que se podrían usar para solucionar dichos problemas (UNIT, 2009). Los diagramas de causa efecto, los gráficos de barra y los diagramas de Pareto son herramientas utilizadas para el análisis de datos, mientras que el diagrama de flujo ayuda a entender con claridad el proceso actual. Krajewski (2008) señala que muchas de estas se crearon con la intención de analizar problemas de calidad; sin embargo, se ajustan también a las mediciones de desempeño de los procesos.

#### **1.3.1. Diagrama de Pareto**

Este diagrama consiste en el uso de datos categóricos para identificar los problemas vitales en un proceso y sus causas más importantes (Gutiérrez, 2010). Se basa en el principio de Pareto o también conocido como la regla del 80-20, el cual expresa que “el 80% de las consecuencias de una situación se determina por el 20% de las causas”, es decir, que basta enfocarse en el 20% de las causas para atacar el 80% de los problemas (Krajewski, 2008). En la Figura 1 se observa un ejemplo del diagrama de Pareto.

El gráfico de la Figura 1 muestra dos ejes verticales: el de izquierda representa la frecuencia de los problemas y el de la derecha, el porcentaje acumulado de dicha frecuencia. Las letras “O”, “P”, “D”, “F” y “S” hacen referencia a los problemas encontrados en el proceso mientras que la línea acumulativa traza los porcentajes acumulados de dichos problemas.

Algunas ventajas desde el punto de vista de Gutiérrez (2010) sobre el uso del diagrama de Pareto consisten en permitir evaluar las mejoras logradas mediante la observación de las barras identificando aquellas que disminuyeron su altura; también puede ser aplicada a todo tipo de problemas, ya sean de calidad, eficiencia, seguridad, etcétera; y por último, permite concentrar los recursos en los problemas vitales

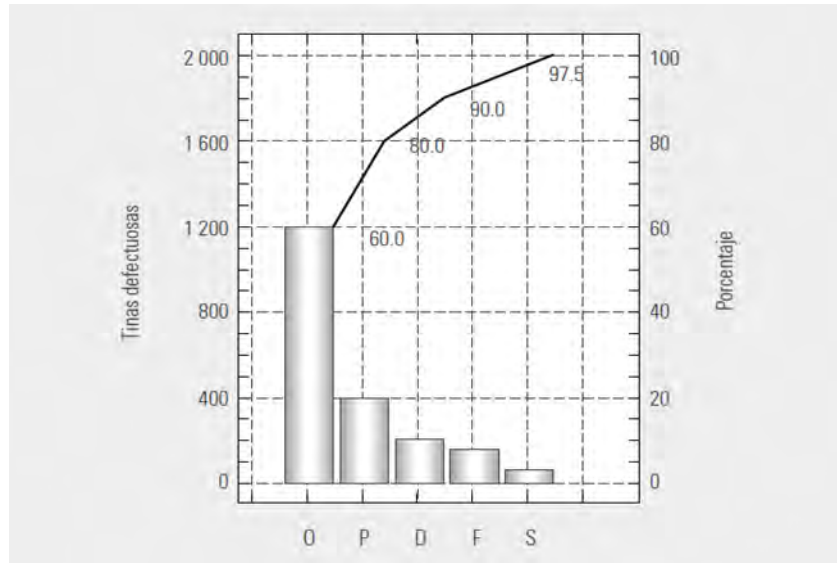


Figura 1: Diagrama de Pareto

Fuente: Gutiérrez (2010)

### 1.3.2. Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta gráfica útil para la búsqueda de las causas y su relación con el problema identificado, que vendrían a ser los efectos, por lo cual también es conocido como “diagrama de causa-efecto”. De acuerdo con Gutiérrez (2010), llevar a cabo este diagrama trae como beneficios lograr conocer más del proceso, motivar el trabajo en equipo y la búsqueda activa de todas las causas posibles. Asimismo, ayuda a prevenir defectos y aporta nuevos conocimientos. Según Krajewski (2008), para realizar el diagrama de Ishikawa expuesto en la Figura 2, las causas deben clasificarse en categorías importantes: personal, máquinas, materiales y procesos.

El diagrama de Ishikawa también se conoce como “diagrama de espina de pescado” por cómo se representa gráficamente. En la “cabeza” se coloca el principal problema a analizar; las categorías más importantes de las probables causas aparecen como las “espinas” estructurales; y las causas posibles se identifican como las “espinas” menores.

### 1.3.3. Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de la secuencia e interacción de las actividades, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren en un proceso (Gutiérrez, 2010). Es útil para la mejora de procesos, ya que permite visualizar su desarrollo con detalle desde principio a fin. Para

facilitar su entendimiento, utiliza una serie de símbolos para representar las acciones. En la Figura 3 se muestra la simbología más empleada y un ejemplo de aplicación en la Figura 4.

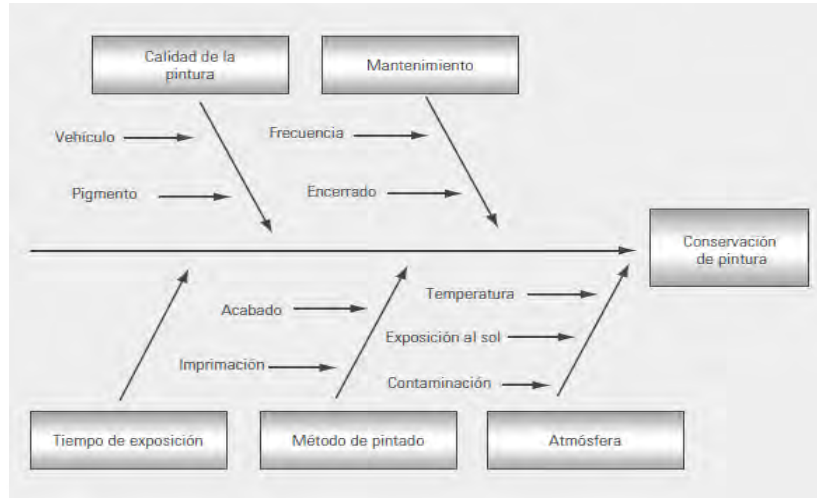


Figura 2: Ejemplo de diagrama de Ishikawa

Fuente: Gutiérrez (2010)

Símbolo de inicio y fin	Terminator	Flecha de flujo	→
Símbolo de proceso	Process	Símbolo de proceso predefinido	Predefined Process
Símbolo de documento	Document	Símbolo de conector	A
Símbolo de decisión	Decision	Símbolo de conector/enlace fuera de página	Off-Page Link

Figura 3: Simbología de diagrama de flujo

Fuente: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>

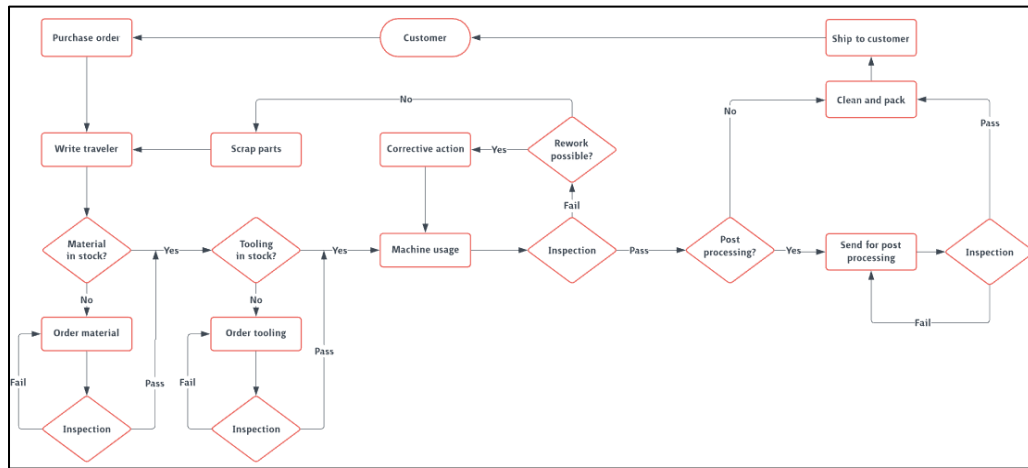


Figura 4: Ejemplo de diagrama de flujo

Fuente: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>

### 1.3.4. Histograma

Gutiérrez (2010) señala que el histograma resume la distribución de un conjunto de datos clasificados en grupos según su magnitud y donde cada uno de estos está representado por una barra de tamaño proporcional a la cantidad de datos que pertenecen a dicho grupo, es decir, la frecuencia. Como se observa en el ejemplo de histograma de la Figura 5, el eje horizontal consiste en una escala numérica que muestra la magnitud mientras que el eje vertical representa las frecuencias.

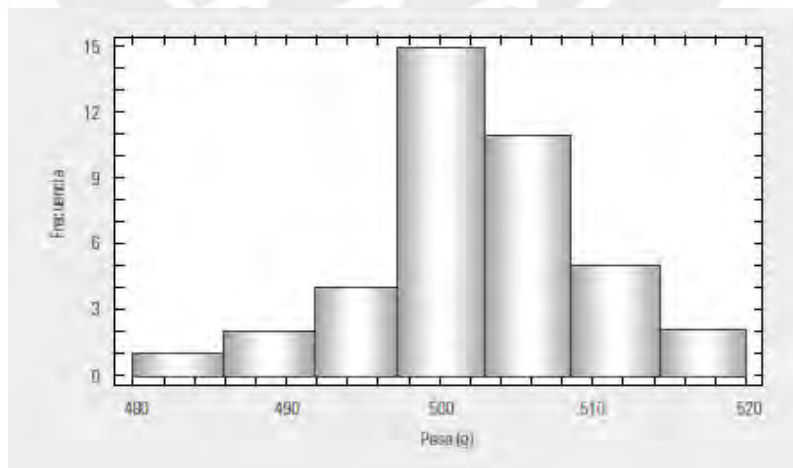


Figura 5: Ejemplo de histograma

Fuente: Gutiérrez (2010)

## **1.4. Estudio de Métodos**

Una de las técnicas del Estudio del Trabajo es el Estudio de Métodos. Esta consiste en el registro, y análisis crítico y sistemático de las operaciones existentes para mejorarlas, diseñarlas y estandarizarlas con el fin de que se desarrollen fácilmente y sean menos riesgosas en términos de salud y seguridad del trabajador (Niebel et al., 2004). Aplicarlo genera el aumento de la producción, específicamente en la unidad de tiempo, a través de la eliminación de movimientos innecesarios, los cuales son generalmente fuente de fatiga (Caso, 2006).

### **1.4.1. Metodología**

Al ser sistemático, un Estudio de Métodos requiere de una serie de etapas relacionadas entre sí para llevar a cabo una mejora en el procedimiento de las actividades. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1996), estas pueden resumirse en ocho descritas a continuación:

1. Seleccionar el trabajo que se va a analizar considerando factores económicos, factores técnicos y factores humanos.
2. Registrar, mediante observación directa, las acciones relevantes del trabajo seleccionado y recolectar otros datos que sean necesarios.
3. Examinar de forma crítica la manera en que se lleva a cabo el trabajo. Esto involucra su propósito, los métodos que se utilizan, la secuencia y el lugar donde se realiza.
4. Establecer el método más sencillo, económico y eficaz.
5. Evaluar opciones para instaurar el nuevo método mediante la comparación costo-eficacia entre este y el método actual.
6. Definir el nuevo método de forma precisa y presentarlo a las personas correspondientes.
7. Implantar el nuevo método asegurando su entendimiento y formar a las personas para que lo adquieren como una práctica normal.
8. Controlar la aplicación del nuevo método y establecer procedimientos convenientes para evitar que los métodos anteriores vuelvan a ser usados.

La aplicación de dichas etapas, además de incrementar la productividad, comprende otros objetivos tales como minimizar el tiempo requerido para realizar las tareas, mejorar la confiabilidad y calidad de los productos, conservar recursos y minimizar costos por medio de la especificación de los materiales más apropiados para la producción (Niebel, 2004).

### 1.4.2. Herramientas del Estudio de Métodos

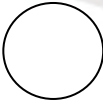

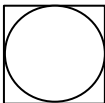
Una de las fases del Estudio de Métodos consta del registro de los hechos del método existente, los cuales deben poseer gran exactitud ya que servirán de base para realizar el examen crítico y luego proponer el método mejorado (OIT, 1996). Para ello existen herramientas que permitirán detallar cada actividad del flujo productivo y la secuencia en la que se efectúan. La elección de una u otra depende del contexto y de las características del proceso (Correa et al., 2012). A continuación, se describen las más empleadas en el Estudio de Métodos.

#### a) Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

Según Niebel et al. (2004), este diagrama presenta la secuencia ordenada de todas las operaciones de un proceso productivo, desde la recepción de materia prima hasta el empaquetado del producto terminado, pasando además por inspecciones. En esta herramienta se muestran también la entrada de los componentes y subensambles al ensamble principal.

La simbología empleada, exhibida en la Tabla 1, consta de dos símbolos: un pequeño círculo, el cual representa una operación; y un pequeño cuadrado, que representa una inspección. Una operación ocurre cuando un elemento es transformado agregando valor, mientras que una inspección, cuando una parte es examinada para verificar si cumplió con el estándar. Asimismo, existen actividades combinadas que se dan cuando son ejecutadas por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo y son simbolizadas por un círculo dentro de un cuadrado (OIT, 1996).

Tabla 1: Simbología empleada en el DOP

Símbolo	Indica
	Operación
	Inspección
	Actividades combinadas

Fuente: OIT (1996)

Al realizar un DOP también se incluyen datos como las características técnicas del producto a estudiar y de sus componentes de entrada, el nombre de la persona que traza el DOP, entre otros. Por lo general, cuando se finaliza un DOP, se coloca un “cuadro resumen” con la cantidad total de operaciones e inspecciones y sus respectivos tiempos de ejecución. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de DOP.

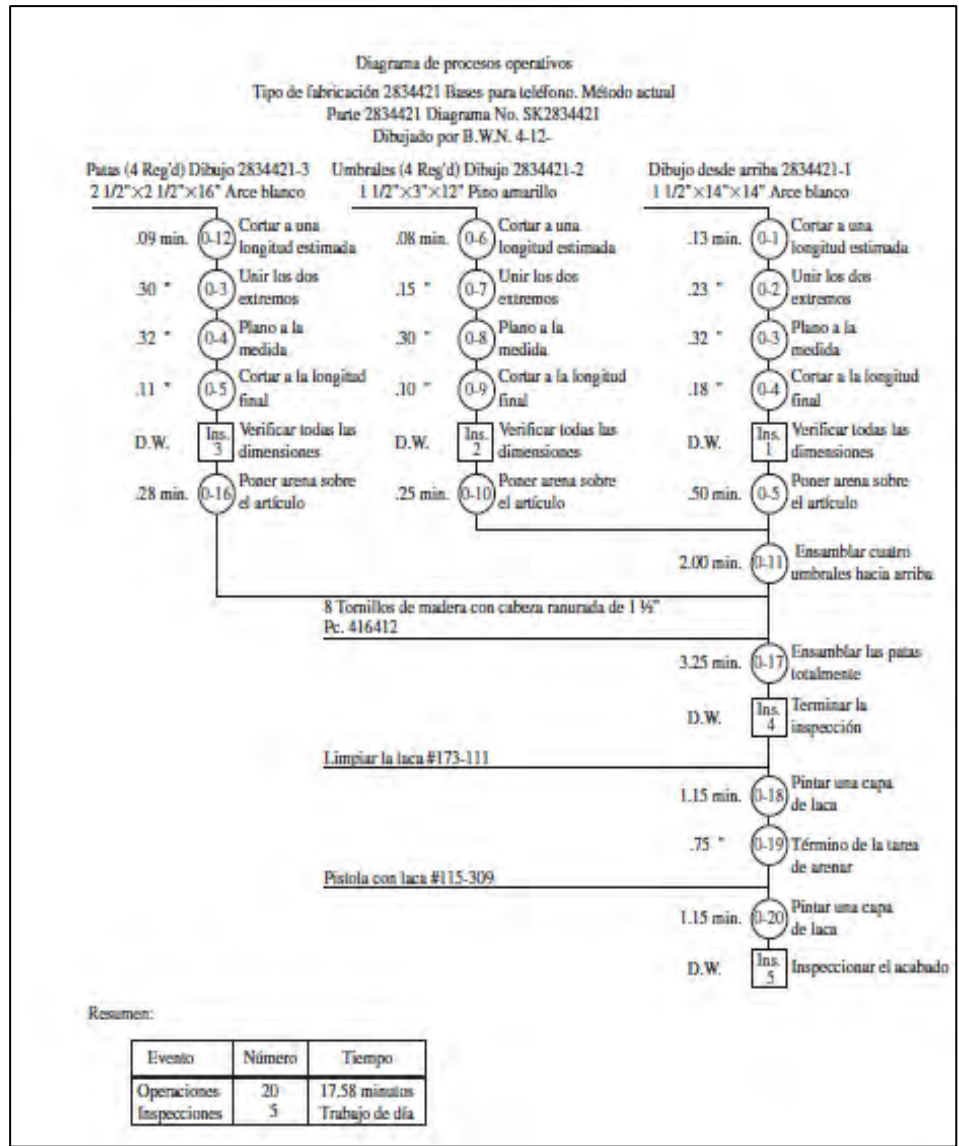


Figura 6: Ejemplo de DOP  
 Fuente: Niebel et al. (2004)






**b) Diagrama de Actividades del Proceso (DAP)**

El Diagrama de Actividades del Proceso, conocido como DAP, muestra de forma más detallada el proceso productivo ya que, además de las operaciones e inspecciones incluye almacenajes, transportes y retrasos

que ocurren en un elemento. De acuerdo a la OIT (1996), puede ser aplicado para monitorear a un operario, un material o un equipo. En el caso de un operario, el DAP registra lo que realiza la persona que trabaja. Si se trata de un material, registra la manipulación de este y si es un equipo documenta el cómo se usa.

Al igual que el DOP, en su aplicación se emplean símbolos de operaciones e inspecciones. Añadiendo los iconos de transporte, demora y almacenaje se completa la simbología del DAP expuesta en la Tabla 2. Un transporte ocurre cuando el elemento se traslada de un lugar a otro, a excepción de los movimientos que son parte de una operación o inspección; una demora indica un retroceso en el desarrollo de las actividades y un almacenaje representa el depósito del elemento en un almacén bajo vigilancia.

Tabla 2: Simbología empleada en el DAP

Símbolo	Indica
	Operación
	Inspección
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

Fuente: OIT (1996)

Existe variedad de formatos para ejecutar un DAP. El que se presenta en la Figura 7 incluye datos de la ubicación donde se realiza el estudio, la actividad a registrar, la fecha, el nombre del operador a examinar y el nombre del analista, quien lleva a cabo el registro. Asimismo, se debe indicar si el DAP a realizar es para un método presente o propuesto y si es del tipo trabajador, material o máquina. El “cuadro resumen” muestra la cantidad de total de eventos, el total de tiempos y de distancias, los costos y la comparación entre el método presente y el propuesto para calcular ahorros.

Ubicación: Dartben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha 1-26-98		Operación	4		
Operador: J.S.      Analista: A. F.		Transporte	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Retrasos	4		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Inspección	0		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material      Máquina		Almacenamiento	2		
Comentarios:		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ○ D □				
Hacia el cuarto de recepción	○ ● D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ○ ● D □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	● D □ ▽				
Açilar	○ ○ ● D □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	● D □ ▽				
Açilar	○ ○ ● D □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20		
Poner la grapa	● D □ ▽				
Açilar	○ ○ ● D □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200		
Colocar la dirección	● D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				

Figura 7: Ejemplo de formato de DAP  
Fuente: Niebel et al. (2004)

### c) Diagrama de Recorrido

Niebel et al. (2004) define el Diagrama de Recorrido como una representación gráfica del lugar donde se efectúan todas las actividades determinadas el DAP. Es una manera más clara de mostrar el flujo del proceso, ya que el DAP, si bien proporciona información sobre este, no permite visualizar su desarrollo por las áreas de la planta, lo cual es de gran ayuda para identificar desplazamientos innecesarios.

En la figura 8 se observa un ejemplo de Diagrama de Recorrido. Para elaborarlo, se deben colocar las actividades en el lugar donde se llevan a cabo e identificarlas con los símbolos y números correspondientes a los que se usaron en el DAP. La ruta seguida por el operario, máquina o equipo se traza con líneas y la dirección se indica con flechas que apunten en el sentido del recorrido. Asimismo, es posible utilizar líneas de diferentes colores para diferenciar rutas en más de una parte.

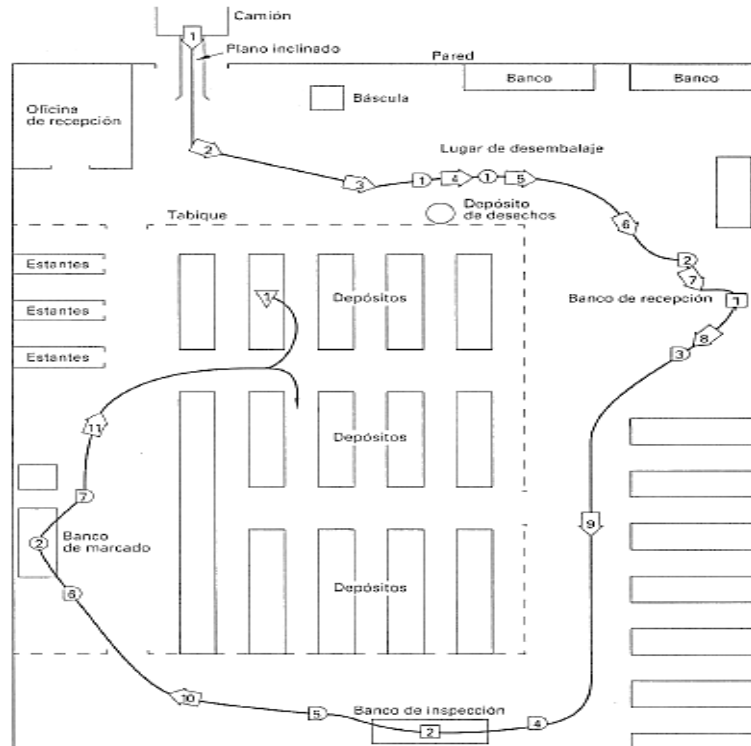


Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido  
Fuente: OIT (1996)

## 1.5. Medición del trabajo

En palabras de Niebel et al. (2004), esta técnica consiste en la medición del contenido de trabajo para establecer un estándar de tiempo basándose en el desempeño de un operario calificado, quien efectúa una tarea específica según una norma de ejecución preestablecida y considerando la presencia de fatiga en el desarrollo del trabajo. Además, la OIT (1996) señala que medir el trabajo sirve para investigar, disminuir y eliminar el tiempo improductivo, el cual no aporta valor.

Al igual que el Estudio de Métodos, la Medición del Trabajo requiere de una serie de pasos para implementarse ordenadamente. Estos deben seguirse en su totalidad cuando el objetivo sea fijar tiempos estándares. En caso se quiera utilizar la Medición del Trabajo como herramienta para identificar tiempos improductivos, bastaría con la aplicación de las cuatro primeras etapas (OIT, 1996). Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Seleccionar el trabajo que será estudiado
2. Registrar datos referentes a las condiciones en las que se realiza el trabajo, a los métodos utilizados y los elementos de actividad involucrados.

3. Examinar detalladamente los datos registrados y los elementos para comprobar la utilización de métodos eficaces y separar aquellos que resultan improductivos o extraños.
4. Medir el contenido de trabajo de cada elemento usando la técnica más adecuada según sea el caso.
5. Compilar el tiempo estándar de la operación
6. Definir con precisión las actividades y métodos de operación correspondientes al tiempo estándar determinado e informar que estos serán los que se deben utilizar.

Dichos pasos pueden ser aplicados mediante las técnicas que otorga la Medición del Trabajo mostradas en la Figura 9. Entre ellas se encuentran el muestreo de trabajo, estimación estructurada, estudio de tiempo y normas de tiempo predeterminadas. Cualquiera de estas proporcionará el tiempo estándar.

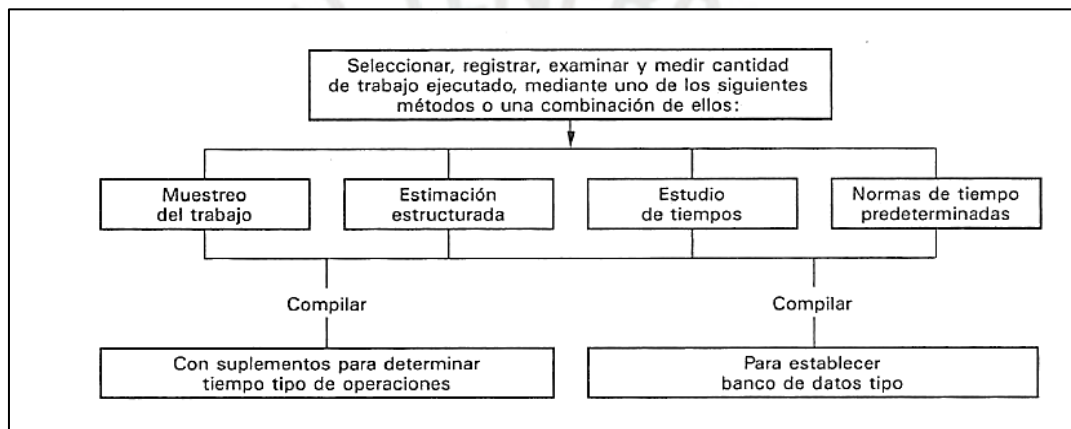


Figura 9: Esquema de las técnicas de Medición del Trabajo

Fuente: OIT (1996)

Para la OIT (1996), el Estudio de Tiempos es una de las técnicas más importantes de la Medición del Trabajo. Es utilizada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo que conciernen a los elementos de una tarea definida realizada bajo condiciones determinadas. El objetivo de su aplicación es definir el tiempo necesario para llevar a cabo dicha tarea basándose en un número limitado de observaciones.

Llevar a cabo el registro de tiempos requiere de la utilización de instrumentos y materiales. El aparato empleado para medir el tiempo es el cronómetro, el cual puede ser de dos tipos: mecánico o electrónico. El material para fijar los formularios de Estudio de Tiempos es el tablero, el cual puede ser de madera o de plástico; mientras que los formularios deben ser prácticos independientemente de su formato. A continuación, se explican los pasos en la metodología para realizar un Estudio de Tiempos:

## 1. Descomposición de la tarea en elementos

Para iniciar con la toma de tiempos, las actividades de la tarea definida deben ser descompuestas en elementos para facilitar la observación, medición y análisis. Estos elementos deben ser identificados fácilmente, con inicio y fines claros para acelerar su reconocimiento. Asimismo, deben ser breves dentro de lo posible para que sean cronometrados cómodamente.

## 2. Cálculo del número de ciclos a cronometrar

Una vez que se han establecido los elementos se empieza el cronometraje. Es necesario saber cuántos ciclos se van cronometrar para obtener un tiempo representativo. Una de las formas de hallarlo es a través de métodos estadísticos, para lo cual es necesario realizar una toma de tiempos preliminar de al menos 30 elementos. Niebel et al. (2004) proponen usar la siguiente fórmula.

$$n = \left( \frac{ts}{kx} \right)^2$$

Donde:

n: número de observaciones a realizar

x: promedio de las observaciones del estudio preliminar

s: desviación estándar de las observaciones del estudio preliminar

t: estadístico de la distribución Student

k: fracción aceptable de x

## 3. Valoración del ritmo de trabajo

Se cronometra cada elemento la cantidad de veces resultada del cálculo del número de observaciones. A continuación, se procede a calificar la valoración del ritmo de trabajo. Esta se hará en base al desempeño de un operario calificado, siendo este un operario con vasta experiencia y que trabaja en condiciones acostumbradas a un ritmo no demasiado rápido ni demasiado lento (Niebel et al., 2004).

Como el ritmo del operario influirá en el tiempo observado (TO), estos se deben ajustar al tiempo normal (TN) que le tomaría a un operario calificado realizar el trabajo. El ajuste se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$TN = TO \times \frac{C}{100}$$

Donde C es la calificación del rendimiento del operario expresado en porcentaje. El 100% corresponde al rendimiento de un operario calificado. Según la OIT (1996), si el operario realiza la operación a una velocidad menor a la del operario calificado se coloca un porcentaje inferior a 100; caso contrario, aplica un porcentaje superior a 100.

#### **4. Cálculo de suplementos**

En el desarrollo del trabajo, el operario realiza acciones inevitables como parte de sus necesidades personales. Además, la realización de las tareas siempre requerirá de un esfuerzo humano y, por lo tanto, se deben prever ciertos suplementos para compensarlo. Por este motivo, al tiempo normal se le deben sumar tiempos suplementarios.

Para la OIT (1996), los suplementos por descanso son los únicos esenciales que se añaden al tiempo normal. Estos se consideran para compensar la reposición de los operarios de los efectos fisiológicos y psicológicos que son resultado de la ejecución de sus trabajos, y para que puedan ocuparse de sus necesidades personales.

Los suplementos por descanso se componen de suplementos fijos y suplementos variables. Los suplementos fijos, a su vez, se clasifican en suplementos por necesidades personales y por fatiga básica. El primero oscila entre el 5 y 7%, mientras que el segundo es comúnmente fijado en 4%. Por otro lado, los suplementos variables se consideran cuando hay diferencia entre las condiciones indicadas y las de trabajo; por ejemplo, cuando las condiciones atmosféricas son inadecuadas.

#### **5. Cálculo del tiempo estándar**

Por último, al tiempo normal se le suman los porcentajes correspondientes a tiempos suplementarios, quedando el tiempo estándar definido de la siguiente manera:

$$TE = TN \times (1 + \text{Suplementos})$$

## **1.6. Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing es una filosofía que nace de la iniciativa de Toyota frente a la escasez de recursos producida por la Segunda Guerra Mundial. Su respuesta ante dicho acontecimiento fue diseñar un sistema conocido como el TPS (*Toyota Production System*) bajo el principio *Just in Time* que planteaba producir bajo demanda y a solicitud del cliente.

Gutiérrez (2010) define Lean Manufacturing como una filosofía empresarial y de producción cuyo propósito es reducir el tiempo entre la creación de una orden y la entrega del producto final eliminando desperdicios en el flujo del proceso. Además, señala que esta filosofía se enfoca en mantener el flujo del producto y agregarle valor manteniendo la eficiencia del sistema general.

Algunas ventajas que se obtienen al aplicar Lean Manufacturing radican en lograr la satisfacción del consumidor reduciendo desperdicios para entregar un producto con valor, incrementar la productividad y la calidad a través del enfoque de mejora, minimizar los inventarios y los tiempos de entrega, así como reducir los costos totales, alcanzar una calidad competitiva y poseer un sistema flexible que responda ante cambios.

### **1.6.1. Tipo de desperdicios**

Un paso clave en la aplicación de Lean Manufacturing es la identificación de los desperdicios. Según Rajadell et al. (2010), se considera desperdicio a las actividades, procesos, tiempo, espacio, materiales o recursos consumidos que no agregan valor al producto y que exceden a lo necesario. En Tabla 3 se muestran los 8 desperdicios según la filosofía Lean.

### **1.6.2. Herramientas de Lean Manufacturing**

Rajadell et al. (2010) señala que por medio de las herramientas de Lean Manufacturing se pueden aprovechar las oportunidades de mejora para así disminuir o eliminar cualquiera de los ocho tipos de desperdicios que aparecen en un proceso productivo. Por otro lado, la elección de una herramienta está en función de los recursos, capacidades y habilidades disponibles.

Tabla 3: 8 desperdicios según Lean Manufacturing

Tipo de desperdicio	Descripción
Sobreproducción	Sobreproducción: productos para los que no existen órdenes y, por lo tanto, no son requeridos por el cliente. Generan exceso de inventario y aumenta el costo de mantenerlos.
Inventarios	Productos acumulados innecesariamente que ocupan espacio, generan costos y se convierten en obsoletos pues no llegan a utilizarse.
Movimientos	Cualquier movimiento innecesario realizado durante el proceso y que no adicionan valor al producto.
Sobre procesamiento	Originados por la acción o repetición de procesos inútiles añadiendo más valor al producto que el esperado por el cliente.
Transporte	Traslado de materiales o personas que no agregan valor al producto pues no genera transformación alguna que el cliente exija.
Tiempo de espera	Tiempos perdidos y generados por una falta de sincronización en el proceso o por su ineficiencia.
Producir defectuosos	Son los productos que no cumplen con los requerimientos del cliente y generan costos adicionales, así como trabajo extra.
Desaprovechamiento del talento humano	Subutilización de las habilidades, creatividad e inteligencia de los empleados.

Fuente: Rajadell et al. (2010)

### 1.6.2.1. Mapa de flujo de valor

Krajewski (2008) señala que el objetivo principal de un mapa de flujo de valor es identificar desperdicios por medio del desarrollo de la cadena de valor. En este se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información que recorren dicha cadena, desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto final al cliente. Además, ayuda a identificar todas las actividades que no aportan valor con el fin de eliminarlas, ya que no son necesarias en el proceso.

Existen dos tipos de mapas de valor: del estado actual y del estado futuro. Socconini (2019) señala que el mapa del estado actual sirve de referencia para identificar excesos en el proceso, mientras que el mapa del estado futuro presenta la solución a corto plazo para eliminar dichos excesos e incorporar mejoras en el proceso productivo. Debido a esto es que ambos se complementan. Cabrera (2015) recomienda seguir los siguientes pasos para trazar mapas de valor del estado actual y del futuro.

#### a) Seleccionar a la familia de productos

El primer paso supone seleccionar a la familia de productos que compartan la mayor cantidad de procesos y operaciones (Rajadell et al., 2010). Para facilitar el mapeo esta no debe presentar mucha variedad, siendo

más adecuado que sea de alto volumen. Cabrera (2015) sugiere que se deben tomar en cuenta algunos tipos de criterios para la selección, los cuales se muestran en el ANEXO 1.

**b) Crear el mapa del estado actual**

En el segundo paso se ilustra el mapa del estado de la situación actual. Es necesario el uso de simbología para representar todos los procesos encontrados en un sistema productivo (Rajadell et al., 2010). Tanto el flujo de materiales como el flujo de información poseen su propia simbología, las cuales se muestran en los íconos de las Figuras 10 y 11 respectivamente.

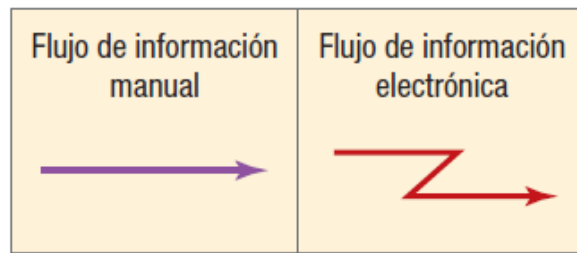


Figura 10: Íconos de la simbología del flujo de materiales  
Fuente: Krajewski (2008)

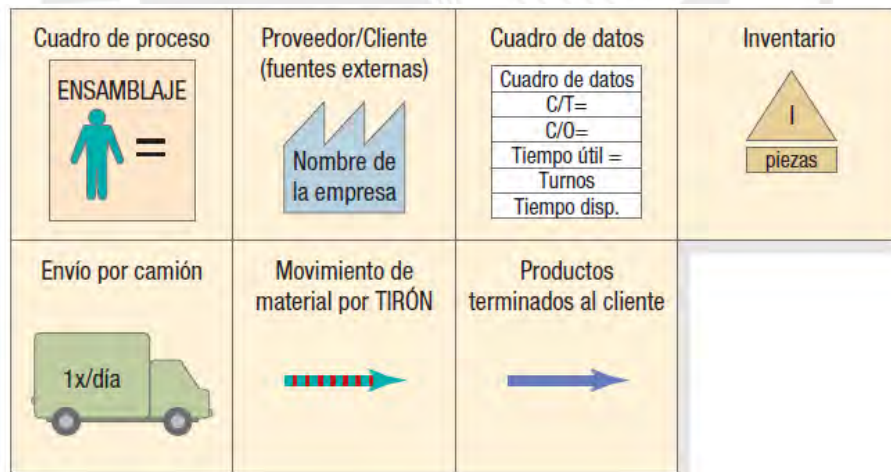


Figura 11: Íconos de la simbología del flujo de información  
Fuente: Krajewski (2008)

Por otro lado, hay datos cuantitativos que son necesarios precisar para determinar los excesos en el proceso y registrar la situación actual de la cadena de valor. Algunos de estos datos son la información de cada

operación respecto a su capacidad, disponibilidad y eficiencia (Socconini, 2019). Dicha información es representada por los siguientes indicadores:

- Tiempo de ciclo (C/T): tiempo necesario para producir una pieza o producto.
- Tiempo de preparación (C/O): tiempo que toma realizar el cambio en un proceso para producir un modelo diferente.
- Tiempo útil: tiempo de máquinas disponibles bajo demanda expresado en porcentaje.
- Tiempo disponible: tiempo aprovechable para realizar el trabajo sin contar los descanso

Otros indicadores que se deben mostrar en el mapa de flujo de valor son los relacionados a los tiempos de entrega (LT) y tiempos de traslados entre operaciones. A partir de estos datos se obtendrán el tiempo total de entrega de la producción y el tiempo de procesamiento total, indicadores finales del estado actual. Asimismo, hay datos como el tamaño del lote de producción, el número de personas necesarias para operar el proceso, el número de turnos, el tamaño del lote necesario para trasladar de una etapa a otra, entre otros, que también deben incluirse.

La ejecución del mapa del estado actual se describe por medio de los siguientes puntos:

- i. El mapa se inicia con el flujo de información que consiste en colocar al cliente y conectar dicho flujo con el control de producción, que a su vez envía los requerimientos al proveedor.
- ii. Luego, se coloca el flujo de materiales, donde se agregan los cuadros de proceso en secuencia del flujo y de izquierda a derecha, los inventarios en proceso y el movimiento de material.
- iii. Después, se colocan los datos cuantitativos de las operaciones del proceso en los cuadros correspondientes: tiempo de ciclo, tiempo de preparación, tiempo útil, tiempo disponible y el número de turnos.
- iv. Finalmente, se agrega la línea de tiempo. En ella se incluyen los tiempos de traslado entre operaciones y los tiempos de procesamiento. Al final de la línea se calculan los indicadores que representan el desempeño de la situación actual: el tiempo total de entrega y el tiempo total de procesamiento. Lo mencionado anteriormente se resume en la Figura 12.

Al integrar las partes se obtiene el mapa del estado actual completo, el cual se muestra en la Figura 13.

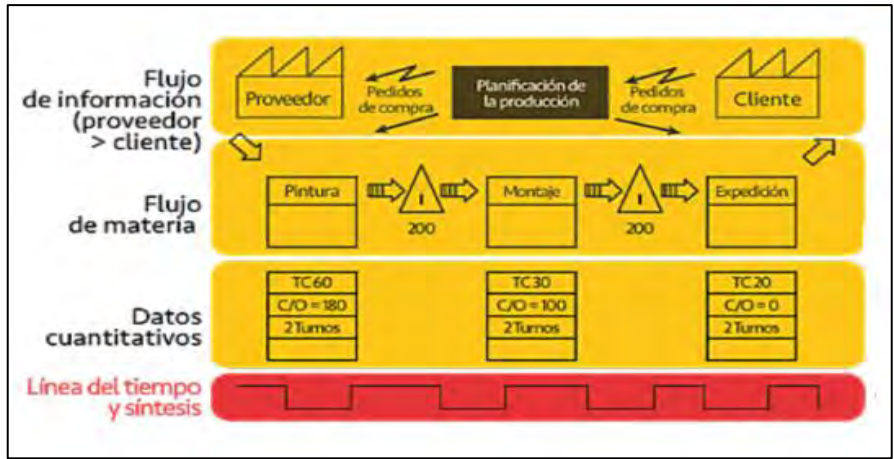


Figura 12: Partes de un mapa de flujo del estado actual

Fuente: <https://blog.pro-optim.com/lean-manufacturing/mapa-del-flujo-de-valor-vsm/>

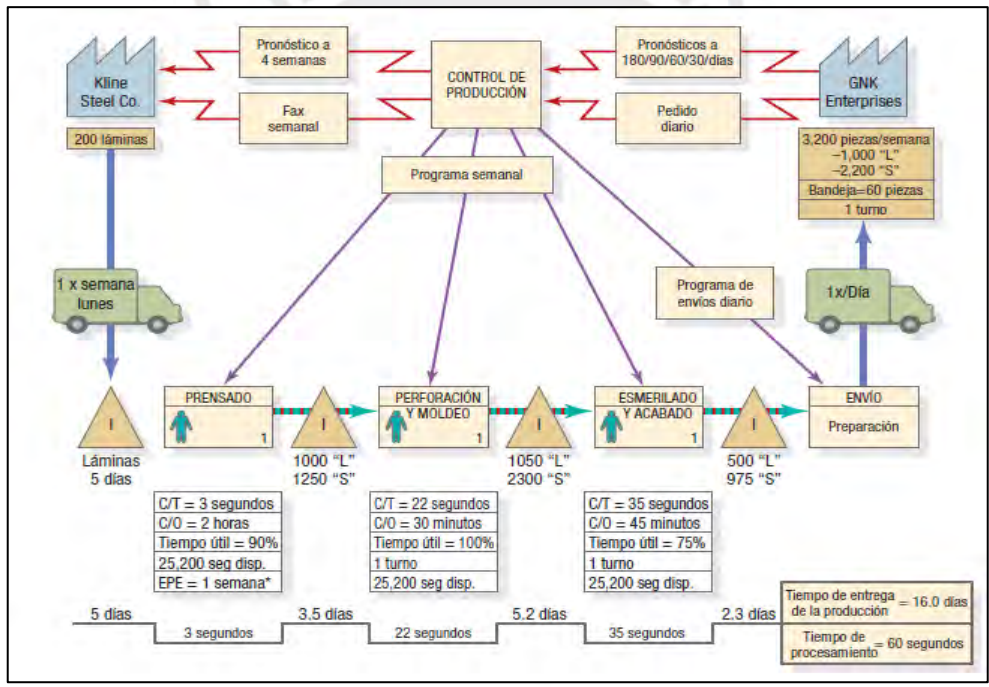


Figura 13: Ejemplo de mapa de flujo del estado actual

Fuente: Krajewski (2008)

Para finalizar, se calcula el *takt time*. Según Socconini (2019), es el ritmo al que el mercado demanda y al cual el sistema de producción debe adaptarse para cumplir las expectativas del cliente. Dicho tiempo se calcula con la siguiente fórmula, en la que se divide el tiempo disponible por día sobre la demanda total diaria.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Disponibilidad diaria}}{\text{Demanda total diaria}}$$

### c) Crear el mapa del estado futuro

Una vez terminado el mapa del estado actual se crea el mapa del estado futuro. Primero se examina el resultado del estado actual con la intención de identificar puntos críticos, que pueden ser cuellos de botellas, desperdicios de recursos, altos inventarios, entre otros. A partir de ello, se proponen estrategias de mejoramiento adecuadas para eliminar dichos obstáculos. El objetivo es alcanzar un flujo de valor ideal, el cual consiste en relacionar todos los procesos de la cadena de valor a través de un flujo continuo que genere el tiempo de procesamiento total más corto, la más alta calidad y el costo más bajo, reduciendo también el *takt time* (Cabrera, 2015).

### d) Implementación del estado futuro

Por último, se deben hacer cambios que permitan llegar a lo propuesto en el mapa del estado futuro. Estos deben plasmarse en un plan de acción para que el seguimiento del progreso hacia el estado futuro sea más sencillo. Cuando se alcance dicho estado, el mapa del futuro pasará a ser el actual y nuevamente se debe iniciar el proceso como parte de una mejora continua.

#### 1.6.2.2. 5'S

La metodología 5'S es de origen japonés y es considerada el fundamento de la cultura Lean. Según Gutiérrez (2010), consiste en el desarrollo de una serie de actividades relacionadas al orden y la limpieza con el objetivo de detectar anomalías para corregirlas y así mejorar el ambiente de trabajo, crear condiciones de seguridad y un entorno de efectividad y productividad.

Conceptualmente, es uno de la más sencillas para entender dentro de la filosofía Lean y posiblemente la de menor costo. Asimismo, se caracteriza por su efectividad ya que genera grandes beneficios como la reducción de movimientos innecesarios, mejoras en la calidad del proceso productivo y la reducción de desperdicios.

La necesidad de aplicar esta metodología en las organizaciones puede ser respondida a través de las siguientes preguntas. En el caso de que las respuestas afirmen lo que se está anunciando, la metodología deberá ser aplicada.

- ¿Nos vemos obligados a dedicar una jornada a limpiar cada cierto tiempo en vez de trabajar normalmente?
- ¿Está aprovechando el espacio en talleres/oficinas al máximo de manera eficaz y racional?
- ¿Disponemos del material/herramientas/documentación necesarios para desarrollar el trabajo cotidiano?
- ¿Se encuentra cualquier herramienta/documento con rapidez y sin necesidad de desplazarnos del puesto de trabajo?
- ¿Observamos que ciertos documentos/herramientas están mal ubicados o que algún equipo/máquina no funciona correctamente?

La aplicación de la metodología 5's consta de cinco etapas que implican la asignación de recursos, la adecuación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos (Rajadell et al., 2010). Dichas etapas provienen de cinco palabras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Estas serán explicadas a continuación:

### **Seiri (Clasificación)**

Esta fase consiste en identificar y clasificar los elementos bajo el principio “solo lo que se necesita, solo la cantidad necesaria y solo cuando se necesita” (Pérez et al., 2017), es decir, separar lo que es necesario de lo que no es para así descartar los elementos inútiles como los desperdicios, sobrantes y obsoletos que no deben permanecer en el área de trabajo, mientras que los que sí son necesarios deben mantenerse cerca. Además, Rajadell et al. (2010) menciona que los elementos identificados como necesarios deben separarse según su uso y frecuencia de utilización, y que esta medida debe aplicarse tanto a materiales tangibles (herramientas, máquinas, piezas, etc.) e intangibles (información, ficheros, etc.) Los pasos recomendados por Soto (2007) para aplicar esta fase se encuentran en el ANEXO 2. Los beneficios de la fase Serie constan en liberar espacio útil, reducir el tiempo de acceso a los materiales y herramientas, dar facilidad para el control visual y aumentar la seguridad en el lugar de trabajo.

### **Seiton (Orden)**

Una vez clasificados los elementos necesarios, estos se ordenan bajo el principio de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar” (Pérez et al., 2017), es decir, ubicarlos en el área que les corresponda de manera que se puedan encontrar con facilidad. Las ubicaciones de los elementos dependerán de su frecuencia de uso y para reconocerlos, estos deben ser identificados evitando así duplicidades. Los pasos a seguir para la ejecución de esta fase recomendados por Soto (2007) se muestran en el ANEXO 3. Los

beneficios que trae consigo la fase Seiton consisten en dar mayor facilidad para acceder a los elementos que se necesitan economizando tiempos y movimientos, dar facilidad para regresar los objetos utilizados a su lugar e identificar rápidamente los elementos faltantes.

### **Seiso (Limpieza)**

En esta fase se establece un plan de limpieza del lugar de trabajo, los equipos y superficies que se emplean para identificar los defectos, como son las fallas en los equipos, y eliminar las causas de suciedad. El objetivo es idear un plan de prevención y corrección e incentivar la actitud de limpieza como parte del trabajo diario bajo el principio de “el lugar más limpio no es el que más se asea sino el que menos se ensucia”. Por otro lado, se resalta la importancia de la limpieza en los equipos de trabajo. Rajadell et al. (2010) mencionan que por medio de la limpieza se aprecian situaciones de falla como la pérdida de aceite en un motor, la presencia de rebabas en una máquina o la existencia de fugas de cualquier tipo, etc. Los pasos para llevar a cabo esta fase según Soto (2007) se explican en el ANEXO 4. Los beneficios que se obtienen de esta fase constan en reducir el riesgo potencial de accidentes, aumentar la vida útil de los equipos de trabajo, reducir el número de deterioros y evitar daños a la ecología

### **Seiketsu (Estandarización)**

La cuarta “S” consiste en conservar las metas alcanzadas con la aplicación de las tres primeras “S” estableciendo un estándar para asegurar que se vuelven hábitos y así conservar el área de trabajo en perfectas condiciones. Con la estandarización se tratan de estabilizar el funcionamiento de las reglas definidas anteriormente como fijar las ubicaciones de los elementos y los lugares donde se realizará la limpieza. Asimismo, se emplean planes de capacitación a todos los miembros de manera que se respete el estándar establecido. En esta fase se trabaja bajo el principio “di lo que haces, haz lo que dices y demuéstalo”. Soto (2007) recomienda una serie de pasos para lograr la estandarización. Estos se explican a mayor detalle en el ANEXO 5. Los beneficios de una estandarización consisten en guardar conocimiento más profundo de las instalaciones y equipos, evitar errores en la limpieza que puedan provocar riesgos laborales innecesarios, mejorar el bienestar del personal al crear hábitos de limpieza y el tiempo de atención sobre deterioros.

### **Shitsuke (Autodisciplina):**

La última “S” se rige bajo el principio “lo difícil no es llegar, sino mantenerse”, es decir, lo esencial es lograr convertir el respeto y la utilización de los planes de estandarización previamente desarrollados en

hábitos para que se integren en la forma de pensar y actuar de los empleados de manera natural, ya que sólo así el proyecto de implementación de la metodología de 5's será perdurable. Soto (2007) indica que para mantener la cultura en la organización se deben dar entrenamientos sobre las 5's tanto al personal actual como a los nuevos empleados y difundir el proyecto por medio de anuncios alusivos que ayuden a motivar a todos los trabajadores, para así ser reconocidos como fuente de apoyo y compromiso. Los beneficios de la fase Shitsuke consisten en generar una cultura de respeto y cuidado de los recursos, mejorar el ambiente de trabajo, que contribuirá a la moral de los trabajadores, y la eficiencia en la organización.

### **1.6.2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Mantenimiento Productivo Total (TPM), según señala Rey (2001), es un sistema de gestión conformado por disposiciones técnicas, medios y acciones que permiten asegurar que las máquinas, instalaciones y organización pertenecientes a una línea de producción puedan ejecutar el trabajo previsto sin la presencia de obstáculos. Es por ello, que desarrolla un plan de mejora continua que garantice cero fallos, cero incidentes y cero defectos para así aumentar la eficiencia del proceso productivo. Rajadell et al. (2010) postulan que los objetivos del TPM se dan bajo dos perspectivas: la estratégica y la operativa.

Estratégicamente, el TPM busca la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta, y de las áreas que planifican, diseñan y mantienen los equipos, para crear una cultura corporativa orientada al trabajo colaborativo y a la mejora de la efectividad en el sistema productivo; mientras que operativamente busca desarrollar un sistema de mantenimiento ajustado a la vida útil del equipo de producción que facilite la eliminación de pérdidas, las cuales generan tiempos muertos, maximizando así la eficiencia y mejorando la fiabilidad de los equipos, máquinas e instalaciones.

Tanto estratégicamente como operativamente, el TPM permite a una organización ser más competitiva, debido a su impacto en la reducción de costos, la integración de los departamentos y la eliminación de las pérdidas que mejora el flujo productivo (Rajadell et al., 2010).

Las pérdidas influyen directa o indirectamente en la eficiencia del sistema productivo y se hallan principalmente en las paradas que sufren los equipos, en la baja capacidad por mal funcionamiento y en los productos defectuosos. Las pérdidas se clasifican en tres categorías: disponibilidad, rendimiento y calidad, las cuales están conformadas por seis subcategorías que son conocidas en la literatura del TPM como “seis grandes pérdidas”.

- Pérdidas por averías: Las averías que son esporádicas comúnmente son sencillas de reparar; sin embargo, representan un alto porcentaje de las pérdidas totales y se debe aplicar el mayor esfuerzo en tratar de evitarlas o, en lo posible, eliminarlas. Las averías crónicas suelen ser ignoradas después de intentos fallidos por repararlas y eso se debe a su mayor dificultad de corrección en comparación con las esporádicas.
- Pérdidas por preparaciones y ajustes: Se incurre en esta pérdida cuando el tiempo de *set up* de una máquina es bastante prolongado, causando tiempos muertos o incluso productos defectuosos como consecuencia del cambio.
- Pérdidas por paradas menores y tiempos muertos: Son comunes en sistemas automatizados y se produce cuando el proceso es interrumpido por la presencia de una anomalía temporal o cuando una máquina está inactiva.
- Pérdidas por microparos o velocidad reducida: Se refiere a la diferencia entre la velocidad prevista en el diseño de la máquina y la velocidad real de operación en vista de problemas mecánicos o temor del operario por sobrecargar el equipo.
- Pérdidas por defectos de calidad y repetición de trabajos: Los problemas de calidad pueden atribuirse a los materiales o los métodos de trabajo utilizados, pero también pueden estar relacionados al desgaste del equipo, originando reprocesos y la fabricación de artículos defectuosos.
- Pérdidas por puesta en marcha: Se presentan desde el momento del arranque hasta la estabilización del equipo y dependen de las plantillas o matrices utilizadas, nivel de mantenimiento o la capacidad del operario.

En la Figura 14 se observa un esquema de la clasificación de las “seis grandes pérdidas” según la categoría a la que pertenecen.



Figura 14: Esquema de clasificación de la “seis grandes pérdidas” del TPM  
Fuente: UDEP – Mantenimiento Productivo Total

Según Rajadell et al. (2010), la metodología para implementar TPM consta de 4 pasos. El paso previo a la implementación consiste en la creación y preparación de un entorno adecuado para la introducción del TPM en la organización, a través de motivaciones que cambien la actitud de las personas involucradas.

### **Paso 1: Volver a situar la línea en su estado inicial**

Se llama estado inicial al hecho de realizar una limpieza total en la línea de producción, ya que dejar el área limpia hace más sencillo distinguir las posibles anomalías, reconocer fuentes de suciedad y descubrir defectos ocultos, como fugas, deformaciones, tornillos y tuercas sueltos, ruido, vibraciones, etcétera. Para ello es necesario realizar inspecciones en cada rincón de la planta, revisando cada máquina, utillajes y otros elementos que conforman la línea.

### **Paso 2: Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso**

Las fuentes de suciedad son consideradas como causas del mal funcionamiento de los equipos, por lo que es necesario eliminarlas. Una técnica que ayuda a descubrir los problemas reales generados por la suciedad y remediarlos es la de los “cinco ¿por qué?”. Esta consiste en preguntar consecutivamente cinco veces ¿por qué? con el objetivo de conocer a raíz el problema identificado y sus causas. Por otro lado, también es importante eliminar las fuentes de difícil acceso, ya que al ser zonas sin accesibilidad se pierde tiempo en limpiarlas, inspeccionarlas, lubricarlas, etcétera.

### **Paso 3: Aprender a inspeccionar el equipo**

El proceso de implementación del TPM requiere de la participación activa de los operarios en las tareas propias de mantenimiento hasta lograr que trabajen de forma autónoma. Para lograr este paso se debe establecer un programa de formación sobre el funcionamiento de las máquinas basado en el nivel de conocimientos de cada operario y de las necesidades que requiere la aplicación del TPM. En dicho programa también se deben definir las acciones a realizar en la línea clasificada según su nivel de alcance.

- Nivel 1: acciones de inspección, lubricación y diagnóstico
- Nivel 2: acciones de cambio manual de los elementos de las máquinas sin el uso de herramientas.
- Nivel 3: acciones de cambio de los elementos usando herramientas sencillas como llaves inglesas, destornilladores, entre otros.

#### **Paso 4: Mejora continua**

En este paso, los operarios logran realizar las tareas relacionadas al TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las herramientas y proponen mejoras en las máquinas. Por otro lado, para mantener y perfeccionar las mejoras alcanzadas en los pasos anteriores se cuantifica el progreso de tal forma que los operarios reconozcan y valoren el resultado de su trabajo. Asimismo, se debe adoptar una filosofía de mejora continua con la finalidad de consolidar el programa de TPM ejecutado.

El éxito de la implementación del TPM radica en el incremento de la eficiencia de los equipos de un sistema productivo. Para medir dicho éxito se requiere del uso de indicadores que permitan realizar comparaciones entre el nivel de eficiencia pasado y el actual. El indicador de eficiencia del TPM es el “índice de operatividad efectiva del equipo” conocido como OEE por sus siglas en inglés, el cual se calcula como el producto de los ratios de disponibilidad, eficiencia y calidad.

$$OEE = D * E * C$$

Donde:

D: Ratio de disponibilidad

E: Ratio de eficiencia

C: Ratio de calidad

El ratio de disponibilidad (D) es la fracción de tiempo disponible sin contar los tiempos inactivos. El ratio de eficiencia (E) se refiere al nivel de funcionamiento del equipo de acuerdo a los tiempos de paro y el ratio de calidad (C) es la fracción de la producción que no cumple con los estándares de calidad.

#### **1.6.2.4. SMED**

Rajadell et al. (2010) comenta que la presencia de nuevos competidores en el mercado obliga a las empresas a establecer un sistema de producción flexible que se adapte a la variabilidad de la demanda, que minimice el número de existencias y que, por lo tanto, se reduzcan los niveles de stocks para trabajar en series muy cortas de producto. Debido a esto, la aplicación de la técnica SMED (*single minute exchange of die*) se vuelve útil para mejorar la capacidad productiva en una empresa que ayude a volverla competente. Esta técnica consiste en reducir el tiempo de cambio, también conocido como tiempo *setup*, a un valor inferior a los 10 minutos. Existen diferentes conceptos que repercuten en el tiempo de cambio, entre ellos se

encuentran el cambio de utillajes y herramientas, de parámetros estándar de las máquinas, de piezas a ensamblar y la preparación previa a la fabricación (arreglar el equipo, realizar una limpieza general, asignar trabajos a los operarios, etc.). Por otro lado, aplicar esta técnica implica la consideración de tres ideas fundamentales:

- Sí es posible reducir los tiempos de cambio e incluso hasta eliminarlos por completo.
- Las demoras en el cambio no solo se deben a problemas técnicos, sino también de organización.
- Se pueden obtener máximos resultados a un menor costo solo aplicando métodos rigurosos.

Según Yauri (2015), Jones recomienda seguir 3 pasos para la aplicación de la técnica SMED. El primero de ellos consta en diferenciar las operaciones internas de las externas. Rajadell et al (2010) define a las operaciones internas como aquellas que se realizan mientras la máquina está detenida y las externas como aquellas que se realizan mientras está en marcha. En el segundo paso, los tiempos de las operaciones internas se reducen por medio de mejoras de método. Finalmente, en el tercer paso se reducen ambos tiempos, de operaciones internas y externas, integrando los movimientos de los operarios, contando con estándares de línea actualizados y validados, y con la presencia de los operarios ordenados adecuadamente (Rajadell et al., 2010). En la Figura 15 se muestra un resumen de los pasos explicados anteriormente.



Figura 15: Pasos para aplicar la técnica SMED

Fuente: Yauri (2015)

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

En este capítulo se describirá generalmente a la empresa, sus principios organizacionales y las entidades participantes de la cadena de su negocio. Asimismo, se presentarán los productos que se fabrican y se explicará el sistema productivo para obtenerlo.

### **2.1. Sector y actividad económica**

La empresa se encuentra en el sector manufactura y pertenece al rubro metalmecánica. Según la clasificación del código CIIU, sus actividades son identificadas de la siguiente manera:

- CIIU 2750: Fabricación de aparatos de uso doméstico
- CIIU 2813: Fabricación de bombas, compresoras, grifos y válvulas

### **2.2. Descripción de la empresa**

La empresa en estudio integra el sector metalmecánico. Es una empresa nacional fundada hace más de 35 años que se inició con la fabricación y distribución de tubos de abasto. Posteriormente, desarrolló nuevos productos, entre ellos su marca más conocida dedicada a la fabricación y venta de termas. Actualmente, su línea de productos incluye también la fabricación de trampas y anillos de cera; sin embargo, este proyecto solo abarcará el estudio de su producto más renombrado y, por lo tanto, importante: las termas eléctricas

Por otro lado, la empresa realiza un servicio adicional, el cual consiste en el servicio técnico de instalación. Dicho servicio ha posicionado a la marca como una de las preferidas por los clientes en el mercado debido a la calidad sobresaliente del trabajo realizado por los técnicos, quienes están formados y entrenados para resolver cualquier desperfecto del producto; y a la política de garantía que maneja la empresa. Otro hecho que ha formado parte del buen posicionamiento de la empresa en el mercado es la presencia de sus tiendas propias a nivel nacional, donde se venden las termas que provienen directamente desde fábrica y se ofrecen los productos exclusivos de la marca.

Los objetivos principales de la empresa incluyen ofrecer una propuesta de valor competitiva y diferencial, la cual permita ubicarla en el mercado como una marca reconocida por su calidad e innovación permanente. Asimismo, brindar un máximo confort al usuario final, una experiencia de compra positiva y brindar el mejor servicio post-venta del mercado con garantía de fábrica.

### **2.3. Entidades participantes de la cadena de negocio**

Durante el desarrollo de sus actividades, la empresa interactúa con algunas entidades, las cuales le permiten llevar el producto al usuario final y otras intervienen en el funcionamiento de esta. A continuación, se mencionan a las más importantes.

#### **Proveedores**

La empresa trabaja con distintos proveedores para adquirir los materiales de producción. Estos son de gran importancia ya que sin su abastecimiento el proceso no podría llevarse a cabo. Entre los principales se encuentran a los proveedores de bobinas de acero inoxidable, de tanques de oxígeno industrial, de tapas embutidas con y sin agujero, de planchas de metal, de pintura en polvo y de productos químicos como isocianato y polioli.

#### **Competidores**

Una de las razones por las que una empresa se ve en la necesidad de mejorar su desempeño es por la presencia de competidores en el mercado. En el caso de la empresa en estudio, su principal competencia proviene de termas importadas desde China, las cuales en los últimos años han sido su mayor amenaza. Debido a esto es que se han reforzado en aspectos como el diseño e innovación de los productos y en mejorar la calidad de servicio técnico y post-venta.

#### **Clientes**

La venta de las termas se realiza principalmente por medio de sus tiendas propias a nivel nacional y algunos modelos son producidos especialmente para venta en supermercados, quienes son el intermediario entre el usuario final y la empresa. Entre ellos llegan a acuerdos para producir una cantidad específica que será destinada a la venta en dichos establecimientos. Es por esta razón que se debe tener disponibilidad de productos en stock y producir al ritmo de la demanda.

### **2.4. Principios organizacionales**

La estructura organizacional que maneja la empresa para comunicarse, desarrollarse y trabajar hacia el logro de los objetivos operativos y estratégicos se rige bajo principios, los cuales son difundidos entre los

colaboradores. Dichos principios se manifiestan a través de la siguiente misión, visión y los valores de la empresa.

**Misión:** Trabajar en la fabricación y comercialización de productos innovadores y confiables para el hogar que buscan mejorar la calidad de vida de las personas e instituciones, actuando con responsabilidad social y brindar bienestar a los colaboradores y rentabilidad a los accionistas.

**Visión:** Lograr el reconocimiento de las marcas y cada uno de los productos ofrecidos como líder del mercado por participación, calidad y servicio.

**Valores:**

- Respeto: Ser tolerante y tratar de forma respetuosa a todos los clientes internos y externos, aceptando la diversidad cultural, religiosa y de género de estos. Cuidar las instalaciones y los servicios de la empresa como si fueran propias.
- Orientación al cliente: Mostrar auténtica predisposición y entrega para atender las necesidades de clientes internos y externos para brindarles una experiencia extraordinaria.
- Trabajo en equipo: Trabajar constantemente en el logro del objetivo común que une al equipo y estar convencidos de que solo así se lograrán resultados.
- Innovación: Investigar y proponer soluciones novedosas, aprovechando las oportunidades que permitan mejorar la calidad de los productos, procesos, bienes y servicios.
- Excelencia operacional: Buscar el éxito trabajando con responsabilidad y profundo compromiso para realizar un trabajo bien hecho que ayude a mejorar constantemente la calidad, la eficiencia, la productividad y el valor de los bienes y servicios producidos o brindados.
- Integridad: Adquirir principios sólidos y defenderlos ante cualquier circunstancia, actuando con honestidad, transparencia y pensando siempre en el beneficio de la empresa más que el beneficio personal.

La empresa, por otro lado, también cuenta con un canal ético, el cual es un medio de comunicación que existe con la finalidad de conocer, analizar y resolver cuestiones relacionadas con el incumplimiento del Código de Ética y Conducta como pueden ser corrupción, y comportamientos y procedimientos inmorales. Los miembros de la empresa pueden denunciar anónimamente a través de línea telefónica, correo electrónico, entrevista personal y buzón de canal ético.

## 2.5. Estructura organizacional de la empresa

La estructura organizacional de la empresa la conforman la gerencia general y bajo su cargo se encuentran las gerencias de ventas, de producción, de operaciones, de marketing e I+D, de administración y finanzas, y de atención al cliente, las cuales a la vez están al cargo de otros departamentos. En la Figura 16 se muestra el organigrama de la empresa en estudio.

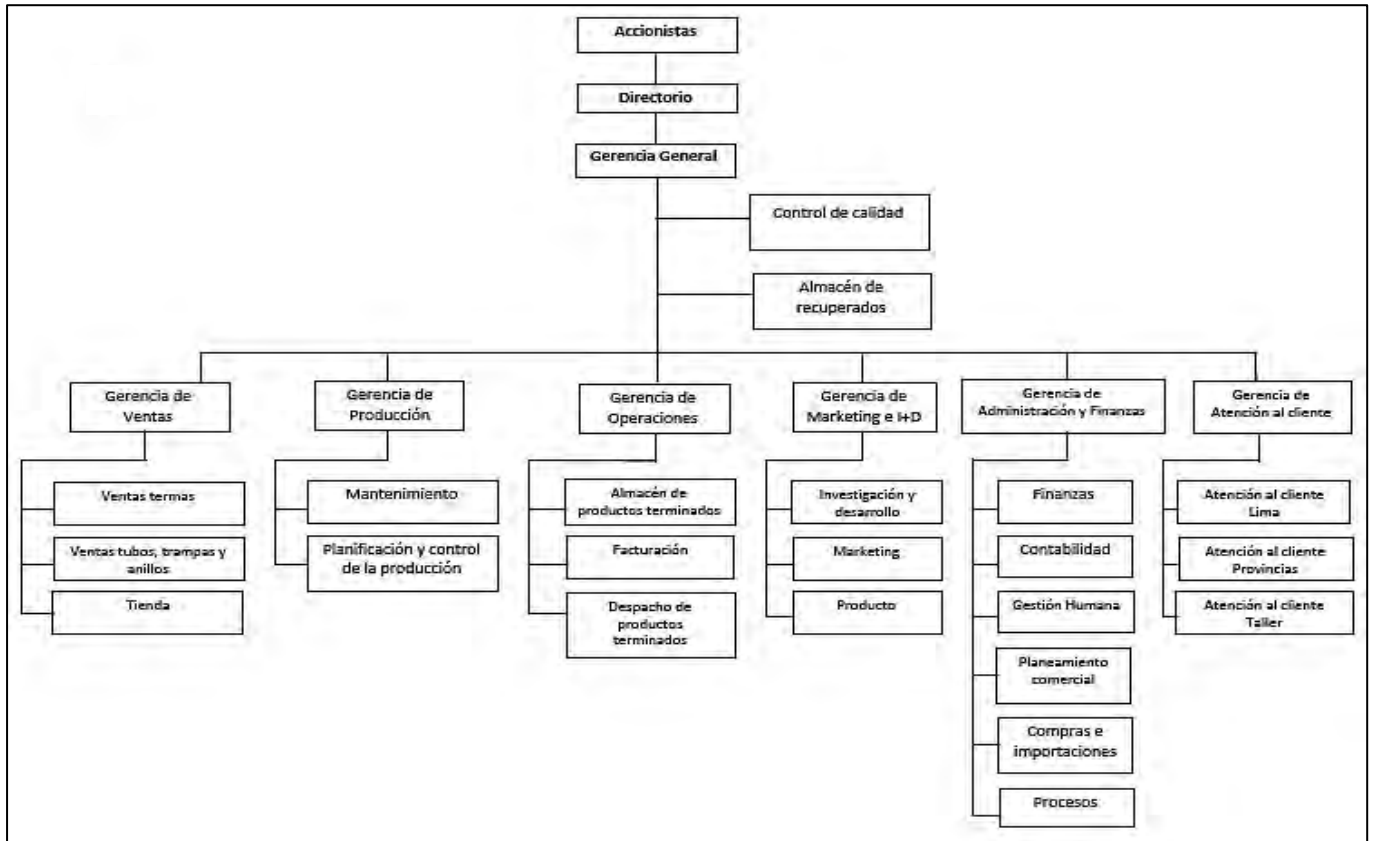


Figura 16: Organigrama de la empresa

Fuente: La empresa

- **Gerencia General:** Conformada por el gerente general, secretaría y el área de control de calidad y almacén de recuperados. El gerente general es el encargado de analizar los problemas de la empresa tanto financieros, administrativos, contables entre otros para la toma de decisiones y planificación de estrategias a corto y largo plazo.
- **Gerencia de Ventas:** Esta gerencia se encarga de la maximización de las ventas de los productos que ofrece la empresa, diseñando planes y estrategias nuevas e innovadores para el logro de las

metas de venta. Asimismo, investiga e identifica las oportunidades de venta por medio de indicadores para así detectar a los clientes potenciales.

- **Gerencia de Producción:** La gerencia de producción se encarga de vigilar la producción propiamente dicha, verificando que las actividades y operaciones se cumplan de manera efectiva y segura con la finalidad de alcanzar los planes de producción propuestos. Dicha gerencia también está al cargo del área de mantenimiento de máquinas e instalaciones, así como de la planificación y control de la producción.
- **Gerencia de Operaciones:** La gerencia de operaciones está a cargo del almacén de productos terminados y de su despacho a tiendas. Asimismo, el gerente de operaciones se encarga de dar seguimiento a las operaciones administrativas llevadas a cabo en la empresa con el fin de maximizar la eficiencia para que el proceso fluya sin inconvenientes.
- **Gerencia de Marketing e I+D:** Esta gerencia se encarga de realizar la investigación del mercado para identificar la demanda de los productos, así como de desarrollar estrategias de publicidad para llegar al público objetivo. Por otro lado, I+D se encarga del desarrollo del producto por medio de reuniones donde se presenten propuestas innovadoras en la fabricación o en las funciones del producto.
- **Gerencia de Administración y Finanzas:** Esta gerencia está al cargo de las áreas de finanzas, contabilidad, gestión humana, planeamiento comercial, compras e importaciones y procesos. Específicamente, el gerente de finanzas se encarga de analizar información financiera y presentar los resultados mediante informes.
- **Gerencia de Atención al cliente:** Esta gerencia cuenta con un área de call center que se encarga de atender los reclamos y quejas a nivel nacional, además de recibir las solicitudes de servicio técnico por parte de los clientes y reportar a los operarios encargados para que realicen dicha función.

## 2.6. Productos

La empresa posee cuatro líneas de fabricación: termas eléctricas, trampas plásticas, anillos de cera y tubos de abasto, pero como se mencionó el estudio está enfocado solo en las termas eléctricas. Actualmente, se producen termas de diferentes capacidades, siendo estas de 20 L, 50 L, 80 L y 110 L. Asimismo, existen cuatro modelos de presentación: “Elite”, “Evolución”, “Milenium” y “Wifi”. Algunos modelos se ofrecen

en todas las capacidades y otros solo en algunas. Respecto a los materiales, todas las termas están conformados por un tanque de acero esmalinado, el cual es resistente al agua dura y corrosiva del Perú. Para evitar la corrosión, cada terma contiene un ánodo de magnesio que protege el tanque de la acumulación de las impurezas del agua. Además, el tanque cuenta con un revestimiento de poliuretano ecológico, lo cual beneficia en la conservación del calor por más tiempo reduciendo el consumo de energía.

En la tabla 4, se muestra las capacidades que hay disponibles según el tipo de terma.

Tabla 4: Clasificación de termas según su capacidad en L

TIPO	CAPACIDAD DE TERMA (L)				
	20	35	50	80	110
Elite		X	X	X	X
Evolución	X		X	X	X
Milenium			X	X	X
Wifi			X	X	

Las características que presentan las termas son similares. La diferencia radica en que las termas del modelo “Elite” son fabricadas con mayor protección ante la corrosión en el tanque, el modelo “Milenium” incluye un *timer* digital programable con funciones de encendido y apagado, mientras que el modelo “Wifi” cuenta con la opción de controlar el encendido y apagado de la terma vía *Smartphone* desde cualquier lugar. A continuación, se presentan las características de una terma del tipo “evolución”, cuyo modelo es el más clásico:

- Tanque de acero esmalinado diseñado para trabajar con el tipo de agua del Perú, altamente dura y corrosiva.
- Termostato europeo de doble seguridad y resistencia (1500 W)
- Revestimiento de poliuretano ecológico y de alta densidad que conserva por más tiempo el agua caliente (16-18 horas)
- Protección anticorrosiva catódica (ánodo de magnesio sobredimensionado) y tuberías internas de acero inoxidable
- Abastece de 3 a 4 años consecutivos.

En las siguientes imágenes se exhiben algunos de los modelos de termas eléctricas que fabrica la empresa. Las Figuras 17, 18, 19, 20 y 21 representan una terma modelo “Evolución” de 20 L de capacidad, una terma

modelo “Elite” de 35 L, una terma de modelo “elite” de 50 L, una terma modelo “Wifi” de 80 L y una terma modelo “Milenium” de 110 L de capacidad, respectivamente.



Figura 17: Terma “Evolución” de 20 L de capacidad  
Fuente: La empresa



Figura 18: Terma “Elite” de 35 L de capacidad  
Fuente: La empresa



Figura 19: Terma “Elite” de 50 L de capacidad  
Fuente: La empresa



Figura 20: Terma “Wifi” de 80 L de capacidad  
Fuente: La empresa



Figura 21: Terma “Milenium” de 110 L de capacidad  
Fuente: La empresa

## 2.7. Equipos

La empresa cuenta con diferentes tipos de equipos que son usados en la fabricación de una terma eléctrica distribuidos en las áreas de corte de planchas, conformado de tanques, aporcelanado de tanques y ensamble. En la Tabla 5 se muestra una lista con los nombres de estos y las áreas en las que son utilizados.

En el área de conformado se cuentan con dos prensas troqueladoras para facilitar el cambio de matriz. A manera de presentar algunos de los equipos, en la Figura 22 se observa la cizalladora usada para el corte de planchas, en la Figura 23 se muestran la prensa troqueladora 1 mientras que en la Figura 24, la prensa troqueladora 2. El resto de equipos que se mencionan en la Tabla 5 se colocarán en el ANEXO 6.

Tabla 5: Lista de equipos

Nro	Equipo	Área de trabajo	Cantidad
1	Cizalladora	Corte de planchas	1
2	Prensa troqueladora 1	Conformado	1
3	Prensa troqueladora 2	Conformado	1
4	Tina de desengrase	Conformado	1
5	Tina de enjuague	Conformado	1
6	Tina de secado	Conformado	1
7	Roladora de tanques	Conformado	1
8	Soldadora longitudinal	Conformado	1
9	Pestañadora	Conformado	1
10	Soldadora para tapa inferior	Conformado	1
11	Soldadora para tapa superior	Conformado	1
12	Crimpadora	Conformado	1
13	Soldadora circunferencial	Conformado	1
14	Hidroneumática	Conformado	1
15	Granalladora	Aporcelanado	1
16	Inyectora de porcelana	Aporcelanado	1
17	Horno de secado	Aporcelanado	1
18	Horno eléctrico	Aporcelanado	1
19	Roladora de fundas	Ensamble	1
20	Soldadora longitudinal de fundas	Ensamble	1
21	Pestañadora de fundas	Ensamble	1
22	Tina de fosfatizado	Ensamble	1
23	Tina de enjuague	Ensamble	1
24	Tina de sellante	Ensamble	1
25	Horno de secado de fundas	Ensamble	1
26	Cabina de pintura	Ensamble	1
27	Inyectora de poliuretano	Ensamble	1



Figura 22: Cizalladora



Figura 23: Prensa troqueladora 1



Figura 24: Prensa troqueladora 2

## 2.8. Descripción del proceso productivo

La fabricación de una terma eléctrica consta de distintas operaciones, en las cuales se añade valor a los materiales que ingresan hasta obtener el producto final. Para ello, las actividades se dividen en cuatro áreas: corte de planchas, conformado de tanques, aporcelanado de tanques y ensamble de termas. Asimismo, se cuentan con tres supervisores divididos entre las cuatro áreas, a quienes el resto de operarios reportan los inconvenientes que surgen en el proceso y estos le comunican al Jefe o Supervisor de Producción. El proceso inicia con la emisión de la orden de fabricación por parte del Jefe de Producción, en la cual se indica la cantidad de unidades a producir, el modelo de terma y la fecha estimada de entrega. Dicha orden es entregada a los supervisores al inicio de cada mes, facilitándoles la organización para poder cumplir con la entrega. Antes de iniciar con la descripción del proceso, es necesario mencionar los componentes que forman parte de una terma eléctrica convencional. Estos son los siguientes:

- Cuerpo de tanque: Este componente lo conforman un tanque, dos tapas (superior e inferior), un colgador y dos asas.
- Cuerpo de funda: Los elementos que lo componen son una funda y un anclaje.

En la Figura 25 se observa el cuerpo de tanque, el cual está hecho de acero inoxidable y lo conforman el tanque propiamente dicho y dos tapas. Asimismo, un colgador como el mostrado en la Figura 26 y un asa como la de la Figura 27 también son parte del cuerpo de tanque.



Figura 25: Cuerpo de tanque



Figura 26: Colgador de tanque



Figura 27: Asa de tanque

Este tanque es colocado dentro del cuerpo de funda, identificado como funda mostrada en la Figura 28, siendo esta la parte externa de la terma. Esta funda es cubierta por dos tapas: inferior, como la de la Figura 29 y superior, como la de Figura 30. Por último, en la Figura 31 se observa el anclaje, el cual sirve de apoyo para la colocación de la terma en la instalación.



Figura 28: Funda de terma



Figura 29: Tapa inferior de la funda



Figura 30: Tapa superior de la funda



Figura 31: Anclaje de la terma

La descripción del proceso productivo se realizará para una terma eléctrica modelo “Evolución” de 50 L, siendo esta la que cuenta con mayor demanda en el mercado y la más clásica. Sin embargo, es importante aclarar que el proceso para el resto de capacidades y modelos es similar, la variación reside en los complementos que se añaden.

## Asas

Las asas se realizan a partir de una plancha de fierro de 2mm de espesor y son soldadas en el tanque con el fin de facilitar la carga para realizar traslados. El proceso involucrado en la obtención de las asas es el siguiente:

- **Cortado:** La plancha de fierro es trazada con las medidas específicas por el operario y luego cortada en pequeños rectángulos.
- **Troquelado:** Una vez cortados, a los rectángulos se le realiza dos troquelados
- **Prensado:** Por último, mediante la prensa troqueladora se realizan los doblados obteniendo el asa.

## Colgador

El colgador forma parte del tanque de una terma eléctrica, específicamente, es colocado en la tapa superior de este y su único fin es permitir colocar el tanque en los ganchos del transportador aéreo. El insumo principal es una plancha de fierro de 0.6 mm de espesor, la cual pasa por un breve proceso explicado a continuación:

- **Cortado:** El operario encargado traza las medidas requeridas en la plancha y la corta en rectángulos.
- **Troquelado:** Seguidamente, los rectángulos obtenidos son troquelados.
- **Prensado:** Por último, son prensados para darle forma de colgador.

## Tapas

El tanque de una terma eléctrica está conformado por dos tapas de fierro con 2mm de espesor: inferior y superior. Ambas son enviadas por un proveedor y solo la tapa inferior viene con un troquelado incluido para el aro de  $1 \frac{1}{4}$ .

- **Troquelado:** El proceso para las tapas inicia en el troquelado. Esta operación solo se le realiza a las tapas inferiores y consiste en realizar tres troquelados: dos para los niples de agua fría y caliente, y uno para el aro de  $\frac{3}{4}$ , tal como se muestra en la Figura 32.
- **Lavado:** Una vez que las tapas han sido troqueladas se les debe realizar una limpieza para eliminar la grasa impregnada en estas. Para ello, el proceso de lavado se divide en tres partes: la primera consiste en un lavado sencillo donde se sumergen las tapas en desengrasante para una limpieza superficial. En la segunda parte, se realiza un lavado en tinas de ultrasonido. Debido a que el agua no es eficaz, se utiliza un líquido conductor de ultrasonidos para eliminar por completo la grasa. La última parte consiste en colocar las tapas en una tina de secado.

- **Soldado de aro  $\frac{3}{4}$ :** Tanto las tapas inferiores como superiores son colocadas en carritos y solo las primeras son llevadas hacia el lugar donde se realiza el soldado del aro roscado de  $\frac{3}{4}$ .
- **Soldado de aro  $1\frac{1}{4}$ :** Seguidamente, la tapa inferior pasa a la siguiente máquina soldadora donde se realiza el soldado del aro roscado de  $1\frac{1}{4}$ .
- **Soldado de caramelo y niples:** A continuación, se lleva a cabo la soldadura del caramelo y de los niples para agua fría y caliente en la tapa inferior.
- **Soldado de colgador:** Mientras las tapas inferiores están siendo soldadas, las superiores son llevadas hacia donde se realiza el soldado del colgador.



Figura 32: Tapa inferior troquelada

Al finalizar el proceso para las tapas inferiores y superiores, estas son colocadas en una canasta como se muestra en la Figura 33. Seguidamente, son colocadas en una faja transportadora como la mostrada en la Figura 34 que las traslada hacia donde se encuentra la máquina crimpadora a la espera de la salida del tanque para luego ser unidas, selladas y conformar el tanque completo.



Figura 33: Tapas inferiores y superiores conformadas



Figura 34: Faja transportadora de tapas inferiores y superiores

### Tanque

El proceso para el componente tanque inicia con la llegada de planchas de fierro de 2mm de espesor, las cuales son enviadas por un proveedor quien es el encargado de realizar el corte con las medidas especificadas para la terma correspondiente. Seguidamente son enviadas a las tinas de lavado.

- **Lavado:** El proceso de lavado para planchas sigue las mismas etapas que el realizado para las tapas. la diferencia radica en el tiempo, siendo menor la duración para los tanques.
- **Rolado:** A continuación, las planchas lavadas son llevadas hasta la máquina roladora y colocadas en un pallet a la espera de ser procesadas. Dicha máquina utiliza rodillos para darle forma cilíndrica a la plancha. Al finalizar la operación, la plancha no queda completamente unida, dejando una abertura como la que se muestra en la Figura 35, que luego será cubierta mediante soldadura.



Figura 35: Plancha rolada

- **Soldadura longitudinal:** El rolado deja una abertura entre los extremos de la plancha, la cual es unida a través de una soldadura longitudinal. Luego de esta operación, el resultado es el mostrado en la Figura 36.



Figura 36: Soldadura longitudinal en tanque

- **Pestañado:** Una vez soldados los extremos, la plancha continúa su proceso en la máquina pestañadora. En ella se realizan bordes tanto en la parte superior como inferior, con la finalidad de que las tapas colocadas posteriormente puedan encajar con precisión. El resultado del tanque pestañado se muestra en la Figura 37.



Figura 37: Pestañado en tanque

- **Sellado:** Tanto la tapa inferior como la tapa superior son selladas al tanque mediante una máquina crimpadora. La finalidad de esta operación es reducir en consumo de alambre en la soldadura circunferencial. En la Figura 38 se muestra el resultado de un tanque crimpado.



Figura 38: Tanque crimpado

- **Soldadura circunferencial:** Seguidamente, mediante una máquina de soldadura circunferencial, se asegura la unión entre las tapas y el tanque.
- **Prueba hidroneumática:** El proceso continúa en la prueba hidroneumática. Dicha prueba permite detectar fugas, hermeticidad y asentamiento. El procedimiento consiste en instalar un dispositivo en el aro de 1 ¼ que inyecta aire comprimido a 40 psi. Luego, se sumerge el cuerpo del tanque en una tina de agua. Si se presencian burbujas es porque existen fugas y por lo tanto el tanque debe reprocesado. En el caso contrario, se desinstala el dispositivo para liberar el aire y continuar con el proceso. En la Figura 39 se muestra la realización de la prueba hidroneumática. Al finalizar esta operación se obtiene el tanque conformado.
- **Granallado:** El operario coloca, mediante el colgador de la tapa, el tanque en un gancho del transportador que lo traslada hasta la cabina donde se realiza el granallado. Para ello, en el aro de 1 ¼ se coloca un embudo para facilitar el ingreso del dispositivo que expulsa la granalla hacia el interior del tanque. El objetivo de esta técnica es realizar un tratamiento superficial por impacto de partículas abrasivas (granalla) con la finalidad de formar una rugosidad en las paredes internas del tanque, lo cual facilita la adherencia de la porcelana en la siguiente operación. A la salida de la cabina, el operario sacude el tanque para eliminar el exceso de granalla la cual es reutilizada.



Figura 39: Prueba hidroneumática de tanque conformado

- **Aporcelanado:** Luego del granallado, el tanque se traslada hacia la máquina inyectora de porcelana. Antes de realizar la inyección, el operario encargado prepara la porcelana en una mezcladora en la cual se coloca 20kg de agua más 50kg de porcelana en polvo. Una vez preparada la mezcla, esta pasa por dos pruebas: de peso específico y adherencia, ambas para asegurar la calidad, ya que si no es la adecuada los tanques pueden presentar corrosión y ser rechazado. La inyección de porcelana se realiza a través de un tubo que es enroscado en el aro de 1 ¼, mientras el tanque gira y se inclina 45 y 90° con la finalidad de que la porcelana pueda cubrir la pared interna en su totalidad. Una vez terminado el aporcelanado, el operario retira el tubo para que el tanque continúe su proceso.
- **Secado de porcelana:** Para que la porcelana se adhiera al interior, el transportador lo lleva hacia el horno de secado que genera aire caliente mediante cuatro quemadores que trabajan a una temperatura entre 80° y 90° C.
- **Horneado:** Los tanques que salen de la cabina de secado continúan su recorrido hasta llegar al horno eléctrico. El operario encargado descuelga el tanque, le realiza una inspección y lo coloca en una parrilla junto a otros para ser ingresados al horno, el cual trabaja a una temperatura de 850°C. Una vez terminado el horneado, se retiran los tanques y se revisan para verificar posibles defectos. En el caso se presenten, los tanques son retirados y llevados a control de calidad.

## Anclaje

El anclaje se obtiene a partir de planchas de fierro de 2mm de espesor. Este es colocado en la funda y su función es servir de apoyo para la instalación de una terma eléctrica. A continuación se explican las operaciones que conforman el proceso de un anclaje.

- **Cortado:** El operario traza las medidas en la plancha para luego cortarlas y obtener varios rectángulos.
- **Troquelado:** Los rectángulos obtenidos son troquelados dos veces para realizar dos agujeros a la plancha donde se colocarán los tornillos para su unión con la funda
- **Prensado:** Seguidamente, las planchas son prensadas para darle la forma correspondiente.
- **Desengrasado:** Los anclajes son colocados mediante un colgador en el transportador aéreo junto a las funda y son trasladados hacia la cabina donde se ejecuta el desengrasado utilizando un líquido *soak cleaner*.
- **Enjuagado:** Luego, se lleva a cabo del enjuagado utilizando agua.
- **Fosfatado:** Seguidamente, se realiza el fosfatado.
- **Sellado:** A los anclajes fosfatados se le coloca sellante (*rinse*) que mejora el acabado.
- **Secado:** Los anclajes sellados son trasladados hacia el horno de secado.
- **Lijado:** A la salida del horno de secado, los anclajes se dirigen a la cabina de pintado. Antes de iniciar con el pintado, el anclaje debe ser lijado para emparejar la superficie.
- **Pintado:** El operario realiza la pintura utilizando una pistola de pulverización que emite pintura electrostática.

## Funda

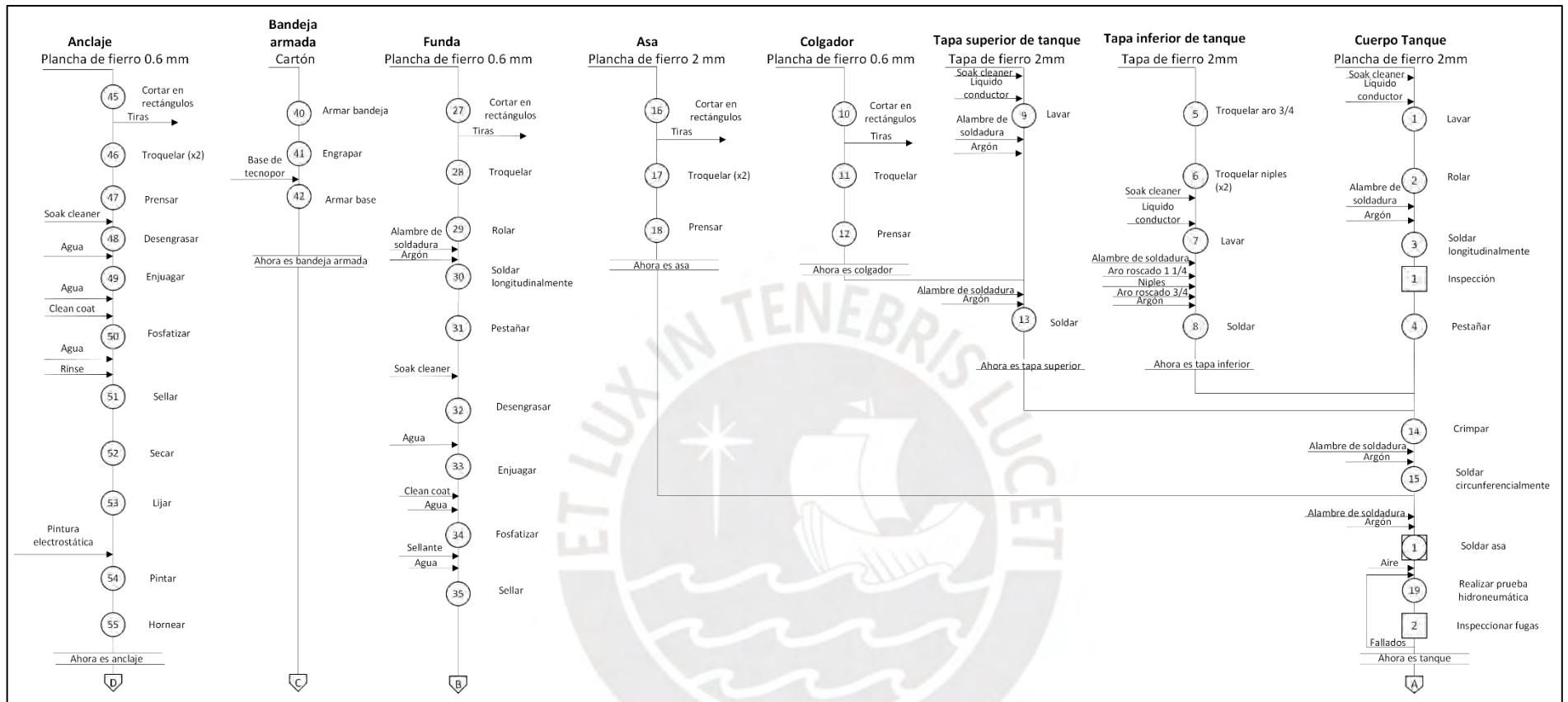
Las planchas para funda son de fierro y cuentan con un espesor de 0.6 mm. Estas son adquiridas de un proveedor y, a diferencia de las planchas para tanque, no son enviadas cortadas con las medidas requeridas, por lo que el proceso inicia con el cortado.

- **Cortado:** Para realizar el cortado, el operario encargado traza las medidas a la plancha y luego las lleva a la máquina cortadora.
- **Troquelado de termómetro:** La plancha cortada continúa su proceso en la primera máquina troqueladora, en la cual se realizan los agujeros para colocar el termómetro posteriormente.
- **Troquelado de anclaje:** Seguidamente, la plancha es llevada a la segunda máquina troqueladora donde se lleva a cabo el troquelado para colocar el anclaje durante el ensamble.
- **Rolado:** Una vez que la plancha para funda está cortada, es trasladada hacia la zona donde se realiza el rolado para darle una forma cilíndrica dejando una abertura entre los extremos.

- **Soldado longitudinal:** La plancha rolada es soldada longitudinalmente para unir la abertura dejada en el rolado.
- **Pestañado:** En esta parte del proceso, la plancha es llevada a la máquina pestañadora para realizar bordes en los extremos de la funda con la finalidad de que las sobretapas de la terma eléctrica puedan encajar. Al final de esta operación se obtiene la funda.
- **Desengrasado:** La funda es colocada mediante un colgador en el transportador que la traslada hacia la cabina donde se elimina el óxido acumulado. Primero, se ejecuta el desengrasado utilizando un líquido *soak cleaner*.
- **Enjuagado:** Luego, se lleva a cabo del enjuagado utilizando agua.
- **Fosfatado:** Seguidamente, se realiza el fosfatado. Dicho procedimiento consiste en un tratamiento para superficies metálicas usando agua y *clean coat* para disminuir las posibilidades de corrosión en la funda, además de facilitar la adherencia de pintura.
- **Sellado:** A la funda fosfatada se le coloca sellante (*rinse*) con la finalidad de mejorar la calidad del acabado superficial generando una capa que evita la oxidación.
- **Secado:** Una vez sellada, la funda es trasladada mediante el transportador hacia el horno de secado, el cual trabaja a una temperatura entre los 100° y 200° C.
- **Pintado:** Al finalizar el secado, el transportador lleva la funda hacia la cabina de pintura. En dicha cabina, se pinta la superficie de la funda utilizando una pistola de pulverización que emite pintura electrostática.
- **Horneado:** Por último, las fundas son llevadas al horno de curado por medio del transportador, el cual trabaja a una temperatura entre los 180 y 210 °C con la finalidad de que la pintura se adhiera correctamente a la superficie pintada.
- **Limpieza y colocado de tubos:** Los tanques horneados son trasladados por medio de un “carrito” a un área cercana a la línea de ensamble para realizar manualmente el habilitado de tanques, que incluye la limpieza interna de los nipples usando tres machos de roscar y un martillo, y el colocado de los tubos de agua fría, caliente y el ánodo.
- **Armado de base:** La base es donde se colocará la terma y está hecha de cartón. Sobre esta se coloca también una base de tecnopor para no dañar la parte inferior de la terma al empacarla.
- **Ensamble de funda, tapas externas y tanque:** Luego de la limpieza y colocado de tubos, los tanques son llevados con el mismo “carrito” hasta la faja transportadora de rodillos, al igual que las fundas curadas. El operario encargado toma un tanque sujetándolo del asa y lo coloca sobre una superficie de apoyo para realizar el ensamble. Cubre el tanque con la funda y coloca las tapas. Posteriormente, gira la terma 180° y la coloca sobre la base de tecnopor.

- **Colocado de anclaje y arandelas:** La faja transporta la terma a la siguiente operación, donde el operario atornilla el anclaje en la parte externa de la funda. Luego, coloca y atornilla la tapa inferior, la cual viene con unos agujeros para que sobresalgan los nipples y se pueda instalar la resistencia blindada. Seguidamente, coloca arandelas de color rojo y azul en los nipples para indicar la salida de caliente y fría, respectivamente.
- **Colocado de resistencia blindada y válvula:** En la siguiente operación, el operario coge una resistencia blindada y una válvula de seguridad. Luego, enrosca la válvula en el nipple de agua fría utilizando un pegamento para fortalecer la unión y atornilla la brida de la resistencia.
- **Prueba de hermeticidad:** El método que se utiliza para esta prueba es del de burbujeo por presión directa. Para ello, el operario utiliza una fuente de aire comprimido y enrosca la salida al nipple de agua caliente. Seguidamente, aplica una solución de agua más detergente sobre la unión y, en el caso de presencia de fugas, se formarán burbujas.
- **Inyección de poliuretano:** Las termas que pasan la prueba de hermeticidad, pasan a ser inyectadas de poliuretano, el cual resulta de una mezcla de poliol e isocianato y sirve como aislante térmico para evitar fugas de calor.
- **Colocado de sistema eléctrico:** Luego, el operario encargado instala el sistema eléctrico, el cual consiste en un termostato y los cables que hacen posible el pase de la energía eléctrica a la resistencia. Seguidamente, coloca la sobretapa que cubre dicha instalación y la atornilla.
- **Colocado de stickers y bolsa:** La terma ya ensamblada pasa a la siguiente operación donde se colocan tres *stickers*: uno con el nombre de la marca, otro para indicar el modelo de la terma y sus propiedades y el restante con el mensaje “tanque de acero porcelanado”. Luego, se cubre la terma con una bolsa de plástico transparente.
- **Limpieza y colocado de kit de instalación y manual:** El operario encargado limpia con un trapo el exterior de la terma. Luego, sobre la base de tecnopor, coloca el kit y un manual de guía para la instalación.
- **Embalado:** Finalmente, el operario encargado arma la caja externa de cartón y coloca la terma eléctrica dentro de ella. Luego la embala con cinta adhesiva y la deja en la faja transportadora de rodillas, donde al final espera un operario con montacargas para llevar las termas al almacén.

En las Figuras 40, 41 y 42 se presentan el Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso de fabricación de una terma eléctrica.



1

Figura 40: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica

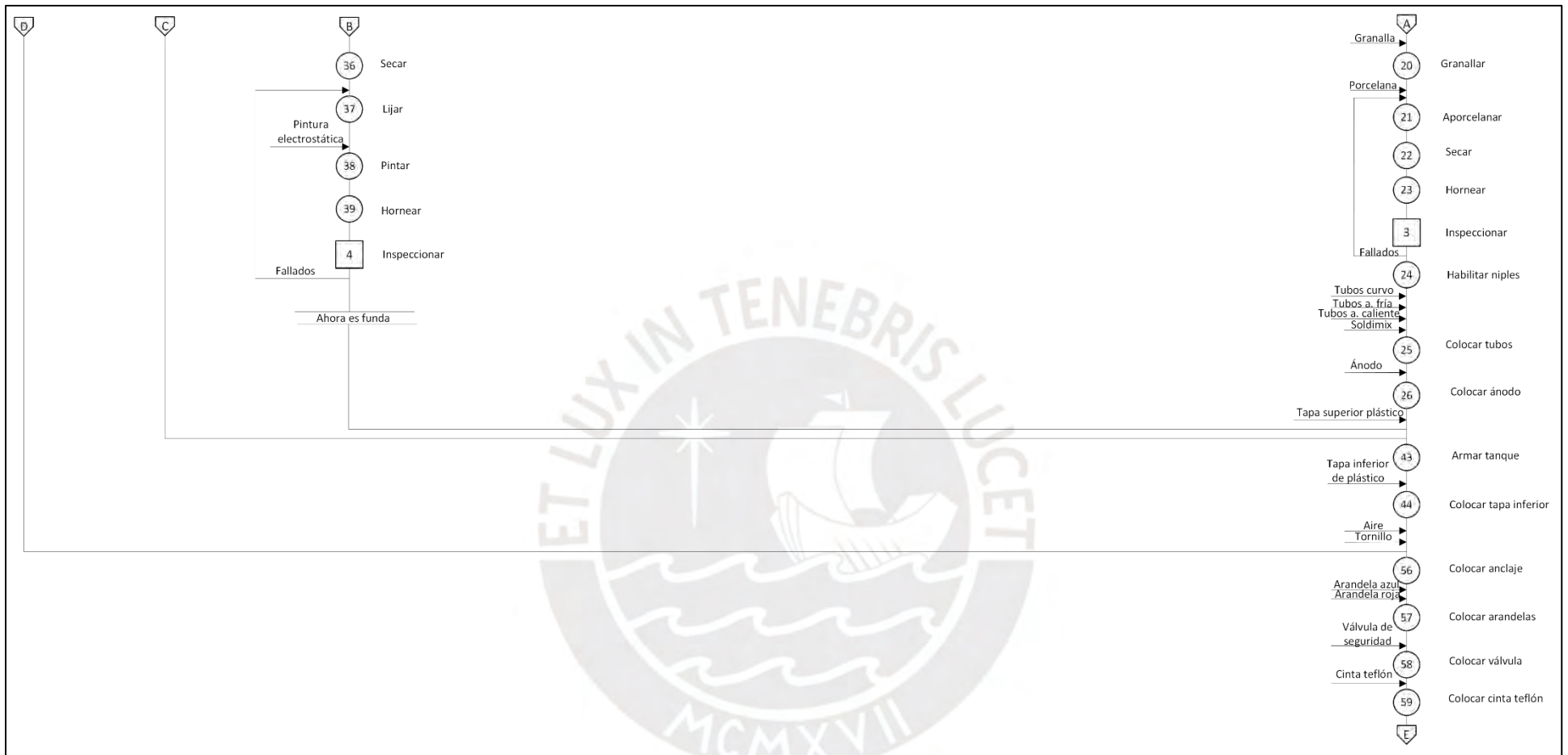


Figura 41: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica

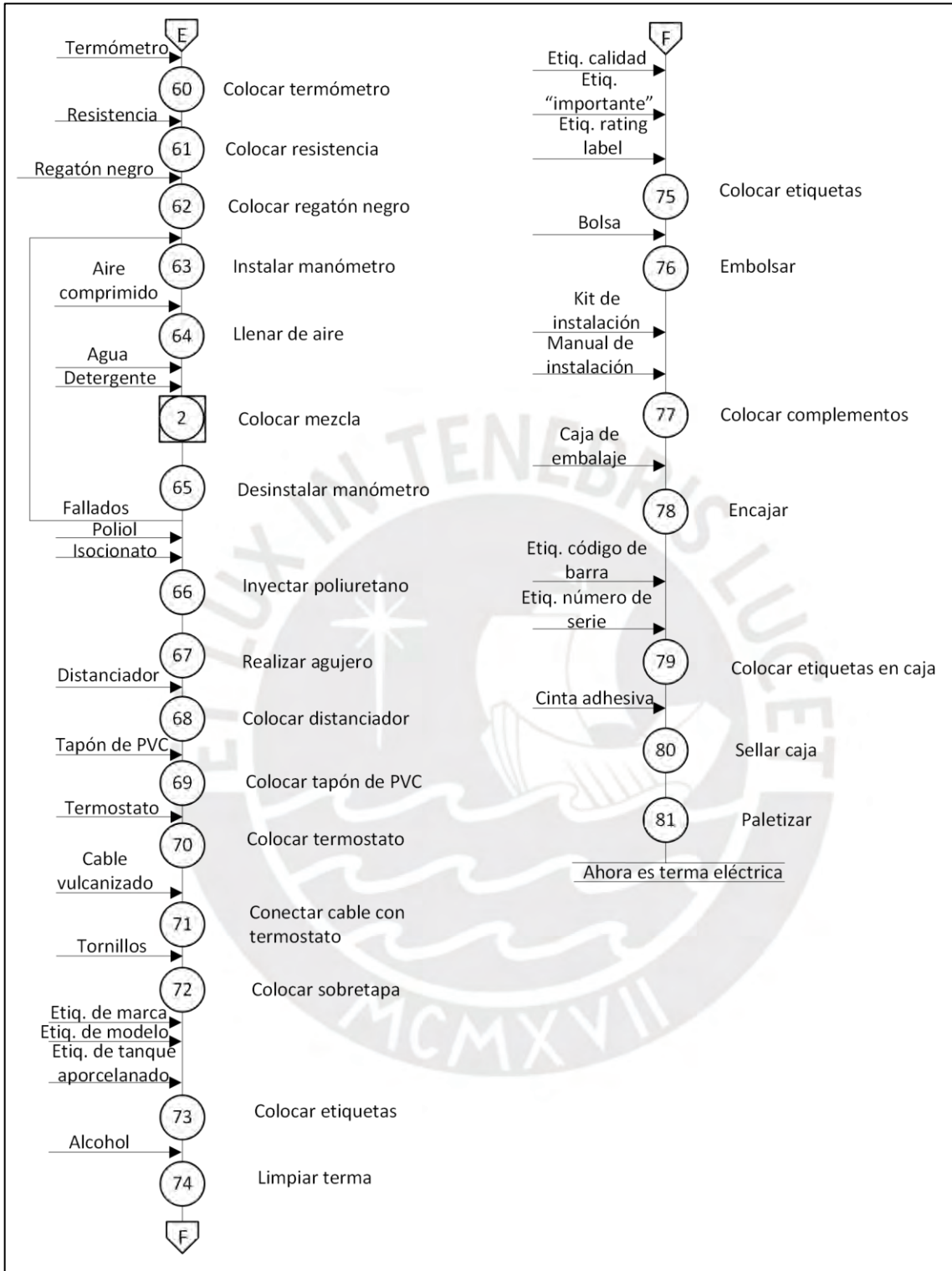


Figura 42: Diagrama de Operaciones de una terma eléctrica

### 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TERMA ELÉCTRICA

En este capítulo se realizará el diagnóstico del proceso mediante diversas herramientas con la finalidad de encontrar las áreas más perjudicadas y a partir de ello proponer mejoras.

#### 3.1. Selección del modelo de terma eléctrica a analizar

Como se mencionó en el capítulo de descripción de la empresa, las termas eléctricas se presentan en cuatro modelos. Para delimitar el estudio, se escogerá el modelo a analizar en base a los ingresos anuales por venta correspondientes al año 2019, ya que la empresa considera a este indicador de suma importancia para la realización de proyectos de mejora. En la Tabla 6, se muestran los datos en soles de las ventas de cada modelo. Posteriormente, utilizando el diagrama de Pareto de la Figura 43, se obtiene como resultado que el modelo que genera mayores ingresos por venta son las termas eléctricas “Evolución”.

Tabla 6: Ingresos por venta según modelo de presentación

Modelo de presentación	Ingresos por venta (S/.)	% Frecuencia	% Acumulado	Clasificación
<b>Evolución</b>	S/ 12,700,000	43%	43%	A
<b>Elite</b>	S/ 8,600,000	29%	71%	B
<b>Milenium</b>	S/ 6,180,000	21%	92%	B
<b>Wifi</b>	S/ 2,330,000	8%	100%	C

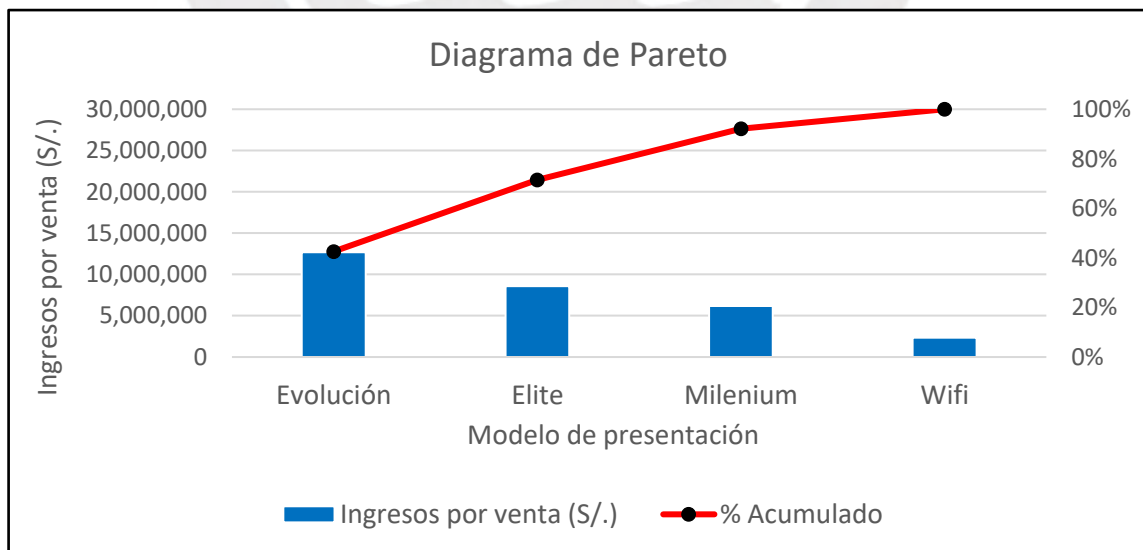


Figura 43: Diagrama de Pareto de selección de modelo

### 3.2. Selección de la terma eléctrica a analizar

Una vez seleccionado el modelo “Evolución” para realizar el análisis del proceso, se procede a elegir la terma eléctrica dentro de las que se ofrecen en dicho modelo (20, 50, 80 o 110 L). El criterio de selección estará basado en la demanda anual mostrada en la Tabla 7. Esto debido a que el proceso de producción para cada capacidad es el mismo, variando solo los tiempos de ejecución de las operaciones. En la Tabla 7 se muestran los datos de la demanda mientras que en la Figura 44, el análisis con el Diagrama de Pareto. Se concluye que el producto para el cual se realizará el diagnóstico es la terma eléctrica “Evolución” de capacidad de 50 L.

Tabla 7: Demanda según capacidad de la terma “Evolución” 50L

Modelo "Evolución"				
Capacidad de terma	Demanda anual 2019 (Unidades)	%Frecuencia	% Acumulado	Clasificación
50 L	13430	60%	60%	A
20 L	4736	21%	81%	B
80 L	3248	14%	95%	B
110 L	1148	5%	100%	C

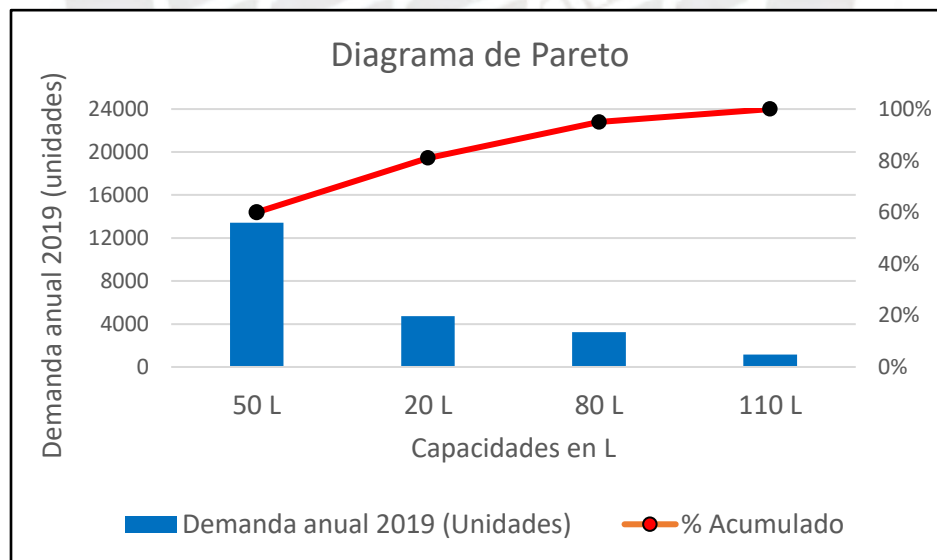


Figura 44: Diagrama de Pareto de selección de terma

### 3.3. Identificación de desperdicios

La identificación de desperdicios en las tres áreas de estudio se realiza en base a los considerados en la filosofía Lean Manufacturing. Mediante dicha identificación, se procederá a eliminar todo aquello que no aporta valor al proceso de producción. Dentro de los desperdicios se tiene a los inventarios, movimientos innecesarios, transportes, tiempos de espera, producción de defectuosos.

a) **Producción de defectuosos:** La identificación de este desperdicio se realiza a partir del indicador “Defectuosos Real vs Meta” que utiliza la empresa. El porcentaje de defectuosos mensual es comparado con el porcentaje meta establecida, el cual se plantea no superar. Es importante mencionar que en caso se presenten defectos, los tanques y las fundas son reprocesados hasta máximo dos veces. Solo cuando aún con el reproceso el defecto persiste, los tanques y las fundas son descartados; sin embargo, son muy pocas las veces que sucede lo mencionado. A continuación, se detallan los desperdicios para las áreas de estudio.

i. **Defectos en Conformado:** Los defectos en el área de conformado se evidencian en la prueba hidroneumática, donde el tanque se sumerge en agua y se presencian burbujas cuando hay fugas. Estos se clasifican de la siguiente manera:

- Fuga por niples: Se debe a un mal procedimiento en la soldadura de niples en la tapa inferior del tanque.
- Fuga por aro roscado: Se debe a un mal procedimiento en la soldadura de los aros roscado de  $1 \frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  en la tapa inferior del tanque.
- Fuga por cordón circunferencial: Se debe a un mal procedimiento en la soldadura del arco circunferencial en el tanque.
- Fuga de tanques terminado: Se debe a fallas en la plancha para tanques
- Fuga por cordón longitudinal: Se debe a un mal procedimiento en la soldadura del cordón longitudinal en el tanque.

En la Tabla 8, se muestran los porcentajes de defectos durante cuatro meses de producción en el área de conformado, mientras que en la Figura 45 se presentan gráficamente los porcentajes.

Tabla 8: Porcentaje de defectos en Conformado para cuatro meses

Mes	% Defectos	% Meta
Mes 1	1.16%	1.50%
Mes 2	0.73%	1.50%
Mes 3	2.01%	1.50%
Mes 4	2.50%	1.50%

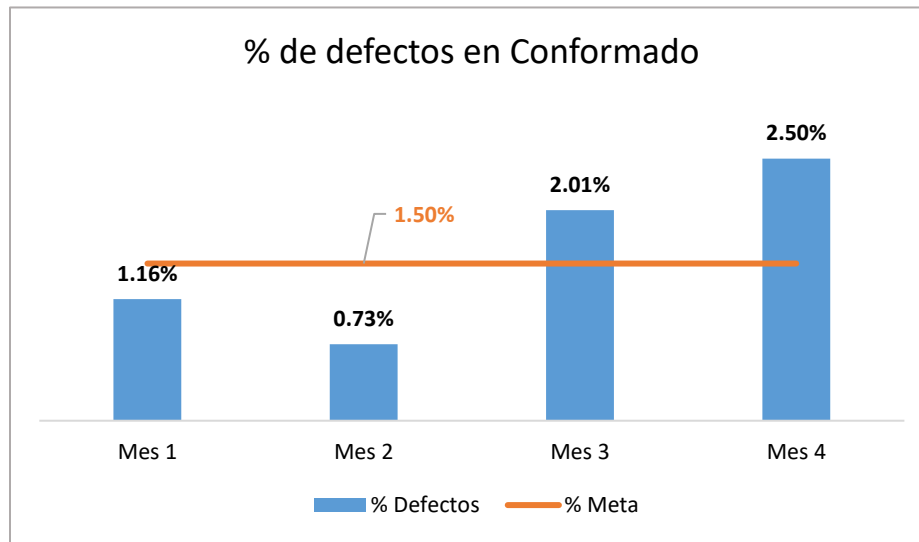


Figura 45: Representación gráfica de % de defectos en Conformado

Como se observa en la Figura 45, durante los meses 1 y 2, el porcentaje se mantuvo por debajo del máximo permitido, pero en los meses 3 y 4 aumentó y superó el porcentaje meta. Dentro de los tipos de defectos que se contemplan en el área de conformado, el que tuvo mayor presencia fue el de soldadura del cordón circunferencial en un tanque. En la Tabla 9 se muestran las cantidades de tanques según el tipo de defecto en el Mes 4 de producción, mientras que en la Figura 46, el Diagrama de Pareto correspondiente.

Tabla 9: Cantidad de tanques por tipo de defecto

Tipo de defecto	Tanques (Unid)
Cordón circunferencial	54
Aro roscado	17
Niples	10
Terminadas	9
Cordón longitudinal	0
<b>Total</b>	<b>90</b>

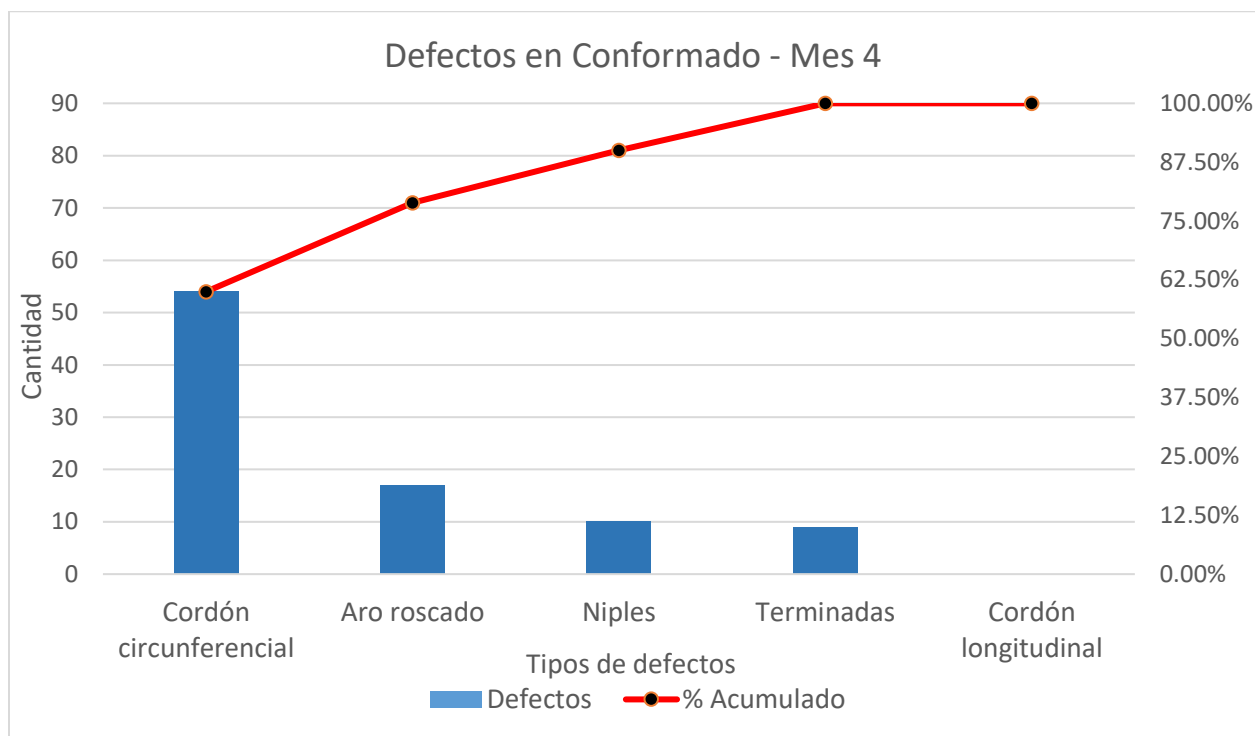


Figura 46: Diagrama de Pareto de defectos en Conformado

**ii. Defectos en Aporcelanado:** La inspección de defectos en el área de aporcelanado se realiza al finalizar el horneado de los tanques. El operario encargado revisa la parte interna para verificar si alguno de los siguientes tipos de defectos se presenta en el tanque.

- Abertura por grasa: este defecto ocurre por un lavado incompleto de las planchas en las tinas.
- Rayas: las rayas en el interior del tanque se deben a la grasa que no se eliminó totalmente en el lavado de las planchas.
- Escamas: son desprendimientos superficiales de la porcelana en el interior del tanque y se deben a un horneado insuficiente.
- Brillo: a diferencia de lo que ocurre en las escamas, el brillo se presenta por sobrepasar el tiempo estimado del tanque en el horno ocasionando que la porcelana.
- Puntos: son poros en el interior del tanque cuyo origen proviene de la calidad de la plancha que manda el proveedor.

En la Tabla 10, se muestran los porcentajes de defectos durante cuatro meses de producción en el área de aporcelanado, mientras que en la Figura 47 se presentan gráficamente los porcentajes.

Tabla 10: Porcentaje de defectos en aporcelanado para cuatro meses

Mes	% Defectos	% Meta (<)
Mes 1	0.93%	1.50%
Mes 2	1.20%	1.50%
Mes 3	1.74%	1.50%
Mes 4	1.94%	1.50%

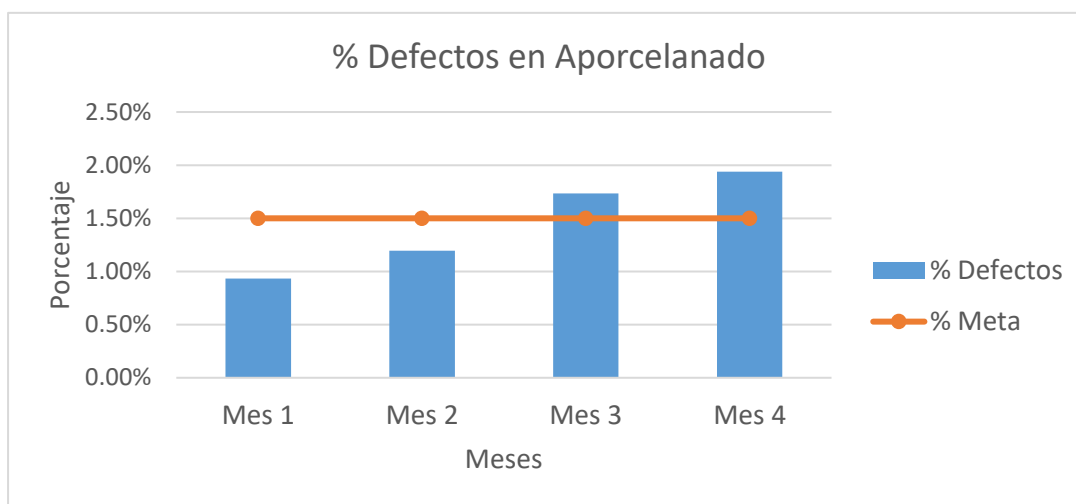


Figura 47: Representación gráfica de defectos en aporcelanado para cuatro meses

En la Figura 47, se puede notar que durante los meses 1 y 2 el porcentaje de defectuosos se encuentra por debajo del porcentaje máximo establecido, mientras que en los meses 3 y 4 es superado. De los defectos que se consideran en el área de aporcelanado, el que más se presenta es el de abertura por grasa, lo cual se muestra en la Tabla 11. Mediante el Diagrama de Pareto de la Figura 48, se pueden observar las cantidades de tanques por tipo de defecto en el Mes 4, el cual tuvo el porcentaje más alto de defectuosos.

Tabla 11: Cantidad de tanques por tipo de defectos en aporcelanado

Tipo de defecto	Tanques (Und)
Abertura por grasa	43
Rayas	12
Puntos	7
Escamas	3
Brillo	0
<b>Total</b>	<b>65</b>

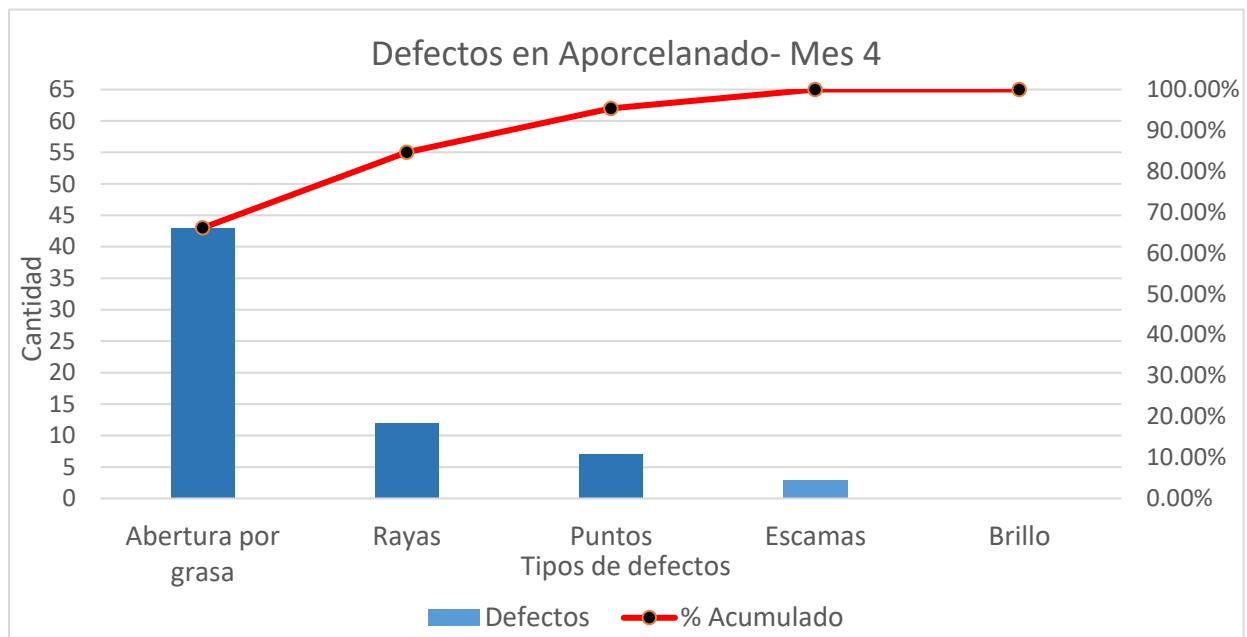


Figura 48: Diagrama de Pareto de defectos en aporcelanado

**iii. Defectos en Ensamble:** El área de ensamble involucra el conformado y pintado de las fundas, y el ensamble de la terma propiamente dicho. El registro de defectos con el que se cuenta en esta área es para el pintado, debido a que en durante el conformado de fundas y ensamblado de termas raramente se presentan defectos, por lo que no se considera necesario llevar un registro de estos. Los defectos en el pintado de fundas se clasifican de la siguiente manera:

- Ojo de pescado: se considera este defecto cuando en la funda se presencian poros medianos que no pueden ser permitidos.
- Escupido de pistola: este defecto ocurre cuando la pistola expulsa gotas de pintura con fuerza quedando marcadas en la funda.
- Acumulación de pintura: la acumulación se da cuando se pinta más una parte de la funda que otra
- Falta de pintura: este defecto ocurre cuando no se pinta completamente la funda
- Suciedad: la suciedad que llega a la cabina de pintado proviene del polvo presente en la planta de producción, lo cual mancha la funda.

- Grasa: la grasa impregnada ocurre por el contacto del guante del operario con la funda, dejando manchas que son evidentes y no deben ser permitidas.
- Abolladura: una abolladura ocurre cuando la funda se golpea a la salida de la cabina de secado de pintura.

En la Tabla 12, se muestran los porcentajes de defectos durante cuatro meses de producción en el pintado de fundas, mientras que en la Figura 49 se presentan gráficamente los porcentajes.

Tabla 12: Porcentaje de defectos en pintura para cuatro meses

Mes	% Defectos	% Meta
Mes 1	1.04%	1.50%
Mes 2	0.75%	1.50%
Mes 3	0.52%	1.50%
Mes 4	0.48%	1.50%

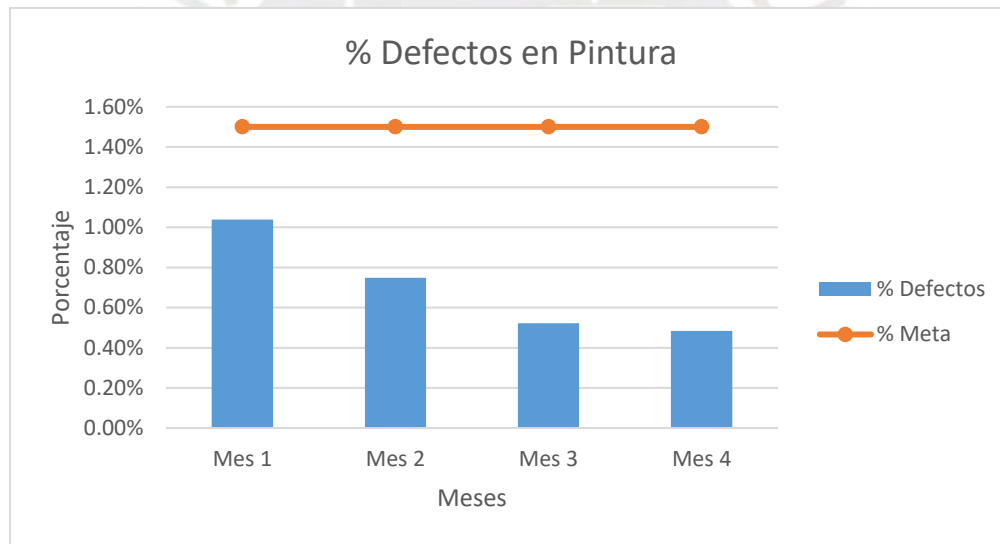


Figura 49: Representación gráfica de defectos en aporcelanado para cuatro meses

En la Figura 49, se puede observar que el porcentaje meta no es superado en ninguno de los cuatro meses de producción y la tendencia es decreciente, por lo cual, no es necesario analizar los defectos en el área de pintado.

**b) Movimientos innecesarios:** Los movimientos innecesarios que se han identificado en el proceso son los generados por desorden en la zona de trabajo y por la utilización de un método poco eficiente en la ejecución de una operación.

- Conformado: En esta línea, los movimientos innecesarios ocurren en la soldadura circunferencial ya que el operario asignado debe trasladarse hasta el almacén de herramientas para buscar aquellas que utilizará en la modificación del soporte que es necesario cuando se cambia del lote de 20 L a 50 L.
- Aporcelanado: Los movimientos innecesarios en el aporcelanado se dan por la falta de orden. Esto sucede en la inyección de porcelana, donde los sacos que provienen de almacén son dejados en los pallets que llegan, obligando al operario a agacharse para alcanzarlos y poder realizar la mezcla.
- Ensamble: Las operaciones que se realizan en la línea de ensamble son manuales, por lo cual, es más propensa a que se presenten movimientos innecesarios. Estos ocurren principalmente por el desorden en el área que no permitan a los operarios realizar su trabajo de manera óptima.

c) **Tiempos de espera:** Los tiempos de espera se dan principalmente por las detenciones en el proceso, lo cual genera un retraso en el avance de la producción. Estos están marcados por las operaciones que son cuello de botella en cada una de las líneas. En el área de conformado, el cuello de botella es la soldadura circunferencial; en el área de aporcelanado, el horneado de tanques y en el área de ensamble, la inyección de poliuretano. Para reconocer las detenciones, la empresa emplea un formato con la finalidad de tener un registro de estas siendo los supervisores de cada línea de producción los encargados de reportarlos. Algunas de las detenciones se originan por las charlas de seguridad o reuniones de emergencia con el gerente de producción; sin embargo, muchas de ellas ocurren por motivos relacionados netamente al proceso, como las fallas en las máquinas. Para facilitar la identificación de las detenciones, estas se dividen en tres tipos: planeadas, por proceso y por defectos de calidad:

- Detenciones planificadas: En este tipo se consideran las pausas por motivos previstos. Su ocurrencia es frecuente y se considera normal durante el proceso.
- Detenciones por proceso: Las detenciones de este tipo ocurren por fallas netamente del proceso, relacionados a las máquinas, factor humano, insuficiencia de insumos, entre otros
- Detenciones por defectos de calidad: Los defectos de calidad se presencian en las inspecciones correspondientes durante el proceso.

En la Tabla 13, se presentan los conceptos que se consideran para cada tipo de detención.

Tabla 13: Conceptos por tipo de detención

Detenciones planificadas	Detenciones por proceso	Detenciones por defecto de calidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almuerzo</li> <li>- Descanso</li> <li>- Reuniones y/o capacitaciones</li> <li>- Limpieza</li> <li>- Pausas activas</li> <li>- Arranque de línea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla de operación</li> <li>- Falla de mecánica</li> <li>- Falla de sistema neumático</li> <li>- Falla de sistema eléctrico</li> <li>- Falla de quemadores</li> <li>- Falla de sistema hidráulico</li> <li>- Falla de sistema de bombeo</li> <li>- Provisión de materiales</li> <li>- Falta de personal</li> <li>- Falta de insumos y materia prima</li> <li>- Ajuste y/o graduación de máquina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla por poros en el cordón circunferencial</li> <li>- Falla por filtración</li> <li>- Falla por rolado ovoide y/o traslape</li> <li>- Falla por cordón longitudinal defectuosos</li> <li>- Falla por mal pestañado</li> <li>- Falla por mal crimpado</li> <li>- Falla por descentramiento de cordón</li> <li>- Perdidas por reproceso</li> <li>- Defectos de materia prima</li> <li>- Falla por poros de pintura</li> </ul>

A continuación, se detallan los tres tipos de detenciones en conformado, aporcelanado y ensamble.

**Detenciones en conformado**

- i. **Detenciones planeadas en conformado:** El tiempo básico de duración de una detención planeada en el área de conformado es de 70 min: 10 min dedicados a la realización de pausas activas, 45 min al almuerzo de los operarios y 15 min destinados a la limpieza; sin embargo, este tiempo se prolonga debido a las reuniones con gerencia de producción, lo cual no es muy recurrente. Como se observa en la Figura 50, el tiempo máximo permitido para este tipo de detención es de 70 min y solo es superado en dos días del mes considerado para este estudio.

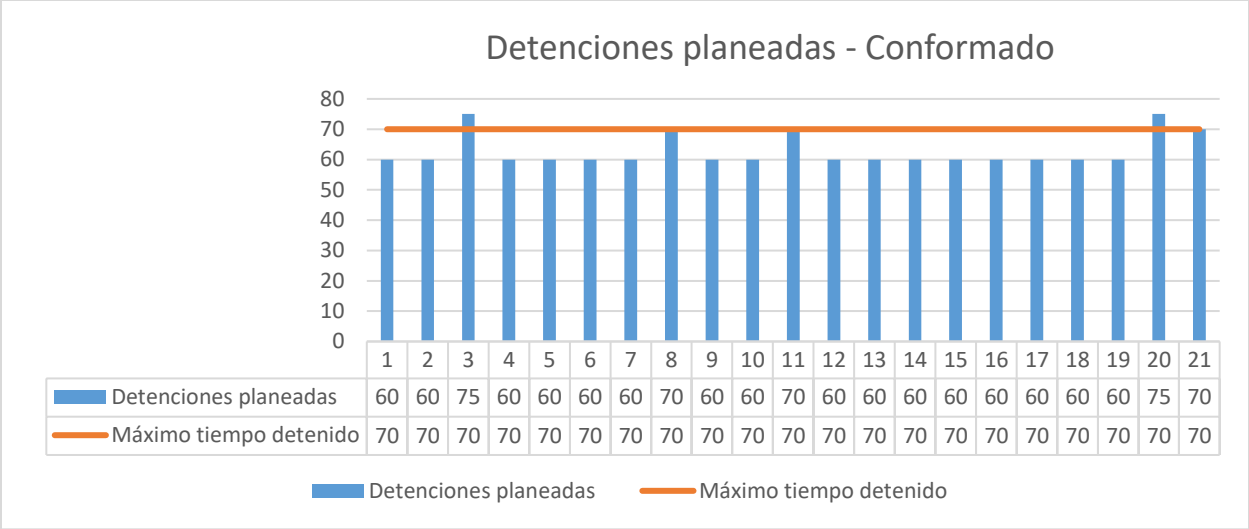


Figura 50: Detenciones planeadas en Conformado

ii. **Detenciones por proceso en conformado:** La detención por proceso más frecuente en el área de conformado se da en la soldadora circunferencial y se debe a la acumulación de escoria en las boquillas y toberas. La limpieza de esta toma 5 min y se da entre seis o siete veces al día. Sin embargo, existe un tipo de falla mecánica que dura entre 30 min, 40min o incluso 50 min y surge por problemas de obstrucción en la antorcha de la soldadura y por obstrucción de alambre en el *liner*. Como se observa en la Figura 51, hay días en los que por las fallas mencionadas las detenciones se prolongan hasta los 120 min, superando el tiempo máximo permitido que es de 45 min para este tipo de detención.

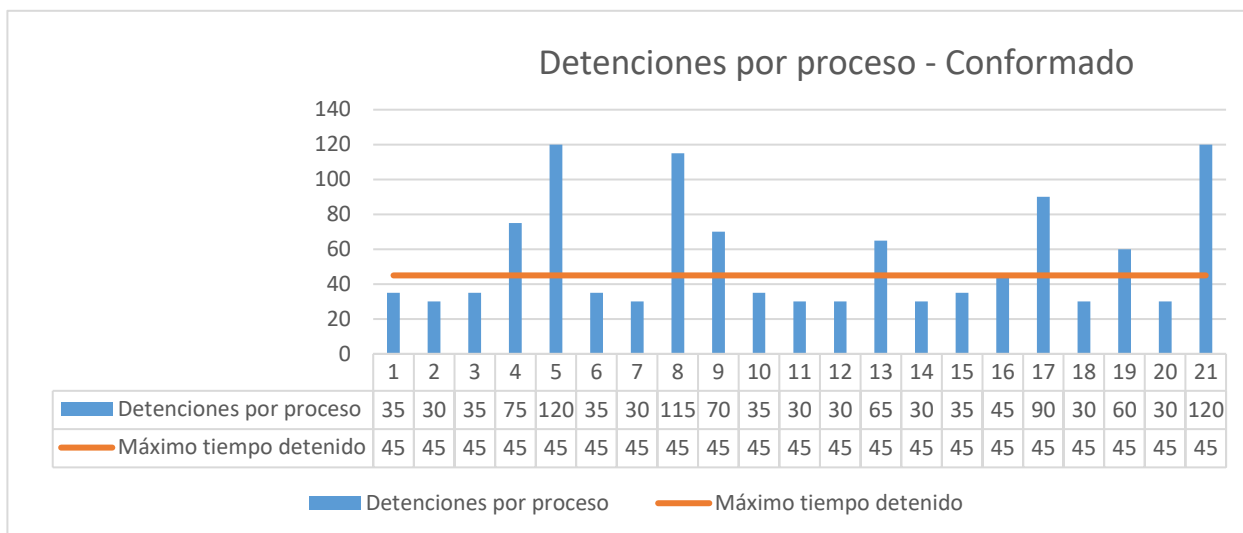


Figura 51: Detenciones por proceso en Conformado

iii. **Detenciones por defectos de calidad en conformado:** En la línea de conformado, cada vez que un tanque resulta defectuoso se reprocesa; sin embargo, la línea no se detiene durante esta actividad a excepción de que los defectos sean constantes, solo en ese caso se detiene la línea para inspeccionar las fallas, pero esto ocurre muy raras veces. A pesar de lo descrito, se considera el tiempo de reprocesamiento como tiempo perdido y por esta razón es incluido. En la Figura 52, se muestran los tiempos destinados a reproceso en el mes de estudio. Lo ideal es que dicho tiempo sea menor a los 5 min.

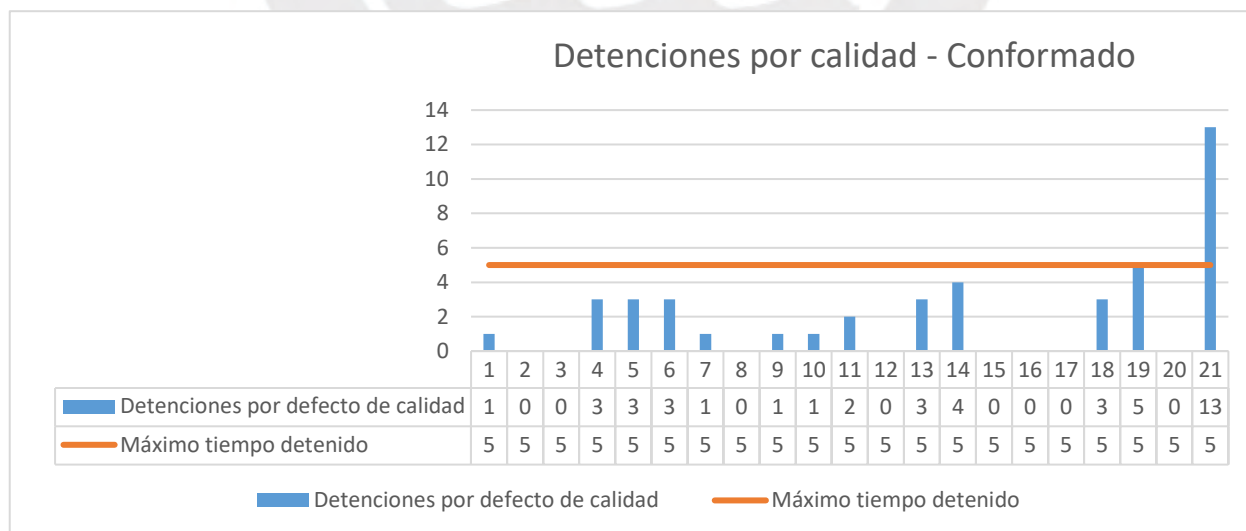


Figura 52: Detenciones por calidad en Conformado

### Detenciones en aporcelanado

- i. **Detenciones planeadas en aporcelanado:** Las detenciones planeadas en el área de aporcelanado tienen una duración base de 60 min: 45 minutos de refrigerio, 5 min de limpieza y 10 min dedicados a pausas activas. Además de dichos tiempos, se consideran los destinados a reuniones con gerencia de producción /entre 10 min a 15 min). En la Figura 53 se muestran las detenciones planeadas en la línea de aporcelanado durante un mes de estudio.

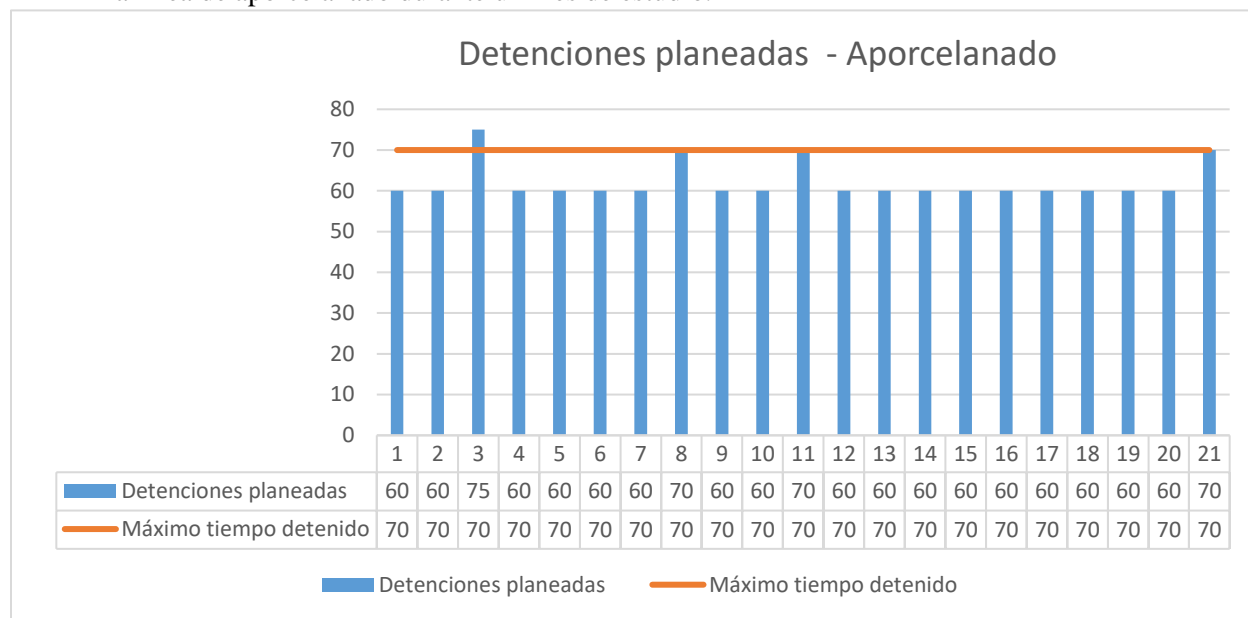


Figura 53: Detenciones planeadas en Aporcelanado

- ii. **Detenciones por proceso en aporcelanado:** Las detenciones relacionadas al proceso en el área de aporcelanado ocurren principalmente por fallas debido a la obstrucción en la parte mecánica de la granalladora y por fallas en los sensores de los quemadores del horno eléctrico. Los tiempos de detención por estos motivos varían entre los 20 min, 25 min y llegando hasta los 45 min. En la Figura 54, se presentan los minutos detenidos por día para un mes de estudio y el tiempo máximo permitido para este tipo de detención, el cual es de 10 min. Dicho tiempo es superado en cuatro ocasiones por una diferencia notable.

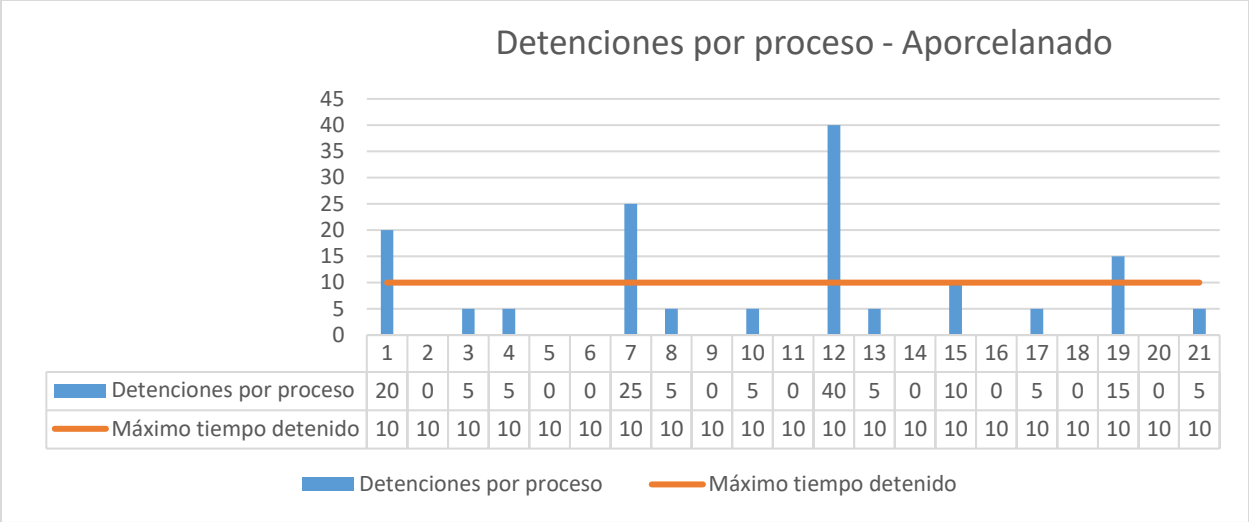


Figura 54: Detenciones por proceso en Aporcelanado

iii. **Detenciones por defectos de calidad en aporcelanado:** Al igual que en la línea de conformado, la línea de aporcelanado no se detiene por defectos de calidad a no ser que estos sean constantes; sin embargo, se cuenta como un tiempo perdido que debe ser tomado en cuenta. En la Figura 55, se muestran los tiempos destinados a reproceso en el mes de estudio, el cual es siempre de 60 min (tiempo que dura el horneado de 16 tanques) debido a que los tanques reprocesados ocupan el lugar de tanques nuevos.

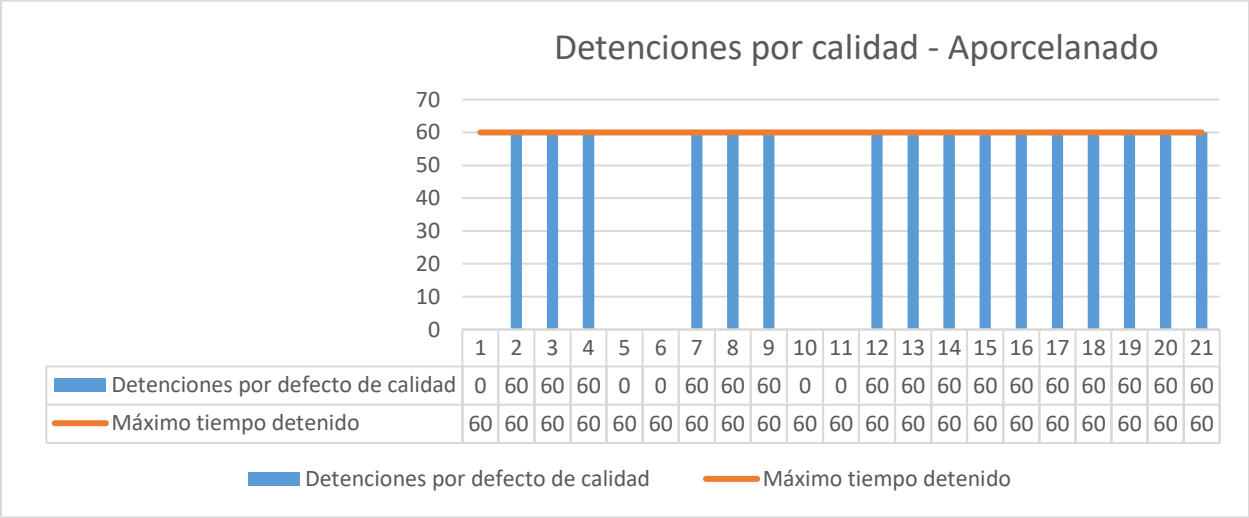


Figura 55: Detenciones por calidad en Aporcelanado

**Detenciones en ensamble**

i. **Detenciones planeadas en ensamble:** Las detenciones planeadas en el área de ensamble incluyen los 45 min de refrigerio, 10 min del arranque de la línea de ensamble, 5 min de limpieza y 10 min de pausas activas, dando un total de 70 min. Adicionalmente, se consideran los tiempos de reuniones con gerencia de producción en algunos días. En la Figura 56, se muestran los tiempos de detenciones planeadas en un mes de estudio.

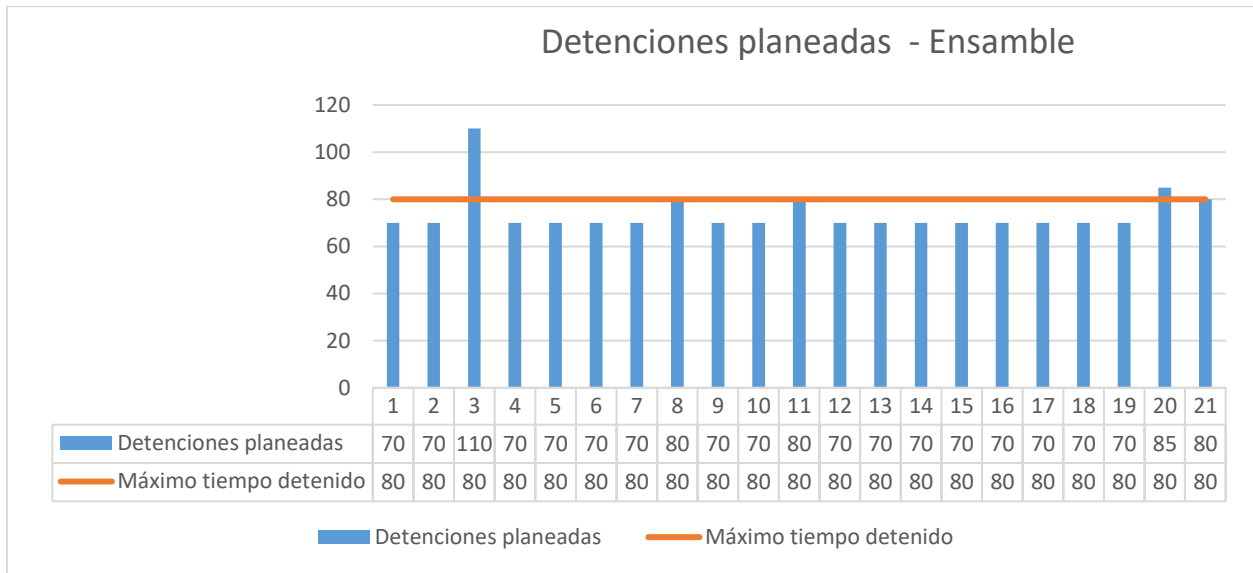


Figura 56: Detenciones planeadas en Ensamble

ii. **Detenciones por proceso en ensamble:** La detención por proceso más frecuente se da por ajuste/graduación de máquina, específicamente, por la máquina inyectora de poliuretano. Los tiempos de para por esta falla no suelen ser iguales cada día, pueden durar 10 min o hasta 120 min en el caso más desfavorable. En la Figura 57, se observa que el tiempo máximo permitido para esta detención es de 10 min y este es superado en ocho días.

iii. **Detenciones por defectos de calidad en ensamble:** Las paradas en la línea de ensamble por motivos de defectos de calidad no se presenciaron en el mes de consideración para este estudio.

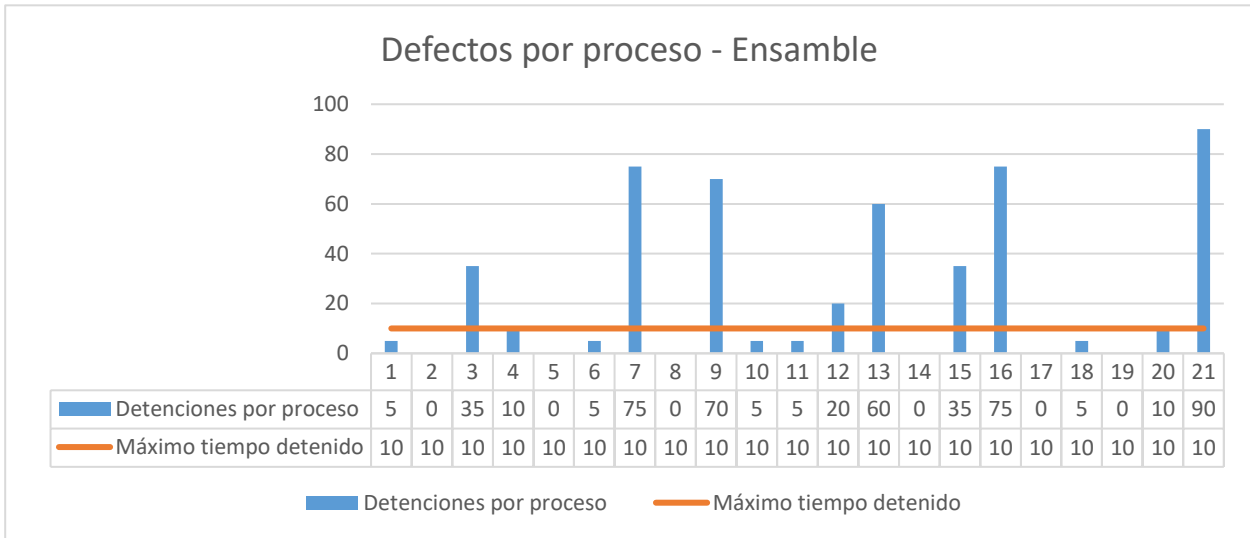


Figura 57: Detenciones por proceso en Ensamble

- d) **Inventarios en proceso:** Los inventarios en proceso se originan entre el área de aporcelanado y el área de ensamble. Esto sucede debido a que el área de aporcelanado tiene un ritmo de avance mayor al de ensamble generando que se acumulen tanques a la espera de continuar su proceso.

### Takt Time

Un indicador importante en la filosofía Lean Manufacturing es el *Takt Time*. Este se considera como la velocidad a la cual se debe producir para satisfacer la demanda de los clientes. Del mismo modo, se tiene al Tiempo de Ciclo, el cual determina la duración para producir un elemento. Dicho tiempo, al ser resultado del diseño del proceso, debe ser comparado con el *Takt Time* para verificar si el ritmo de producción es el adecuado. Este tiempo se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Unidades demandadas}}$$

La empresa trabaja en un turno de 9 horas cada uno y por 21 días al mes en promedio. Debido a que se producen distintos modelos de termas eléctricas, se debe considerar que el tiempo destinado al modelo “Evolución” 50 L representa un 30% con respecto a los demás, ya que es el que posee mayor demanda. Con esta información, el tiempo de producción disponible resulta 2877 min/mes. Asimismo, la cantidad mensual de unidades demandadas en promedio es de 2626. Finalmente, con la aplicación de la fórmula se obtiene un *Takt Time* de 1.1 min/unidad.

En la Tabla 14, se muestran los tiempos de ciclo por cada línea y la comparación con el *takt time*.

Tabla 14: Tiempo de ciclo vs. Takt Time por línea

Línea	Tiempo de ciclo (min/unid)	Takt time (min/unid)
Línea de conformado de tanques	1.09	1.10
Línea de aporcelanado	1.06	1.10
Línea de ensamble	2	1.10

Como se observa en la Figura 58, el tiempo de ciclo supera al Takt Time en la línea de ensamble. Esto indica que se produce a un ritmo más lento que el demandado por el cliente y se ve reflejado principalmente en el incumplimiento del plan de producción para el modelo “Evolución 50L”, el cual tuvo un valor acumulado de 92.89 % en el último año, siendo el valor óptimo 95% como mínimo.

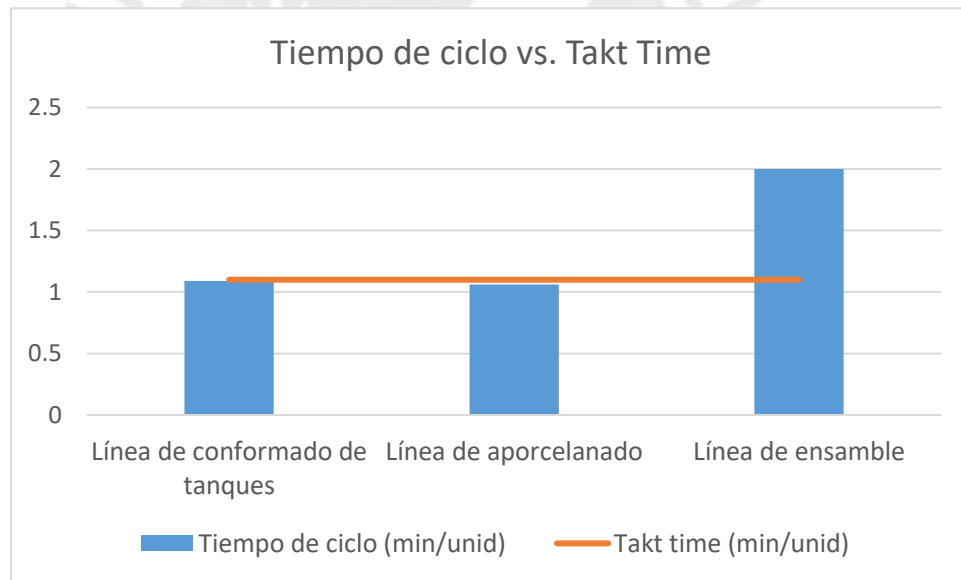


Figura 58: Tiempo de ciclo vs. Takt Time

### 3.4. Propuestas de mejora

En base a los puntos descritos anteriormente, se pueden identificar los siguientes problemas en general:

- El problema del desorden provoca movimientos innecesarios y tiempos improductivos por búsqueda de herramientas. Por lo cual es importante atacar este punto aplicando una metodología 5'S. Esta aplicación se realizará al área de ensamble, específicamente en la realización de habilitado de tanques.

- El problema del tiempo invertido en el *set up* de la soldadora circunferencial puede mejorarse a través de la aplicación de un SMED. Dicha máquina además es considerada entre todas las demás por ser esta la más crítica y la que más tiempo requiere para realizar el cambio de formato, además de presentar tiempos prolongados para limpieza y mantenimiento.
- El problema de la superación del tiempo de ciclo con respecto al *takt time* de la línea de ensamble será controlado aplicando un balance de línea que permita que todos los puestos avancen al mismo ritmo y que se cumpla con el plan de producción y también con la demanda.

Finalmente, para los desperdicios descritos se proponen las soluciones mostradas en la Tabla 15.

Tabla 15: Propuestas de mejora

Área	Solución propuesta
Conformado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMED</li> </ul>
Ensamble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5'S</li> <li>• Balance de línea</li> </ul>

## 4. APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA

En este capítulo se desarrollarán las propuestas de mejora que permitirán aminorar los problemas identificados en el diagnóstico del proceso.

### 4.1. Implementación de 5's

Según lo identificado en el diagnóstico, se implementará la metodología 5's para el área de ensamble, específicamente en la realización del habilitado de tanque ya que es en la que más se presenta el desorden y la suciedad, provocando que se pierdan tiempo por búsquedas de herramientas. En las Figuras 59 y 60, se puede evidenciar que las herramientas no tienen un lugar definido y, por lo tanto, son dejados en el primer lugar que los operarios encuentren disponible. Asimismo, se observan muchas cajas de materiales, estando algunas de ellas vacías y otras sin ser ordenadas y por lo cual son colocadas en el piso.



Figura 59: Herramientas identificadas en sección de habilitado de tanques



Figura 60: Componentes identificados en sección de habilitado de tanques

A continuación, se detalla la aplicación de cada una de las fases de las 5'S en la sección de habilitado de tanque:

**a) Seiri (Clasificación)**

En esta fase se realiza la clasificación de equipos, herramientas y materiales. Para ello, primero se deben identificar los objetos en base a su estado actual., los cuales pueden ser funcional, defectuoso y obsoleto. A continuación, se explica que significa cada estado:

- Objetos funcionales: aquellos que se encuentran en perfecto estado, es decir, no presentan ningún daño o falla.
- Objetos defectuosos: aquellos que presentan daños o fallas.
- Objetos obsoletos: aquellos que se encuentran en muy mal estado, es decir, no son útiles.

Una vez identificados, se deberá tomar una decisión sobre qué hacer con ellos. Con el fin de facilitar dicha toma, se propone el flujograma mostrado en la Figura 61, de manera que los operarios puedan tener un documento guía. Solo los objetos funcionales y los defectuosos que debido a su utilidad son reparados pasan a la clasificación, mientras que los objetos obsoletos deben ser separados y dependiendo de su tipo será descartado, reciclado, vendido o donado.

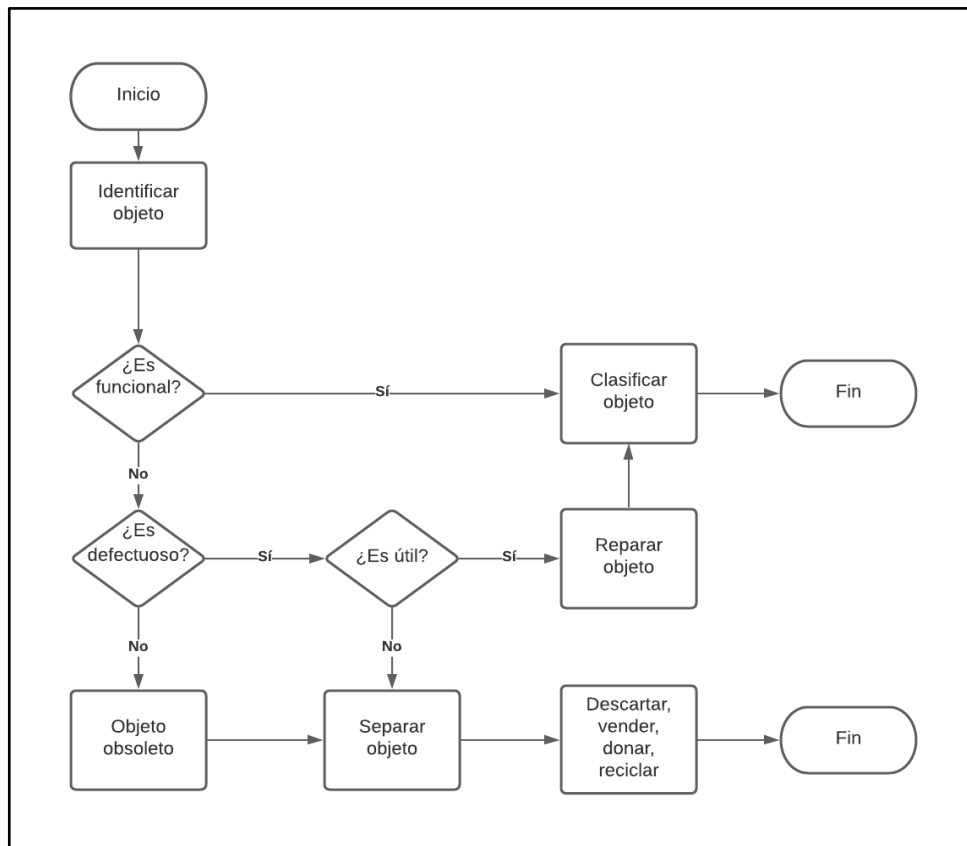


Figura 61: Flujograma de implementación de 5'S

Dentro de los objetos identificados como obsoletos se encontraron tubos de soldimix y plaquetas de plástico para untar el soldimix usadas, como se muestra en la Figura 62. Asimismo, se hallaron tubos de PVC y trapos de limpieza usados, como se observa en la Figura 63. Por último, se ubicaron cintas maskintape usada, un par de guantes de carnaza y una orejera desgastados, y documentos desactualizados, todos estos mostrados en la Figura 64.



Figura 62: Plaquetas para mezcla de soldimix identificadas



Figura 63: Tubos de PVC y trapos usados identificados

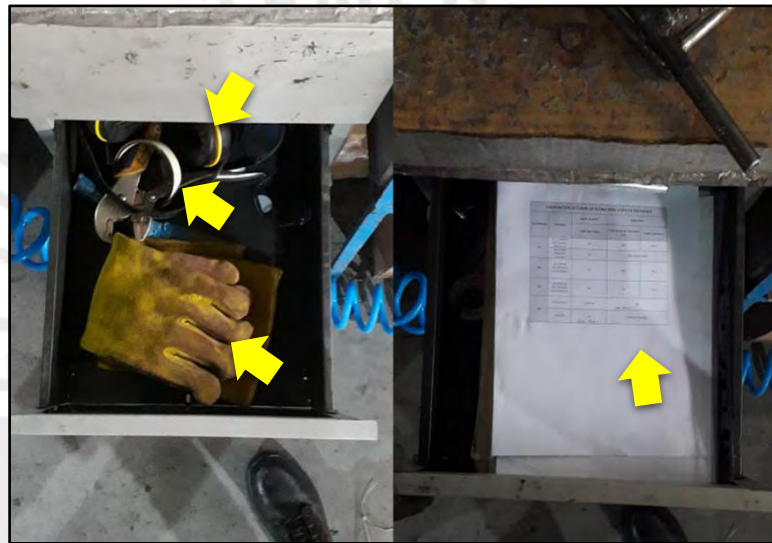


Figura 64: Objetos y documentos identificados

En la Tabla 16 se presenta a modo de resumen la lista de los objetos obsoletos y la decisión a tomar con ellos.

Una vez separados los objetos obsoletos se procede con la clasificación, la cual será en base a tres criterios: necesario, no pertenece al área e innecesario, para los cuales se plantea emplear tres tipos de tarjeta de diferentes colores: verde, amarillo y rojo, respectivamente, como las mostradas en las Figura 65; esto con el fin de diferenciarlas visualmente. Luego de colocar las tarjetas correspondientes a los objetos, se continúa con la siguiente fase de las 5'S: Seiton

Tabla 16: Decisión a tomar para objetos identificados

Objeto identificado	Decisión
Plaquetas de soldimix usadas	Descartar
Soldimix usados	Descartar
Tubo de PVC	Descartar
Trapo de limpieza usado	Descartar
Orejera desgastada	Descartar
Par de guantes de carnaza desgastados	Descartar
Cinta maskintape usada	Descartar
Documentos desactualizados	Reciclar

The figure shows three identification cards for objects and tools, each with a specific color and header:

- OBJETO NECESARIO (Green):** Includes fields for FECHA (date), NRO (number), and ÁREA (area). It has three checkboxes:  Materia prima,  Herramienta, and  Máquina.
- OBJETO QUE NO PERTENECE AL ÁREA (Yellow):** Includes fields for FECHA (date), NRO (number), and ÁREA (area). It has three checkboxes:  Materia prima,  Herramienta, and  Máquina.
- OBJETO INNECESARIO (Red):** Includes fields for FECHA (date), NRO (number), and ÁREA (area). It has three checkboxes:  Materia prima,  Herramienta, and  Máquina.

Figura 65: Tarjetas de identificación de objetos y herramientas

#### b) Seiton (Ordenar)

La segunda fase consiste en ordenar los objetos identificados con tarjetas bajo el principio “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. El criterio para colocar cada objeto en su lugar dependerá de su frecuencia de uso. Los objetos necesarios serán colocados en su lugar correspondiente, los que no pertenecen al área serán llevados al lugar que le pertenece y los objetos innecesarios serán descartados. Debido a que la realización de las operaciones, en el área de habilitado de tanques, no son fijas, se propone que los operarios usen cinturones porta herramientas como el mostrado en la Figura 66, en los que los operarios colocarán aquellas cuya frecuencia de uso es “Siempre”; esto les dará facilidad al momento de ejecutar su trabajo.



Figura 66: Cinturón porta herramienta

Para colocar las herramientas de frecuencia de uso “A veces” se proponen utilizar una caja de espuma con la silueta de cada herramienta, tal como se muestra en la Figura 67.



Figura 67: Propuesta de caja de herramientas de espuma

Por otro lado, el área cuenta con una cajonera de tres niveles; sin embargo, esta se encuentra muy sucia y los cajones no cierran por completo, por lo que se propone adquirir una como la mostrada en la Figura 68. Cada cajón será rotulado y se colocará de manera ordenada lo siguiente:

- Materiales: Soldimix, plaquetas de soldimix y cintas maskintape
- EPP's: Guantes Hyflex, tapones para oído y cinturón de seguridad
- Documentos: Formatos de colocación de tubos, instructivos.

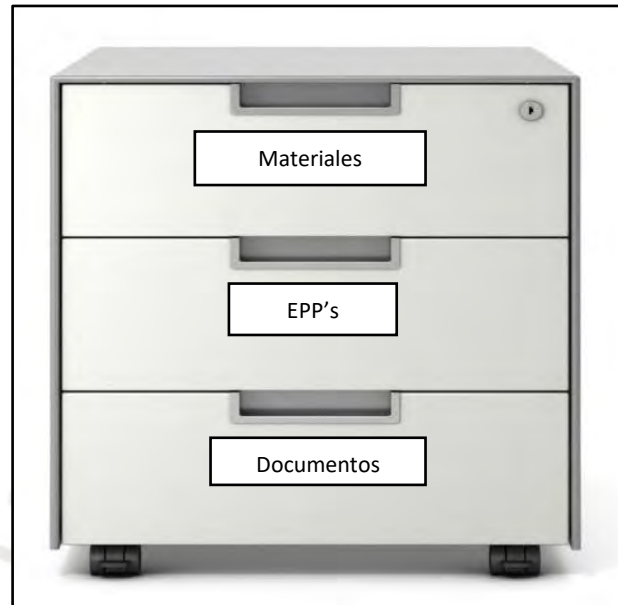


Figura 68: Propuesta de cajonera de tres niveles

Para colocar los tubos de acero y tubos curvos inoxidables, se plantean usar cajas de plástico de rejillas como la mostrada en la Figura 69. Estos serán distribuidos ordenadamente en el estante que se encuentra en el área, de esta manera ya no tendrán que usarse bolsas y cajas y tampoco tendrán que ser colocadas en el piso.



Figura 69: Propuesta de cajas de plástico de rejilla

Existen herramientas que por ser muy grandes no pueden ir en el organizador de espuma, para lo cual se propone usar un organizador de herramientas en la pared como el que aparece en la Figura 70. En dicho organizador se colocará una herramienta cuya frecuencia de uso es “Siempre” que es la pistola truper. Debido a que el organizador es fijo y la pistola debe ser usada frecuentemente, se propone ajustar un elástico a esta para que pueda ser llevada a cualquier lado. El elástico es como el mostrado en la Figura 71, el cual ya se implementa en la línea de ensamble para la pistola neumática. Por lo cual, una vez que la pistola truper deje de ser usada será colocada en el organizador.



Figura 70: Propuesta de organizador de herramientas en pared



Figura 71: Propuesta de elástico para pistola neumática

Para colocar la aspiradora se delimita un espacio del área y se rotula en la pared el nombre del objeto, tal como se observa en la Figura 72.



Figura 72: Zona delimitada para aspiradora

Para finalizar, se cuentan también con “carritos transportadores” de tanques, como los mostrados en la Figura 73. Estos, además de ser utilizados como medio de transporte para llevar los tanques desde el área de habilitados hasta la línea de ensamble, son usados también para que los operarios realicen la habilitación de tanques, por lo cual es importante que lo tengan cerca. Al no existir un lugar fijo en la misma área de habilitado, se propone utilizar un espacio cercano, al lado izquierdo del horno eléctrico, el cual servirá para guardarlos una vez termine de ser utilizado.



Figura 73: Carrito transportador de tanques

Debido a que también serán utilizados en el área de habilitado, se propone delimitar una zona en esta área donde se colocará el “carrito transportador” para su uso. Una vez terminado el turno de trabajo, se deben llevar estos a la zona delimitada mencionada anteriormente.

Luego de definir los lugares, cajoneras, estantes y demás contenedores para el área de habilitado de tanque, se procede a ordenar los elementos en sus respectivos lugares en base a la frecuencia de uso. En la Tabla 17 se presentan los objetos identificados, el color de tarjeta asignado, la frecuencia de uso y el lugar a ubicar.

Tabla 17: Propuesta de lugar de ubicación para objetos identificados

Objeto identificado	Color de tarjeta	Frecuencia de uso	Lugar
1 llave T		A veces	Organizador de herramientas
1 destornillador		-	-
1 dado		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 pistola neumática		Siempre	Organizador de herramientas
1 broca de 1/4		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 macho de 1 1/4		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 broca de 11.5 mm		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 aspiradora		Casi siempre	Zona marcada - Área de habilitado
1 martillo de goma		A veces	Caja organizadora de espuma
1 escobilla para aspiradora		A veces	Organizador de herramientas
3 resistencias		-	Área correspondiente
1 pinza para tubos		A veces	Caja organizadora de espuma
1 alicate universal		A veces	Caja organizadora de espuma
1 escofina media caña		A veces	Caja organizadora de espuma
1 lima plana para desgaste		A veces	Caja organizadora de espuma
1 martillo de uña		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 punzón para tubo		Siempre	Cinturón porta herramientas
1 lima redonda		A veces	Caja organizadora de espuma
1 mazo		A veces	Caja organizadora de espuma
Soldimix		Siempre	Cajonera – Primer cajón
Plaquetas de soldimix		A veces	Cajonera – Primer cajón
Tubos de acero inoxidable		Siempre	Cajas de plástico con rejilla
Tubos curvo de acero inoxidable		Siempre	Cajas de plástico con rejilla
1 cuchilla		-	-
Cintas maskintape		A veces	Cajonera – Primer cajón
Carrito transportador		Siempre	Zona marcada – Área habilitado

**c) Seiso (Limpieza)**

Con el área de trabajo en orden, se procede a realizar la fase Seiso. En esta se debe incentivar el hábito de limpieza en los operarios que les permita tener un ambiente de trabajo ordenado y limpio, eliminando las fuentes de suciedad y manteniendo todo en su lugar. Para cumplir con lo mencionado, es importante implementar un programa de control de limpieza del área mediante un formato en el cual se mencionen las actividades, los implementos a utilizar, la frecuencia, el día y el horario en el cual se realizarán dichas actividades. Asimismo, se debe asignar un responsable, quien marcará en el formato de control las actividades que realizó cada día de un mes. En la Figura 74 se muestra el formato propuesto para la limpieza del área de habilitado de tanques. Se debe realizar un seguimiento del formato de control de limpieza para verificar que las actividades se están cumpliendo de la manera indicada hasta que la limpieza se convierta un hábito y los operarios cumplan con sus actividades no por obligación sino por tener un ambiente de trabajo limpio y ordenado. Además, es importante hacerles saber qué es lo que se espera de ellos en esta fase y qué es lo que se debe alcanzar.

MES:		CONTROL DE LIMPIEZA DE HABILITADO DE TANQUES																														
COLOCAR UNA X EN LA ACTIVIDAD REALIZADA																																
N°	Actividades	Responsable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Limpieza de cajones	A																														
2	Limpieza externa de cajonera	A																														
3	Limpieza de herramientas de organizador de pared	A																														
4	Limpieza de herramientas de organizador de espuma	B																														
5	Limpieza de cajas de plástico	B																														
6	Limpieza externa de estante	B																														
7	Aspirar suciedad el piso	A																														
8	Barrido de piso	B																														
9	Desalojo de basura de tachos	A																														

N°	Actividades	Implemento	Frecuencia	Día	Horario inicio	Horario fin
1	Limpieza de cajones	Trapo, alcohol industrial	Semanal	Lunes	07:15 a.m.	07:30 a.m.
2	Limpieza externa de cajonera	Trapo, alcohol industrial	Semanal	Lunes	07:30 a.m.	07:35 a.m.
3	Limpieza de herramientas de organizador de pared	Trapo, desengrasante	Semanal	Miércoles	07:15 a.m.	07:30 a.m.
4	Limpieza de herramientas de organizador de espuma	Trapo, desengrasante	Semanal	Miércoles	07:15 a.m.	07:30 a.m.
5	Limpieza de cajas de plástico	Trapo, alcohol industrial	Semanal	Viernes	07:15 a.m.	07:30 a.m.
6	Limpieza externa de estante	Trapo, alcohol industrial	Semanal	Viernes	07:30 a.m.	07:35 a.m.
7	Aspirar suciedad el piso	Aspiradora	Diario	-	04:40 p.m.	04:50 p.m.
8	Barrido de piso	Escoba, recogedor	Diario	-	04:50 p.m.	04:55 p.m.
9	Desalojo de basura de tachos	-	Diario	-	04:55 p.m.	05:00 p.m.

Figura 74: Propuesta de formato de limpieza para área de habilitado de tanques

#### **d) Seiketsu (Estandarización)**

Después de implementar las primeras 3'S, es decir, la clasificación, el orden y la limpieza, la siguiente fase consiste en estandarizar lo logrado con el objetivo de fomentar la continuidad de las actividades. Para ello, se establecen lineamientos que garanticen la aplicación de las primeras 3'S:

- Seiri: Si bien se realizó la clasificación en base al estado del objeto, separando aquellos que son innecesarios, esto no asegura que no aparecerán más objetos que deban ser analizados. Para evitar una acumulación de estos, se debe continuar empleando el criterio de selección con el fin de evitar que elementos innecesarios ocupen lugares destinados solo a elementos necesarios.
- Seiton: es importante que se mantenga el orden en el área de trabajo para así evitar volver al estado anterior a la implementación de la metodología 5'S. A fin de ello, se debe asegurar que los estantes y los organizadores de herramientas se mantengan a la vista, y que cada elemento vaya en su lugar tal como se ha rotulado. Además, se debe seguir aplicando el criterio de frecuencia para ubicar a los objetos.
- Seison: las actividades, frecuencias y horarios de limpieza deben seguir cumpliéndose tal como se ha establecido; sin embargo, es importante que el tiempo de limpieza se reduzca luego de haberla convertido en un hábito. Para ello, se plantea utilizar indicadores de tiempo con el fin de medir el avance y estandarizar las actividades, en base al procedimiento que realizan los operarios, con el propósito de que se realicen en menor tiempo.

#### **e) Shitsuke (Autodisciplina)**

La última fase, como su nombre lo dice, consiste en autodisciplinar, lo cual se reduce en que los operarios sigan las reglas por convencimiento y no por obligación, con el objetivo de convertir en hábitos las actividades realizadas. Para ello, se proponen la aplicación de reuniones breves en las que se expongan los resultados alcanzados por medio de registros fotográficos (mostrando el antes y el después), los cuales deberán ser colocados en el mural principal. En dichas reuniones, se debe dar retroalimentación para así fomentar la mejora continua y corregir los errores. Asimismo, es importante que se realicen nuevas capacitaciones, las cuales serán de mayor entendimiento debido a que los conceptos y prácticas quedaron más claros luego de la aplicación.

## 4.2. Aplicación de Estudio de Tiempos y Balance de Línea

Como se mencionó en el capítulo de diagnóstico, el tiempo de ciclo de la línea de ensamble es de 2 minutos, es decir, cada 2 minutos sale una terma eléctrica terminada y este debe ser de 1.10 minutos como máximo, para así satisfacer las necesidades del cliente. Es por esta razón, que se propone aplicar una Balance de Línea utilizando el método heurístico de “Hegelson y Birnie”. Antes de explicar el método, es importante definir el tiempo estándar para cada actividad realizada en la línea, es por ello que se propone la aplicación de un Estudio de Tiempo. En primer lugar, se presentan las actividades realizadas actualmente en la línea de ensamble en la Tabla 18.

Tabla 18: Actividades realizadas en la línea de ensamble

Actividad	Descripción	Actividad	Descripción
A	Armar funda más tapa superior en plataforma	S	Colocar mezcla de detergente más agua en la válvula
B	Armar base de cartón más base de tecnopor	T	Inspeccionar hermeticidad
C	Colocar armado de funda y tapa superior sobre base de tecnopor	U	Injectar poliuretano a tanque
D	Colocar tanque dentro de funda	V	Realizar agujero en funda para colocar distanciador
E	Centrar tanque	W	Colocar distanciador y tapón de PVC
F	Colocar tapa inferior a la funda	X	Colocar termostato en tanque
G	Atornillar anclaje en la funda	Y	Conectar cable vulcanizado 3x16 con termostato
H	Colocar capuchón rojo y azul en niples	Z	Colocar sobretapa
I	Girar terma	A'	Atornillar sobretapa
J	Colocar válvula de seguridad	B'	Colocar cuatro etiquetas en funda
K	Ajustar válvula de seguridad	C'	Limpiar completamente la terma
L	Colocar cinta teflón sobre capuchones	D'	Colocar dos stickers y etiqueta "rating label"
M	Colocar termómetro en funda	E'	Colocar bolsa a terma
N	Colocar resistencia en tanque	F'	Colocar kit de instalación y manual sobre base de tecnopor
O	Ajustar resistencia	G'	Colocar caja a la terma
P	Colocado de capuchón negro	H'	Colocar etiqueta de código de barra y número de serie en caja
Q	Instalar manómetro en válvula	I'	Sellar caja con cinta adhesiva
R	Llenar aire a la válvula	J'	Colocar terma encajada en pallet

Una vez obtenidas las actividades, se procede a realizar una toma de tiempos utilizando una muestra de 30 lecturas. Dicha muestra permitirá hallar la cantidad exacta de ciclos a cronometrar por cada actividad. Considerando que se quiere lograr una confiabilidad de 95% y un error como máximo de 5%, se muestran en las Tabla 19 y Tabla 20 las cantidades de ciclos a cronometrar.

Tabla 19: Número de ciclos a cronometrar por actividad

Actividades	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
T1	9.72	6.62	10.68	32.18	4.67	10.77	12.21	6.95	3.62	4.97	6.97	5.90	8.29	12.78	17.98	7.44
T2	11.31	6.75	7.87	30.21	5.62	11.78	13.62	6.12	3.03	5.40	7.42	7.41	7.72	9.71	14.47	5.35
T3	11.16	7.91	9.54	33.73	5.37	13.64	8.26	6.01	3.25	5.21	8.02	7.20	8.16	8.53	17.98	7.81
T4	10.26	9.00	7.96	31.90	5.81	12.24	13.46	5.03	2.89	5.04	7.03	7.03	7.51	10.73	15.82	4.98
T5	9.07	7.56	7.60	34.93	5.22	11.30	10.77	5.09	3.10	5.54	6.44	6.57	7.21	11.41	17.74	6.46
T6	10.42	9.01	9.65	31.38	4.13	8.59	12.38	5.25	2.51	5.29	8.23	5.95	7.83	11.93	16.85	4.50
T7	11.94	7.34	8.93	35.68	5.67	12.22	12.76	5.30	3.08	5.27	8.82	7.67	8.20	11.66	14.42	7.09
T8	10.34	7.72	9.74	32.76	5.36	10.47	9.57	6.11	3.15	5.92	6.86	6.83	8.24	10.71	15.42	7.79
T9	10.53	9.50	8.05	29.64	5.05	13.27	9.43	5.19	2.96	5.42	6.83	4.74	8.39	12.07	16.02	6.67
T10	8.68	7.13	8.50	35.72	5.53	10.54	10.14	5.64	2.85	4.90	9.03	6.24	7.57	8.96	16.45	6.76
T11	9.21	6.47	9.14	35.49	5.16	8.52	9.51	6.02	2.98	4.73	6.85	5.57	7.90	12.68	17.29	4.70
T12	13.69	10.12	8.75	35.01	5.44	8.85	9.94	6.98	3.20	5.97	6.15	4.61	9.02	8.87	13.27	7.78
T13	8.92	5.23	8.87	31.22	5.08	11.34	8.88	6.79	3.07	5.81	5.41	5.30	7.79	9.92	16.25	7.08
T14	10.26	5.60	8.83	34.43	4.42	13.75	9.15	5.06	2.42	4.78	6.90	4.43	7.79	11.21	15.96	6.06
T15	10.02	9.71	7.68	33.62	3.95	8.94	9.52	5.42	2.66	4.49	5.57	6.01	8.73	9.47	16.53	5.87
T16	8.69	8.64	7.47	32.49	5.95	12.82	13.62	5.37	2.57	4.45	8.93	6.14	7.37	8.78	17.47	5.71
T17	9.61	9.15	6.02	34.63	5.38	8.46	8.79	4.53	2.78	5.69	8.94	6.29	8.28	11.04	13.31	5.22
T18	9.97	6.53	11.16	35.38	4.81	9.32	10.65	5.74	2.76	4.82	8.11	7.26	9.40	8.84	16.84	5.15
T19	10.35	9.56	7.89	34.71	5.45	11.53	11.84	6.22	3.25	4.69	6.99	7.33	7.85	8.81	14.52	6.57
T20	11.61	9.06	8.76	29.49	5.75	8.61	10.22	6.35	3.45	5.12	9.06	5.50	8.04	12.45	14.48	5.36
T21	10.71	7.90	8.71	32.67	5.15	8.75	11.07	5.57	2.53	5.55	6.93	6.77	7.21	9.50	17.79	6.18
T22	12.38	7.53	10.17	37.57	7.00	12.13	9.80	6.06	3.26	4.43	5.54	6.26	7.71	10.35	14.48	5.43
T23	11.21	7.08	8.88	37.52	4.32	12.77	10.20	5.74	3.14	4.57	7.05	6.04	7.66	11.12	13.92	5.34
T24	9.68	9.00	8.90	30.87	4.99	9.23	9.67	5.64	2.68	5.30	7.70	5.73	11.02	9.63	14.11	6.77
T25	9.04	9.32	6.08	30.97	5.99	9.27	11.30	6.61	2.79	4.91	8.78	4.96	8.89	9.45	13.73	7.64
T26	10.65	10.00	7.75	31.91	5.26	13.25	8.43	5.69	2.70	4.34	6.18	5.68	8.63	11.60	14.97	5.24
T27	12.97	9.98	7.79	32.38	4.06	13.96	9.95	5.77	3.01	4.52	7.58	7.68	8.71	8.40	14.03	7.04
T28	10.75	7.56	10.34	30.07	5.64	9.95	10.80	6.83	2.84	5.14	9.13	5.87	8.46	9.61	14.49	4.85
T29	9.90	7.88	11.24	33.04	5.52	12.09	9.68	5.65	2.95	5.44	8.18	6.09	8.04	8.35	15.98	5.28
T30	11.69	8.03	8.67	38.63	4.27	12.72	13.24	5.84	3.52	4.74	7.90	5.36	9.71	11.52	17.03	6.76
Promedio (X)	10.49	8.10	8.72	33.34	5.20	11.04	10.63	5.82	2.97	5.08	7.45	6.15	8.24	10.34	15.65	6.16
Desv. Estandar	1.24	1.33	1.26	2.43	0.67	1.84	1.59	0.61	0.30	0.46	1.12	0.90	0.80	1.38	1.49	1.02
Estadístico t	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Error	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N° de lecturas	21.32	41.65	32.20	8.13	25.25	42.68	34.31	17.05	15.81	12.81	34.61	32.61	14.52	27.46	13.91	42.20
N° de lecturas redondeado	22	42	33	9	26	43	35	18	16	13	35	33	15	28	14	43

Tabla 20: Número de ciclos a cronometrar por actividad

Actividades	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'	H'	I'	J'
T1	10.97	14.74	10.33	9.15	8.65	5.37	6.85	22.54	22.42	15.93	10.04	8.11	13.01	9.43	6.29	7.47	9.58	6.05	8.84	5.52
T2	13.64	15.14	10.65	14.53	9.86	5.85	5.43	23.38	20.50	16.95	9.61	11.91	12.35	7.29	6.31	5.19	8.13	8.46	8.28	5.83
T3	14.20	15.71	11.26	9.45	10.64	6.16	5.27	18.25	15.04	12.59	12.85	11.91	9.18	8.47	6.89	6.76	8.38	5.21	8.07	8.43
T4	13.23	14.75	12.45	12.63	8.29	8.06	5.53	19.98	22.39	12.67	10.20	9.49	9.92	6.33	6.76	5.32	8.69	5.91	6.79	5.24
T5	11.39	16.71	10.47	10.73	8.52	5.50	8.85	23.41	15.60	14.32	11.99	10.20	14.52	8.80	5.59	6.25	10.54	6.71	7.94	6.35
T6	12.63	17.57	12.70	12.46	11.55	5.71	5.42	21.01	20.80	15.07	12.74	10.27	12.42	6.55	7.71	7.74	8.74	5.45	6.24	6.10
T7	14.72	15.95	8.57	12.66	9.43	5.72	8.11	16.73	19.16	12.15	12.65	11.20	13.35	6.69	5.83	7.25	9.18	6.89	6.72	7.28
T8	13.19	15.55	8.45	10.45	8.21	7.35	6.35	24.06	22.54	16.81	14.77	9.61	10.30	6.85	6.63	5.52	9.34	7.16	9.27	7.33
T9	15.90	17.58	11.30	10.14	7.27	8.51	8.29	19.22	15.51	14.72	9.58	11.83	14.74	7.41	5.17	5.92	12.74	6.92	5.50	8.10
T10	14.36	16.30	11.66	10.27	9.08	6.13	7.25	16.71	16.21	13.23	8.29	11.63	10.87	6.96	5.17	7.76	9.81	7.35	7.47	7.53
T11	10.58	15.63	9.32	9.79	8.06	7.08	7.98	16.49	22.17	13.83	8.67	8.21	9.89	6.43	5.28	7.91	7.91	7.75	6.32	5.31
T12	10.69	16.18	8.93	13.26	10.96	6.11	5.49	20.68	19.73	14.66	9.96	9.17	13.06	7.18	6.53	6.04	9.41	6.31	6.57	5.52
T13	10.54	17.10	8.03	12.34	8.61	8.21	5.67	20.99	18.82	13.26	11.45	8.52	10.79	9.95	7.80	6.22	9.98	5.25	7.36	5.87
T14	15.32	17.69	9.09	11.14	10.26	7.72	5.46	22.52	19.87	13.63	9.70	10.07	13.64	9.66	6.14	7.82	8.94	7.96	6.77	5.01
T15	13.21	15.20	11.82	11.31	7.90	5.12	8.58	19.27	18.87	12.37	11.59	10.92	11.09	9.00	5.22	4.98	9.43	6.24	8.15	5.94
T16	14.34	15.15	8.24	9.06	7.41	7.36	6.53	16.72	16.89	15.95	10.02	10.41	14.34	7.32	7.97	6.80	9.79	5.29	7.94	6.49
T17	13.77	16.10	9.71	12.58	10.22	6.98	8.38	17.52	16.32	13.82	11.47	11.77	10.70	8.45	6.02	4.55	9.28	5.94	7.05	8.10
T18	12.18	14.29	6.64	14.74	10.45	7.65	7.73	20.06	18.21	12.96	8.10	10.30	9.59	7.08	6.16	7.59	10.36	6.96	7.78	5.67
T19	14.35	14.71	11.08	11.10	10.71	7.50	8.10	19.72	20.15	16.44	11.36	9.33	12.15	8.32	6.61	4.51	10.14	7.25	5.78	5.92
T20	12.96	16.12	8.45	13.42	11.55	6.40	6.81	19.65	21.27	13.28	11.29	8.60	14.95	6.64	6.28	7.14	9.25	7.12	6.55	6.74
T21	13.07	17.12	8.51	11.69	9.65	5.66	8.42	22.67	16.43	12.94	9.30	7.88	9.78	6.91	7.70	6.66	9.25	6.84	7.84	6.72
T22	11.58	14.22	8.89	9.82	9.91	8.12	8.00	16.74	18.30	13.57	12.85	7.82	9.85	9.02	7.05	5.41	10.47	7.67	7.65	5.80
T23	12.87	15.47	8.20	14.63	9.17	5.73	5.33	24.42	16.34	12.76	10.92	8.22	14.15	6.79	8.97	6.92	9.56	6.54	9.44	6.80
T24	15.84	15.22	11.17	11.26	10.22	7.66	6.25	18.68	15.04	12.97	8.14	7.36	11.08	7.96	6.51	6.22	10.71	5.49	6.48	7.78
T25	12.32	18.70	11.99	13.76	11.18	7.27	7.15	23.39	17.48	15.72	11.25	8.38	11.14	9.91	6.31	7.42	8.21	6.50	5.59	6.94
T26	13.82	15.59	9.14	12.32	7.67	5.34	7.95	17.51	17.32	13.41	10.18	11.38	12.44	9.61	7.94	7.25	11.85	6.59	8.31	6.76
T27	13.51	15.92	9.42	11.90	11.40	5.72	8.06	22.19	16.50	15.00	12.51	10.87	14.28	7.35	9.12	5.21	9.41	9.13	7.91	5.89
T28	15.34	16.14	8.44	14.39	8.62	7.56	8.36	23.71	21.56	13.10	14.43	9.28	11.12	9.85	7.85	5.72	8.27	5.51	8.01	5.57
T29	13.14	17.82	8.35	10.59	10.60	8.04	8.72	17.01	16.06	14.26	8.19	11.30	13.52	7.94	9.12	7.31	8.95	7.51	7.50	5.19
T30	11.88	18.85	8.57	14.58	11.59	6.50	7.76	23.23	16.13	13.83	8.60	8.15	14.28	6.05	7.29	7.52	11.70	7.76	6.29	6.01
Promedio (X)	13.18	16.11	9.73	11.87	9.59	6.74	7.14	20.28	18.45	14.07	10.76	9.80	12.08	7.87	6.81	6.48	9.60	6.72	7.35	6.39
Desv. Estanda	1.52	1.23	1.56	1.75	1.34	1.04	1.23	2.64	2.45	1.36	1.83	1.45	1.81	1.23	1.14	1.05	1.12	0.99	1.03	0.95
Estadístico t	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Error	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
N° de lecturas	20.36	8.95	39.35	33.48	29.92	36.34	45.75	26.05	27.12	14.45	44.39	33.48	34.45	37.64	42.77	40.11	21.06	33.40	30.20	33.91
N° de lecturas redondeado	21	9	40	34	30	37	46	27	28	15	45	34	35	38	43	41	22	34	31	34

Con las cantidades de ciclos a cronometrar, se vuelven a tomar los tiempos según la cantidad de veces determinadas, obteniendo así el tiempo observado por actividad. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21: Tiempo observado por actividad en línea de ensamble

Actividad	T. Observado (segundos)	Actividad	T. Observado (segundos)
A	9.55	S	10.65
B	8.26	T	11.91
C	9.04	U	10.04
D	31.75	V	7.3
E	6.07	W	10.01
F	11.22	X	20.61
G	10.67	Y	19.21
H	6.19	Z	14.93
I	3.82	A'	11.86
J	5.11	B'	9.51
K	8.02	C'	12.88
L	6.77	D'	8.34
M	9.4	E'	6.91
N	11.2	F'	6.25
O	17.01	G'	10.22
P	6.44	H'	7.44
Q	13.37	I'	7.6
R	16.3	J'	6.49

Luego de haber establecido los tiempos observados, se realiza la valoración de cada actividad realizada. La mayor parte de ellas cumplen con una valoración de 100%, esto debido a que los operarios cuentan con varios años de experiencia y trabajan a un ritmo normal. Solo algunas de las actividades se valoran con el 95% debido a que el operario encargado de realizar esa actividad con poco tiempo de experiencia. Los resultados del tiempo normal se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22: Tiempo Normal por actividad de la línea de ensamble

Actividad	T. Observado (segundos)	Valoración	T. Normal (segundos)	Actividad	T. Observado (segundos)	Valoración	T. Normal (segundos)
A	9.55	100%	9.55	S	10.65	95%	10.12
B	8.26	100%	8.26	T	11.91	95%	11.32
C	9.04	100%	9.04	U	10.04	100%	10.04
D	31.75	95%	30.17	V	7.3	100%	7.3
E	6.07	100%	6.07	W	10.01	100%	10.01
F	11.22	100%	11.22	X	20.61	100%	20.61
G	10.67	100%	10.67	Y	19.21	100%	19.21
H	6.19	100%	6.19	Z	14.93	100%	14.93
I	3.82	100%	3.82	A'	11.86	100%	11.86
J	5.11	95%	4.86	B'	9.51	100%	9.51
K	8.02	95%	7.62	C'	12.88	95%	12.24
L	6.77	95%	6.44	D'	8.34	95%	7.93
M	9.4	95%	8.93	E'	6.91	95%	6.57
N	11.2	95%	10.64	F'	6.25	100%	6.25
O	17.01	95%	16.16	G'	10.22	100%	10.22
P	6.44	95%	6.12	H'	7.44	100%	7.44
Q	13.37	95%	12.71	I'	7.6	100%	7.6
R	16.3	95%	15.49	J'	6.49	100%	6.49

Después de establecer los tiempos normales, se realiza el cálculo de los suplementarios. Estos están relacionados con las necesidades personales, cuyo porcentaje es de 5%; las fatigas, las cuales se dividen en esfuerzo mental, esfuerzo físico y monotonía. El valor del porcentaje obtenido para estas se escogió según las clasificaciones mostradas en el ANEXO 7, 8 y 9. El último suplemento a considerar es el de interrupciones inevitables. Este se calcula a partir de las actividades que deben cumplirse sin restricciones. El cálculo de este tipo de suplemento para todas las actividades es el mismo, a excepción de la actividad U, donde se considera además la nivelación de la máquina de poliuretano. En la Tabla 23 se presentan los suplementos por interrupciones inevitables. El cálculo de los suplementos totales por cada actividad se muestra en la Tabla 24.

Tabla 23: Cálculo de suplementos por interrupciones inevitables

<b>ACTIVIDADES MENOS "U"</b>		
Pausas activas	10	min
Limpieza	5	min
Total	15	min
Jornada laboral	540	min
<b>% Interrupciones inevitables</b>	<b>2.78%</b>	
<b>ACTIVIDAD U</b>		
Pausas activas	10	min
Limpieza	5	min
Nivelación de máquina poliuretano	15	min
Total	30	min
Jornada laboral	540	min
<b>% Suplementos</b>	<b>5.56%</b>	

Tabla 24: Porcentaje de suplementos obtenido por actividad

<b>Suplementos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>
Necesidades personales	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Esfuerzo mental	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
Esfuerzo físico	1.30%	1.30%	1.30%	3.60%	3.60%	3.60%	1.30%	1.30%	5.40%	1.30%	3.60%	1.30%	1.30%	1.30%	3.60%	1.30%	3.60%	1.30%
Monotonía	5.40%	5.40%	5.40%	2.10%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	3.60%
Interrupciones Inevitables	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%
<b>% Suplementos</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>14%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>19%</b>	<b>15%</b>	<b>17%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>17%</b>	<b>15%</b>	<b>17%</b>	<b>13%</b>
<b>Suplementos</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>A'</b>	<b>B'</b>	<b>C'</b>	<b>D'</b>	<b>E'</b>	<b>F'</b>	<b>G'</b>	<b>H'</b>	<b>I'</b>	<b>J'</b>
Necesidades personales	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Esfuerzo mental	0.60%	0.60%	1.80%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
Esfuerzo físico	1.30%	1.30%	3.60%	3.60%	3.60%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	3.60%	1.30%	1.30%	7.10%
Monotonía	5.40%	5.40%	3.60%	5.40%	5.40%	3.60%	5.40%	5.40%	5.40%	3.60%	3.60%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%	5.40%
Interrupciones inevitables	2.78%	2.78%	5.56%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%	2.78%
<b>% Suplementos</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>13%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>17%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>21%</b>

Por último, con los tiempos normales y los suplementos calculados, se obtiene el tiempo estándar para cada actividad realizada en la línea de ensamble. Los resultados se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25: Tiempos estándares por actividad de la línea de ensamble

Actividad	T. Estándar (segundos)	Actividad	T. Estándar (segundos)
A	10.99	S	11.65
B	9.51	T	13.03
C	10.41	U	12.01
D	34.42	V	8.57
E	7.13	W	11.75
F	13.17	X	23.35
G	12.28	Y	22.11
H	7.13	Z	17.19
I	4.56	A'	13.65
J	5.6	B'	10.78
K	8.95	C'	13.87
L	7.42	D'	9.13
M	10.28	E'	7.57
N	12.25	F'	7.2
O	18.97	G'	12
P	7.05	H'	8.57
Q	14.92	I'	8.75
R	17.55	J'	7.85

Una vez establecidos los tiempos estándares por actividad, se procede a aplicar el método heurístico de “Hegelson y Birnie”. El método consiste en asignarle un peso a cada una de las actividades. Dicho peso es la resultante de la suma del tiempo estándar de la propia actividad y las actividades que la siguen. El primer paso consiste en la descomposición de las tareas. El segundo paso consiste en determinar el tiempo de ciclo que debe cumplir la línea. Este cálculo resultó de ser de 66 segundos o lo que es equivalente a 1.1 minutos. El tercer paso consiste en calcular el mínimo teórico de estaciones de trabajo necesarias de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ de estaciones} = \frac{\sum \text{Tiempo de ejecución de actividades}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

El tiempo total de ejecución de actividades resultó de 431.62 segundos. Realizando la división se obtiene que el número de estaciones teóricas debe ser 7. El cuarto paso consiste en asignar las tareas a las estaciones de trabajo, tratando de minimizar el tiempo improductivo. La asignación de la actividad debe cumplir las siguientes condiciones:

- No debe haber sido asignada a ninguna estación.
- Todas las actividades precedentes deben haberse asignado a la misma estación o una estación previa.
- La suma de los tiempos estándares de todas las actividades que pertenecen a una estación no pueden superar el tiempo de ciclo.
- De las actividades que cumplan las restricciones anteriores, se selecciona la que tenga mayor peso.

En la Tabla 26, se muestran el peso de cada actividad y la precedencia correspondiente.

Tabla 26: Pesos de actividades y precedencia

Actividad	Peso	T. Estándar (segundos)	Precedencia	Actividad	Peso	T. Estándar (segundos)	Precedencia
A	422.11	10.99	-	U	174.03	12.01	T
B	420.63	9.51	-	W	173.77	11.75	V
C	411.12	10.41	A,B	X	162.02	23.35	O,W
D	400.71	34.42	C	Y	138.67	22.11	X
E	354.01	7.13	D	Z	116.56	17.19	Y
F	346.88	13.17	E	A'	99.37	13.65	Z
H	333.71	7.13	F	L	89.41	7.42	H
J	245.73	5.6	I	G	87.22	12.28	D
K	240.13	8.95	J	B'	85.72	10.78	A'
Q	231.18	14.92	K	P	81.99	7.05	L
R	216.26	17.55	Q	C'	74.94	13.87	B',G,P
S	198.71	11.65	R	D'	61.07	9.13	C'
N	193.24	12.25	I	E'	51.94	7.57	D'
M	192.62	10.28	I	F'	44.37	7.2	E'
I	192.42	4.56	H	G'	37.17	12	F'
T	187.06	13.03	S	H'	25.17	8.57	G'
V	182.34	8.57	M	I'	16.6	8.75	H'
O	180.99	18.97	N	J'	7.85	7.85	I'

Luego de efectuar los pasos mencionados, se obtuvieron 7 estaciones de trabajo asignados como se presentan en la Tabla 27. El cálculo de la eficiencia resultante para este balance fue de 92%.

Tabla 27: Distribución de estaciones propuestas y tiempos improductivos

		Tiempo empleado por estación (segundos)	Tiempo de ciclo (segundos)	Tiempo improductivo(segundos)
<b>ESTACION I</b>	A,B,C,D	65.33	66	0.67
<b>ESTACION II</b>	E,F,H,J,K,Q,I	61.46	66	4.54
<b>ESTACION III</b>	R,S,N,M,T	64.76	66	1.24
<b>ESTACION IV</b>	V,O,U,W	51.3	66	14.7
<b>ESTACION V</b>	X,Y,Z	62.65	66	3.35
<b>ESTACION VI</b>	A',L,G,B',P,C'	65.05	66	0.95
<b>ESTACION VII</b>	D',E',F',G',H',I',J'	61.07	66	4.93
<b>Total tiempo improductivo</b>				<b>30.38</b>

Asimismo, a modo de comparación, en la Tabla 28 se presentan las estaciones distribuidas sin aplicar el balance de línea. La eficiencia de línea de ensamble sin aplicar balance resultó ser 58.40%.

Tabla 28: Distribución de estaciones actual y tiempos improductivos

		Tiempo empleado por estación (segundos)	Tiempo de ciclo (segundos)	Tiempo improductivo (segundos)
<b>ESTACION I</b>	A,B,C,D,	65.33	66	0.67
<b>ESTACION II</b>	E,F,G,H,I	45.31	66	20.69
<b>ESTACION III</b>	J,K,L	29.47	66	36.53
<b>ESTACION IV</b>	M,N,O,P	48.55	66	17.45
<b>ESTACION V</b>	Q,R,S,T	57.15	66	8.85
<b>ESTACION VI</b>	U,V,W	32.33	66	33.67
<b>ESTACION VII</b>	X,Y,Z	62.65	66	3.35
<b>ESTACION VIII</b>	A',B',C'	38.3	66	27.7
<b>ESTACION IX</b>	D',E',F'	23.9	66	42.1
<b>ESTACION X</b>	G',H'	20.57	66	45.43
<b>ESTACION XI</b>	I',J'	16.6	66	49.4
<b>Tiempo total improductivo</b>				<b>285.84</b>

Se puede observar que, si bien aún existen tiempos muertos en la línea de ensamble, estos han sido reducidos en un 89%, mientras que la eficiencia ha sido aumentada en un 33.37%. Se propone que el tiempo improductivo de la estación IV, que resultó ser el más alto, sea empleado en verificar de manera rápida la pistola de inyección de la máquina de poliuretano, es decir, comprobar que no haya indicios de obstrucciones. Asimismo, el tiempo improductivo de las otras actividades puede ser usado en realizar inspecciones rápidas de los componentes que han sido colocados.

### 4.3. Implementación de SMED

La implementación de la herramienta SMED tiene como objetivo reducir los tiempos de cambio de formato del soporte o *set up* para tanques de la máquina soldadora circunferencial del área de conformado de tanques. Como se explicó anteriormente, para el modelo “Evolución” se cuentan con capacidades de 20, 50, 80 y 110 L. Dichas capacidades se producen todos los meses en ese modelo según la secuencia establecida por el plan de producción del mes correspondiente. Según el plan, un día se deben realizar tanques de 50L para luego pasar a producir tanques de 20L, es ahí donde se requiere obligatoriamente que

haya un cambio en el soporte de la máquina soldadora, ya que el tanque de 20L al ser de menor capacidad no requiere una base de soporte completa, por lo cual debe modificarse. Dicha modificación es la que más tiempo utiliza en el proceso de conformado de tanques y es por esa razón que se necesita reducirlo a través de la aplicación de la herramienta SMED. Los pasos que se siguen para la aplicación de esta herramienta son los siguientes:

- a) Preparación previa: Antes de realizar la aplicación como tal, se deben capacitar a los integrantes sobre qué concierne la herramienta SMED y los beneficios que trae consigo. A partir de ello, se realiza la investigación de la máquina en estudio para conocer su funcionamiento a detalle: qué partes componen una soldadora circunferencial, qué herramientas se utilizan en el proceso y como se realiza el *set up* de la máquina cuando se requiere cambiar de capacidad de tanque según lo establecido por el plan de producción.
- b) Levantamiento de información actual: Luego de haber conocido más a detalle el proceso de soldado circunferencial, un encargado asignado realiza el levantamiento de información de las actividades que forman parte del cambio de formato de la máquina soldadora. Para ello, se deben observar atentamente las actividades que ejecuta el operario, desde que suelda el último tanque del lote de 50L hasta que empieza a soldar el primer tanque del lote de 20L, y tomará el tiempo de duración de cada una de ellas. El resultado mostrado de este paso se muestra en la Tabla 29.
- c) Separar las actividades internas de las externas: Después de tener identificadas las actividades y contar con el dato de los tiempos de duración de cada una de ellas, se procede a elaborar un análisis que permita separar aquellas actividades que se realizan con máquina parada, es decir, las internas, de las actividades que se realizan con máquina en funcionamiento, es decir, las externas. Los resultados se muestran en la Tabla 30.
- d) Reducción del tiempo de las actividades internas: Para finalizar la aplicación, se deben proponer acciones que reduzcan los tiempos de las actividades internas, por lo que es importante realizar una clasificación de las actividades en base a lo que involucran. Estas pueden ser del tipo de Cambio, Transporte, Tiempo de Espera, Alineación u Otros. El resultado de la clasificación se muestra en la Tabla 31.

Tabla 29: Duración de actividades identificadas en el cambio de formato de soldadora circunferencial

N°	Actividad	Tiempo de inicio	Tiempo de fin	Duración
1	Realizar apagado de antorcha de soldadora	0:00:00	0:00:09	0:00:09
2	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0:00:09	0:00:16	0:00:07
3	Retirar tanque del último lote de 20 L	0:00:16	0:00:27	0:00:11
4	Dejar caer tanque por rampa	0:00:27	0:00:29	0:00:02
5	Realizar limpieza de toberas y boquillas	0:00:29	0:00:45	0:00:16
6	Sacar guantes de soldador	0:00:45	0:00:52	0:00:07
7	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0:00:52	0:01:00	0:00:08
8	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	0:01:00	0:01:36	0:00:36
9	Buscar herramientas	0:01:36	0:01:51	0:00:15
10	Caminar hacia soldadora circunferencial	0:01:51	0:02:29	0:00:38
11	Colocar caja de herramientas en el piso	0:02:29	0:02:32	0:00:03
12	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	0:02:32	0:03:04	0:00:32
13	Buscar base, base de cojinete de apoyo y cojinete de apoyo (chumacera)	0:03:04	0:03:51	0:00:47
14	Caminar hacia soldadora circunferencial	0:03:51	0:04:26	0:00:35
15	Limpiar bases y cojinete	0:04:26	0:07:27	0:03:01
16	Colocar base sobre superficie	0:07:27	0:07:39	0:00:12
17	Alinear base	0:07:39	0:08:05	0:00:26
18	Coger pernos	0:08:05	0:08:12	0:00:07
19	Colocar cuatro pernos sobre agujeros de superficie	0:08:12	0:08:40	0:00:28
20	Buscar llave combinada de 3/4	0:08:40	0:08:48	0:00:08
21	Ajustar cuatro pernos con llave combinada de 3/4	0:08:48	0:09:39	0:00:51
22	Dejar llave combinada de 3/4	0:09:39	0:09:45	0:00:06
23	Colocar base de cojin de apoyo 1 sobre base	0:09:45	0:09:56	0:00:11
24	Alinear base de cojin de apoyo 1	0:09:56	0:10:06	0:00:10
25	Coger pernos	0:10:06	0:10:12	0:00:06
26	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 1	0:10:12	0:10:36	0:00:24
27	Buscar llave combinada de 3/4	0:10:36	0:10:44	0:00:08
28	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 1 con llave combinada de 3/4	0:10:44	0:11:37	0:00:53
29	Dejar llave combinada de 3/4	0:11:37	0:11:43	0:00:06
30	Colocar base de cojin de apoyo 2 sobre base	0:11:43	0:11:56	0:00:13
31	Alinear base de cojin de apoyo 2	0:11:56	0:12:15	0:00:19
32	Coger pernos	0:12:15	0:12:20	0:00:05
33	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 2	0:12:20	0:12:37	0:00:17
34	Buscar llave combinada de 3/4	0:12:37	0:12:40	0:00:03
35	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 2 con llave combinada de 3/4	0:12:40	0:13:38	0:00:58
36	Dejar llave combinada de 3/4	0:13:38	0:13:41	0:00:03
37	Colocar cojinete de apoyo 1 sobre base de cojin de apoyo 1	0:13:41	0:13:50	0:00:09
38	Coger pernos	0:13:50	0:13:53	0:00:03
39	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0:13:53	0:14:00	0:00:07
40	Buscar llave combinada de 3/4	0:14:00	0:14:08	0:00:08
41	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0:14:08	0:15:03	0:00:55
42	Dejar llave combinada de 3/4	0:15:03	0:15:06	0:00:03
43	Colocar cojinete de apoyo 2 sobre base de cojin de apoyo 1	0:15:06	0:15:18	0:00:12
44	Coger pernos	0:15:18	0:15:22	0:00:04
45	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0:15:22	0:15:33	0:00:11
46	Buscar llave combinada de 3/4	0:15:33	0:15:38	0:00:05
47	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0:15:38	0:16:32	0:00:54
48	Dejar llave combinada de 3/4	0:16:32	0:16:36	0:00:04
49	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0:16:36	0:16:45	0:00:09
50	Colocarse guantes de soldador	0:16:45	0:16:56	0:00:11
51	Colocar tanque de 50 L sobre superficie armada	0:16:56	0:17:14	0:00:18
52	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0:17:14	0:17:22	0:00:08
53	Realizar encendido de antorcha de soldadora	0:17:22	0:17:30	0:00:08
54	Trasladar antorcha de soldadora a altura del tanque	0:17:30	0:17:37	0:00:07

Tabla 30: Identificación de actividades externas e internas en soldadora circunferencial

N°	Actividad	Interno	Externo
1	Realizar apagado de antorcha de soldadora		X
2	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	X	
3	Retirar tanque del último lote de 20 L	X	
4	Dejar caer tanque por rampa	X	
5	Realizar limpieza de toberas y boquillas	X	
6	Sacar guantes de soldador	X	
7	Buscar trapo industrial para limpiar manos	X	
8	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	X	
9	Buscar herramientas	X	
10	Caminar hacia soldadora circunferencial	X	
11	Colocar caja de herramientas en el piso	X	
12	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	X	
13	Buscar base, base de cojinete de apoyo y cojinete de apoyo (chumacera)	X	
14	Caminar hacia soldadora circunferencial	X	
15	Limpiar bases y cojinete	X	
16	Colocar base sobre superficie	X	
17	Alinear base	X	
18	Coger pernos	X	
19	Colocar cuatro pernos sobre agujeros de superficie	X	
20	Buscar llave combinada de 3/4	X	
21	Ajustar cuatro pernos con llave combinada de 3/4	X	
22	Dejar llave combinada de 3/4	X	
23	Colocar base de cojin de apoyo 1 sobre base	X	
24	Alinear base de cojin de apoyo 1	X	
25	Coger pernos	X	
26	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 1	X	
27	Buscar llave combinada de 3/4	X	
28	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 1 con llave combinada de 3/4	X	
29	Dejar llave combinada de 3/4	X	
30	Colocar base de cojin de apoyo 2 sobre base	X	
31	Alinear base de cojin de apoyo 2	X	
32	Coger pernos	X	
33	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 2	X	
34	Buscar llave combinada de 3/4	X	
35	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 2 con llave combinada de 3/4	X	
36	Dejar llave combinada de 3/4	X	
37	Colocar cojinete de apoyo 1 sobre base de cojin de apoyo 1	X	
38	Coger pernos	X	
39	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	X	
40	Buscar llave combinada de 3/4	X	
41	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	X	
42	Dejar llave combinada de 3/4	X	
43	Colocar cojinete de apoyo 2 sobre base de cojin de apoyo 1	X	
44	Coger pernos	X	
45	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	X	
46	Buscar llave combinada de 3/4	X	
47	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	X	
48	Dejar llave combinada de 3/4	X	
49	Buscar trapo industrial para limpiar manos	X	
50	Colocarse guantes de soldador	X	
51	Colocar tanque de 50 L sobre superficie armada	X	
52	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	X	
53	Realizar encendido de antorcha de soldadora	X	
54	Trasladar antorcha de soldadora a altura del tanque		X

Tabla 31: Duración de actividades (en minutos) por tipo de clasificación

N°	Actividad	Duración	Cambio	Transporte	Tiempo de espera	Alineación	Otros
1	Realizar apagado de antorcha de soldadora	0.15					
2	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0.12	0.12				
3	Retirar tanque del último lote de 20 L	0.18	0.18				
4	Dejar caer tanque por rampa	0.03					0.03
5	Realizar limpieza de toberas y boquillas	0.27	0.27				
6	Sacar guantes de soldador	0.12	0.12				
7	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0.13					0.13
8	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	0.60		0.60			
9	Buscar herramientas	0.25		0.25			
10	Caminar hacia soldadora circunferencial	0.63		0.63			
11	Colocar caja de herramientas en el piso	0.05		0.05			
12	Caminar hacia lugar donde se ubican las herramientas	0.53		0.53			
13	Buscar base, base de cojinete de apoyo y cojinete de apoyo (chumacera)	0.75		0.75			
14	Caminar hacia soldadora circunferencial	0.58		0.58			
15	Limpiar bases y cojinete	3.02	3.02				
16	Colocar base sobre superficie	0.20	0.20				
17	Alinear base	0.43	0.43				
18	Coger pernos	0.12	0.12				
19	Colocar cuatro pernos sobre agujeros de superficie	0.47	0.47				
20	Buscar llave combinada de 3/4	0.13		0.13			
21	Ajustar cuatro pernos con llave combinada de 3/4	0.85	0.85				
22	Dejar llave combinada de 3/4	0.10	0.10				
23	Colocar base de cojin de apoyo 1 sobre base	0.18	0.18				
24	Alinear base de cojin de apoyo 1	0.17	0.17				
25	Coger pernos	0.10	0.10				
26	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 1	0.40	0.40				
27	Buscar llave combinada de 3/4	0.13		0.13			
28	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 1 con llave combinada de 3/4	0.88	0.88				
29	Dejar llave combinada de 3/4	0.10	0.10				
30	Colocar base de cojin de apoyo 2 sobre base	0.22	0.22				
31	Alinear base de cojin de apoyo 2	0.32	0.32				
32	Coger pernos	0.08	0.08				
33	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 2	0.28	0.28				
34	Buscar llave combinada de 3/4	0.05		0.05			
35	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 2 con llave combinada de 3/4	0.97	0.97				
36	Dejar llave combinada de 3/4	0.05	0.05				
37	Colocar cojinete de apoyo 1 sobre base de cojin de apoyo 1	0.15	0.15				
38	Coger pernos	0.05	0.05				
39	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0.12	0.12				
40	Buscar llave combinada de 3/4	0.13		0.13			
41	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0.92	0.92				
42	Dejar llave combinada de 3/4	0.05	0.05				
43	Colocar cojinete de apoyo 2 sobre base de cojin de apoyo 1	0.20	0.20				
44	Coger pernos	0.07	0.07				
45	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0.18	0.18				
46	Buscar llave combinada de 3/4	0.08		0.08			
47	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0.90	0.90				
48	Dejar llave combinada de 3/4	0.07	0.07				
49	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0.15					0.15
50	Colocarse guantes de soldador	0.18	0.18				
51	Colocar tanque de 50 L sobre superficie armada	0.30	0.30				
52	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0.13	0.13				
53	Realizar encendido de antorcha de soldadora	0.13	0.13				
54	Trasladar antorcha de soldadora a altura del tanque	0.12					
			13.07	3.93	0.00	0.00	0.32

En la Tabla 31, se puede evidenciar que las actividades que implican más tiempo son las del tipo de cambio y transporte, esto debido a que no existe un método estándar sobre cómo realizar el cambio de formato y también a que las herramientas a utilizar no se encuentran al alcance del operario, por lo que debe transportarse para poder ubicarlas.

A continuación, en base a lo identificado en las actividades que forman parte del *set up* de la máquina soldadora circunferencial, se presentan las propuestas de las acciones para reducir o eliminar los tiempos destinados a cambio y transporte.

- a) El operario invierte aproximadamente 13 minutos en el cambio de la base de soporte que se realiza cuando se pasa del modelo de 20 L a 50 L. Para reducir el tiempo dedicado al cambio, se propone cambiar el procedimiento de la manera en que se coloca la base. Anteriormente, el operario realizaba el cambio en la parte inferior de la soldadora, obligándolo a tomar posiciones incómodas debido a que su espacio era limitado por los soportes giratorios del tanque que le hacían más complicado el trabajo. En la Figura 75 se muestra el lugar donde se realiza el cambio de la base de apoyo. Asimismo, en la Figura 76 se muestra a detalle las partes que componen la base de apoyo de la máquina soldadora circunferencial.

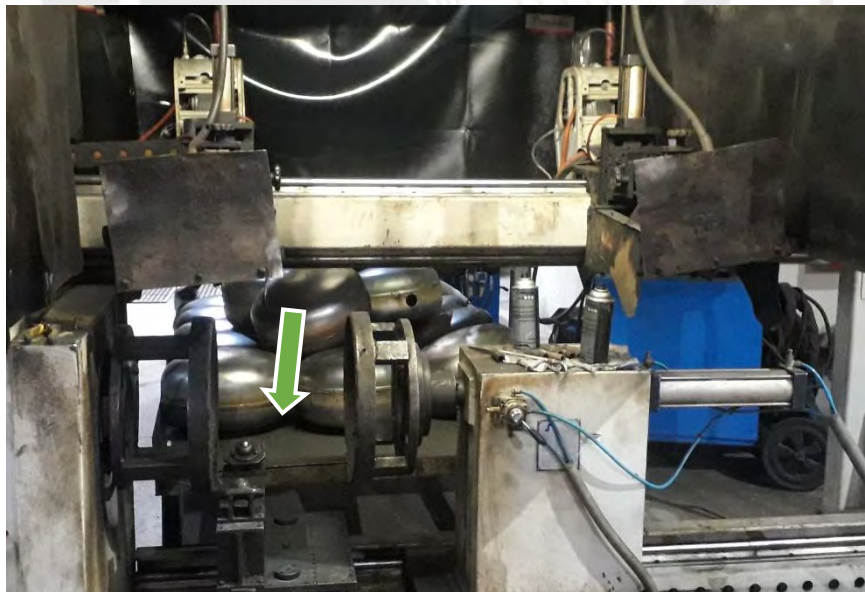


Figura 75: Parte inferior de máquina soldadora circunferencial

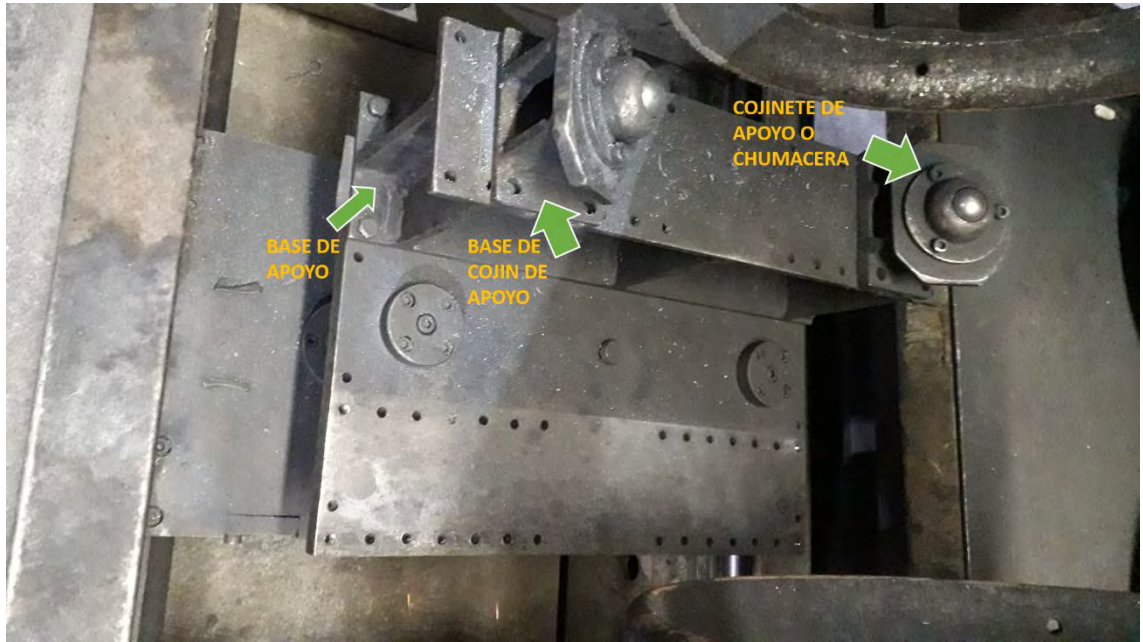


Figura 76: Componentes de la base de apoyo de la soldadora circular

El nuevo procedimiento consiste en realizar el ensamble del cojinete o chumacera y sus bases en la base de apoyo por separado para luego trasladarlo a la máquina soldadora y colocarlo en la parte inferior. El ensamblaje se realizará en una mesa que se colocará al costado de la máquina, donde también se pondrán las herramientas que necesite. Se espera que con el nuevo procedimiento el tiempo de cambio se reduzca a un 15%. Por otro lado, las actividades de limpieza de toberas y boquilla y limpieza de las bases y cojinetes se excluyen y pasan a ser parte de la limpieza diaria que se realiza antes de iniciar el turno de producción y al finalizarlo.

- b) Si bien el almacén de herramientas del área de conformado no se ubica a gran distancia desde la máquina soldadora, el operario invierte 3 min aproximadamente en realizar cuatro traslados y buscar las herramientas para llevarlas a su sitio. En la Figura 77, se puede observar una parte del recorrido del operario para llegar al almacén de herramientas del área de conformado. A fin de reducir las actividades relacionadas a traslado, se propone reubicarlas en una caja organizadora, la cual se colocará sobre la mesa a instalar al lado de la máquina soldadora y en esta se deben ordenar las herramientas de manera que sean sencillo y rápido identificarlas. Con las propuestas mencionadas, el diagrama de recorrido resulta como se muestra en la Figura 78, con solo dos traslados: para armar la base y luego trasladarla hacia la máquina soldadora.

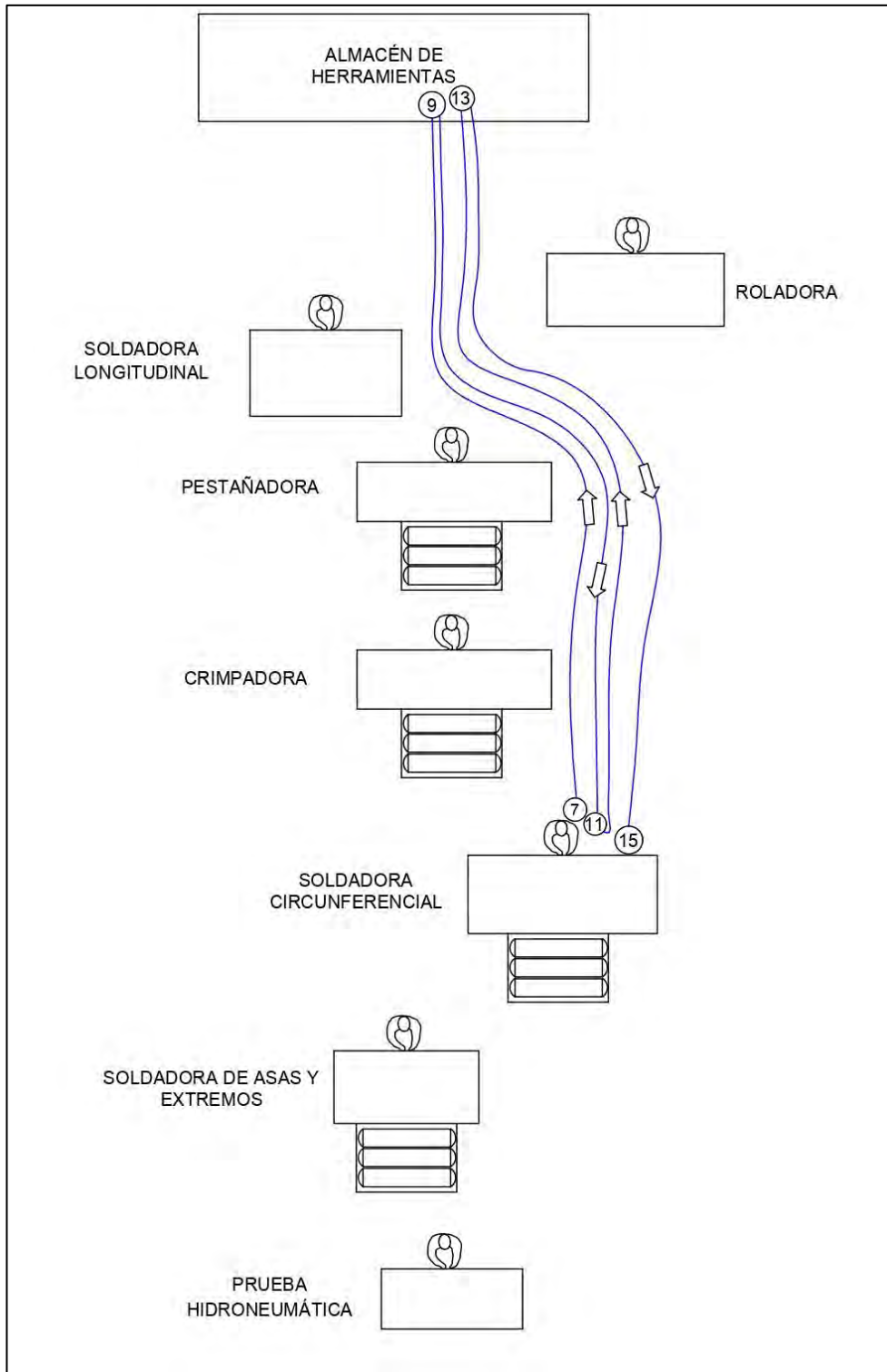


Figura 77: Recorrido actual del operario de soldadora circunferencial

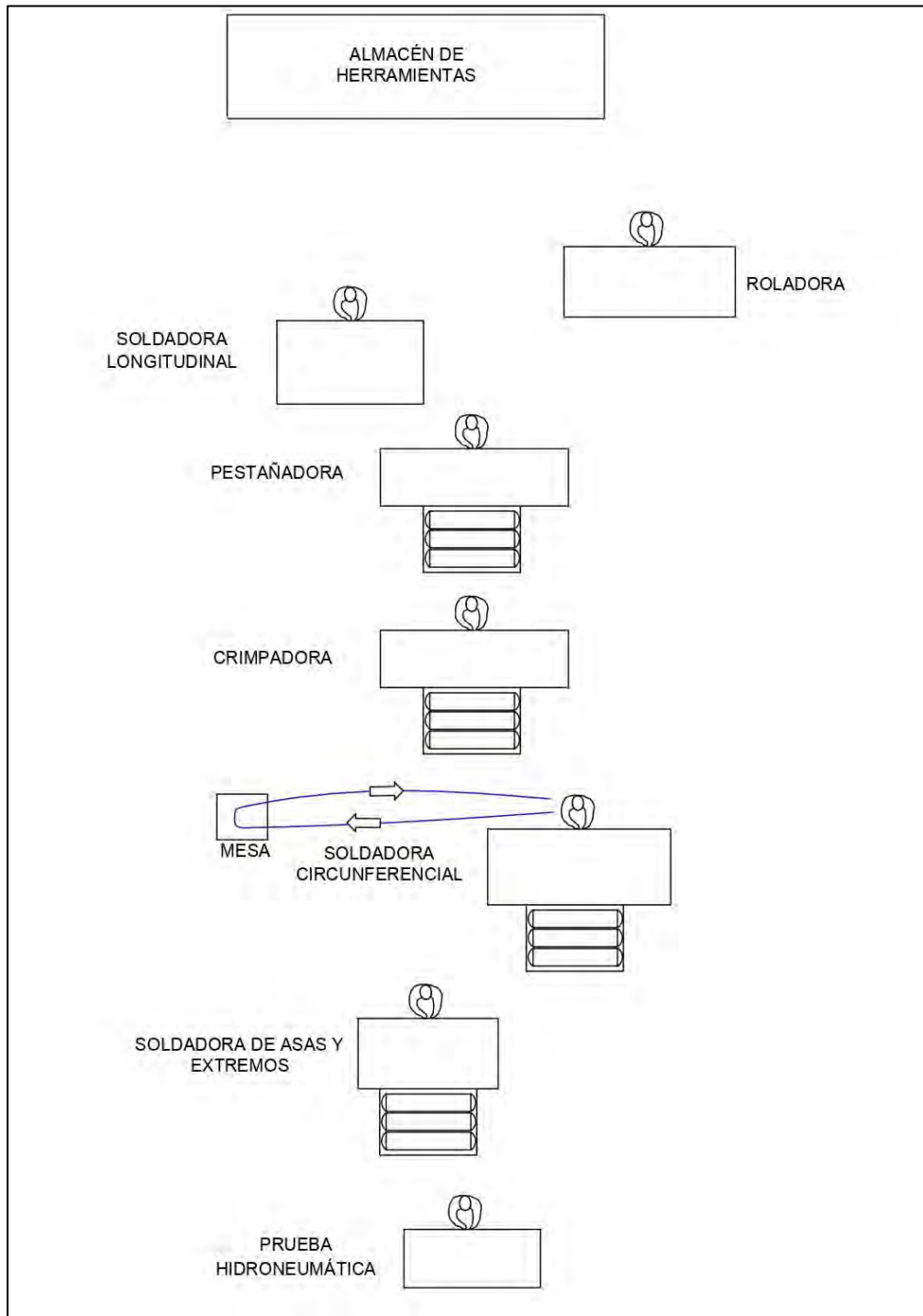


Figura 78: Recorrido propuesto del operario de soldadora circunferencial

Por último, en la Tabla 32 se muestran las nuevas actividades que forman parte del cambio de la base de apoyo de la máquina soldadora, cuyo tiempo paso de ser 17.32 minutos a 9.11 minutos.

Tabla 32: Procedimiento propuesto para soldadora circunferencial

N°	Actividad	Duración
1	Realizar apagado de antorcha de soldadora	0.15
2	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0.12
3	Retirar tanque del último lote de 20 L	0.18
4	Dejar caer tanque por rampa	0.03
6	Sacar guantes de soldador	0.12
7	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0.13
8	Dirigirse a mesa para armar soporte	0.10
9	Colocar base de cojin de apoyo 1 sobre base	0.16
10	Alinear base de cojin de apoyo 1	0.14
11	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 1	0.34
12	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 1 con llave combinada de 3/4	0.75
13	Colocar base de cojin de apoyo 2 sobre base	0.18
14	Alinear base de cojin de apoyo 2	0.27
15	Colocar cuatro pernos sobre base de cojin de apoyo 2	0.24
16	Ajustar cuatro pernos de base de cojin de apoyo 2 con llave combinada de 3/4	0.82
17	Colocar cojinete de apoyo 1 sobre base de cojin de apoyo 1	0.13
18	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0.10
19	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 1	0.78
20	Colocar cojinete de apoyo 2 sobre base de cojin de apoyo 1	0.17
21	Colocar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0.16
22	Ajustar tres pernos sobre cojinete de apoyo 2	0.77
23	Trasladar base de apoyo armada, llave y pernos	0.70
24	Colocar base sobre superficie	0.23
25	Alinear base	0.28
26	Colocar cuatro pernos sobre agujeros de superficie	0.18
27	Ajustar cuatro pernos con llave combinada de 3/4	0.82
28	Buscar trapo industrial para limpiar manos	0.33
29	Colocarse guantes de soldador	0.18
30	Colocar tanque de 50 L sobre superficie armada	0.30
31	Accionar pulsador de cilindro neumático para mover soporte giratorio de tanque	0.13
32	Realizar encendido de antorcha de soldadora	0.13
33	Trasladar antorcha de soldadora a altura del tanque	0.12

## 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Luego de presentar el desarrollo de la implementación de las distintas herramientas de mejora se procede a ejecutar la evaluación económica para determinar la viabilidad de las propuestas planteadas. Para ello, se realiza un análisis de los costos incurridos en la implementación de cada una de las herramientas y los ahorros generados. Se resalta que una parte esencial de la implementación de las propuestas la conforman las capacitaciones que se realizan al personal, debido a que estas deben llevarse a cabo de manera eficiente para que la herramienta de mejora pueda ser exitosa. A continuación, se detallan los costos incurridos, así como el ahorro generado en la implementación de cada herramienta de mejora, para así finalizar con la evaluación económica y ver la rentabilidad de la propuesta.

### 5.1. Costos de implementación

#### 5.1.1. Costos de implementación de 5'S

Para realizar la implementación de las 5'S es necesario realizar capacitaciones tanto a los operarios como a la parte administrativa del área de Producción. Para ello se contratará a un Especialista en Manufactura Esbelta cuya función será la de explicar la teoría de las 5'S y los beneficios que se obtienen a partir de ella. Luego de la capacitación realizada por el especialista, se llevarán a cabo tres reuniones adicionales bajo supervisión del Especialista en Manufactura Esbelta: en la primera, el Supervisor de Producción reforzará los puntos que no quedaron claros mientras que en la segunda y en la tercera realizarán la aplicación en el área de habilitado de tanques junto a los operarios y con ayuda del Jefe de Producción de Termas. En la Tabla 33 y Tabla 34 se muestran los costos que involucran una capacitación teórica y capacitación adicional respectivamente. En la Tabla 35 se muestra el costo total de las capacitaciones mientras que en la Tabla 36 se indican los costos de materiales usados.

Tabla 33: Costos por capacitación teórica de 5'S

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Capacitación teórica	Especialista en Manufactura Esbelta	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Gerente de Producción	1	S/ 65.00	S/ 65.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Operarios de habilitado de tanques	4	S/ 5.00	S/ 20.00

Tabla 34: Costos por capacitación adicional de 5'S

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Capacitación adicional	Especialista en Manufactura Esbelta	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Operarios de habilitado de tanques	4	S/ 5.00	S/ 20.00

Tabla 35: Costos totales por capacitaciones

Asunto	N° de capacitaciones	Horas/Capacitación	Total de horas	S/./Hora	Costo Total
Capacitación teórica	1	8	8	S/ 478.00	S/ 3,824.00
Capacitación 1	1	6	6	S/ 413.00	S/ 2,478.00
Capacitación 2	1	3	3	S/ 413.00	S/ 1,239.00
Capacitación 3	1	3	3	S/ 413.00	S/ 1,239.00
					S/ 8,780.00

Tabla 36: Costos por adquisición de materiales

Material	Cantidad	Precio (S/.)	Precio total
Paquete de tarjetas usadas en "Seiri"	1	50	50
Cinturones porta herramientas	5	100	500
Caja de herramientas de espuma	1	800	800
Cajonera de tres niveles	2	450	900
Cajas de plástico de rejillas	10	25	250
Organizador de herramientas de pared	1	1300	1300
Cable espiral de resorte	1	120	120
Panel de avance de 5'S	1	120	120
Documentación (formatos de limpieza, rotulados)	100	2	200
			S/ 4,240.00

### 5.1.2. Costos de implementación de Balance de Línea

Para realizar la implementación del Balance de Línea es necesario, en primer lugar, capacitar al personal involucrado en la línea de ensamble. Dichas capacitaciones serán realizadas por un consultor, en las cuales explicará la importancia de realizar un balance de línea y expondrá la teoría de forma que pueda ser entendida tanto por operarios como personal administrativo de Producción. En la Tabla 37 se muestran los costos que involucra la capacitación. Por otro lado, se considera los costos de seguimiento y levantamiento de información, los cuales incluyen el estudio de tiempos, mostrados en la Tabla 38 realizado por el Practicante de Producción y el análisis y estudio del caso realizado por este, el consultor y el Jefe de Producción, indicado en la Tabla 39. Los costos totales de la implementación del Balance de Línea se muestran en la Tabla 40.

Tabla 37: Costos por capacitación de Balance de Línea

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Capacitación de implementación	Consultor	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Practicante de Producción	1	S/ 7.00	S/ 7.00
	Operarios de línea de ensamble	11	S/ 5.00	S/ 55.00

Tabla 38: Costos por estudio de tiempos en Balance de Línea

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Estudio de Tiempos	Practicante de Producción	1	S/ 7.00	S/ 7.00
	Operarios de línea de ensamble	11	S/ 5.00	S/ 55.00

Tabla 39: Costos por seguimiento de implementación de Balance de Línea

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Seguimiento	Consultor	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Practicante de Producción	1	S/ 7.00	S/ 7.00

Tabla 40: Costos totales por implementación de Balance de Línea

Asunto	N° de diligencias	Horas/Diligencia	Total de horas	S./Hora	Costo Total
Capacitación de implementación	1	10	10	S/ 455.00	S/ 4,550.00
Seguimiento	1	10	10	S/ 400.00	S/ 4,000.00
Estudio de Tiempos	1	10	10	S/ 62.00	S/ 620.00
					<b>S/ 9,170.00</b>

### 5.1.3. Costos de implementación de SMED

Los costos de implementación de SMED, mostrados en la Tabla 41, involucran la capacitación a cargo de un Especialista en Manufactura Esbelta cuya función será la de introducir la herramienta al personal y explicar su impacto en la reducción de *set up* en las máquinas. Asimismo, se incluye los costos del Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, Supervisor de Producción y Practicante de Producción, quienes apoyaron en el levantamiento de información para la aplicación del SMED, la cual involucra el estudio previo del proceso y la distinción de las actividades internas y externas. Dichos costos se indican en la Tabla 42, mientras que en la Tabla 43 se muestran el total de los conceptos mencionados. Por otro lado, se incluye la caja de herramientas a usar y la mesa para la preparación del ensamblaje del apoyo, cuyos costos se muestran en la Tabla 44.

Tabla 41: Costos de capacitación de SMED

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Capacitación de implementación	Especialista en Manufactura Esbelta	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Gerente de Producción	1	S/ 65.00	S/ 65.00
	Jefe de Mantenimiento	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Practicante de Producción	1	S/ 7.00	S/ 7.00
	Operarios de conformado de tanques	15	S/ 5.00	S/ 75.00

Tabla 42: Costos por levantamiento de información para SMED

Asunto	Integrantes	N° de personas	Costo Unitario	Costo Total
Levantamiento de información	Especialista en Manufactura Esbelta	1	S/ 350.00	S/ 350.00
	Jefe de Mantenimiento	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Jefe de Producción	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Supervisor de Producción	1	S/ 18.00	S/ 18.00
	Practicante de Producción	1	S/ 7.00	S/ 7.00
	Operario de soldadora circunferencial	1	S/ 5.00	S/ 5.00

Tabla 43: Costos totales por capacitación y levantamiento de información para SMED

Asunto	N° de capacitaciones	Horas/Capacitación	Total de horas	S/./Hora	Costo Total
Capacitación de implementación	1	8	8	S/ 565.00	S/ 4,520.00
Levantamiento de información	1	6	6	S/ 430.00	S/ 2,580.00
					<b>S/ 7,100.00</b>

Tabla 44: Costos de adquisición de materiales para SMED

Materiales	Cantidad	Precio (S/.)	Precio total
Caja de herramientas	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Mesa	1	S/ 900.00	S/ 900.00
			<b>S/ 1,100.00</b>

## 5.2. Ahorros generados por la implementación

### 5.2.1. Ahorros generados por la implementación de 5'S

A través de la implementación de 5'S se espera que los tiempos de búsqueda de herramientas y tiempos destinados a la limpieza de la zona de habilitado de tanques se reduzca en al menos un 45%, con lo cual el ahorro generado asciende a un monto de S/. 366.03 por año. En la Tabla 45 se muestra el detalle del ahorro anual por implementación de 5'S.

Tabla 45: Ahorro anual por implementación de 5'S

Asunto	Tiempo actual (min)	Tiempo propuesto (min)	Ahorro (horas)	S/./hora	Ahorro total
Tiempo de búsqueda de herramientas	21.4	11.77	0.1605	5	S/ 202.23
Tiempo de limpieza	23.8	16	0.13	5	S/ 163.80
					<b>S/ 366.03</b>

### 5.2.2. Ahorros generados por la implementación de Balance de Línea

Mediante la aplicación del Balance de Línea, se reduce el número de estaciones de 11 a 7, sobrando 4 estaciones, es decir, 4 operarios, los cuales pasarán a ser parte del área de habilitado de productos importados. Debido a este cambio es que el costo por hora hombre es menor al considerado para la producción de termas eléctricas ya que el trabajo de habilitado requiere menor esfuerzo. En la Tabla 44 se

muestra el ahorro anual en mano de obra por la implementación del Balance de Línea, el cual asciende a S/. 725.76 anual.

Tabla 46: Ahorro anual por implementación de Balance de Línea

N° de estaciones actual	N° de estaciones propuestas	N° de estaciones ahorradas	S./H-HT. eléctricas	S./H-H P. Importados	Ahorro total
11	7	4	S/ 5.00	S/ 4.92	<b>S/ 725.76</b>

### 5.2.3. Ahorros generados por la implementación de SMED

Los ahorros generados por la implementación de SMED se muestran en la Tabla 47. El tiempo ahorrado por la implementación es de 8.21 min y según el programa de producción mensual los cambios de lote de 50L a 20L se realizan dos veces cada en promedio por mes, lo que resulta en un ahorro mensual de 16.42 min por mes. Por otro lado, el tiempo de ciclo para una terma eléctrica es de 2 min, con lo cual se da la posibilidad de producir 9 termas adicionales por mes. Considerando que el margen de ganancia de una terma eléctrica de 50 L es de 25% sobre el precio de lista el cual es de S/. 580.42, anualmente se genera un ingreso adicional de S/. 15671.34

Tabla 47: Ahorro anual por la implementación de SMED

Tiempo set up actual (min)	Tiempo set up propuesto (min)	Tiempo ahorrado (min)	N° Cambio de lote mensual	Tiempo ahorrado mensual (min)	T. Ciclo (min)	N° Termas extras por mes (und)	Margen de ganancia	Ingreso anual
17.32	9.11	8.21	2	16.42	2	9	S/ 145.11	<b>S/ 15,671.34</b>

### 5.3. Flujo de caja económico del proyecto

Después de haber obtenido los costos y ahorros generados por la implementación, se procede a calcular el flujo económico del proyecto. En el año 0 se realizarán las inversiones para implementar cada una de las propuestas presentadas, que incluyen las capacitaciones y materiales adquiridos correspondientes. A partir del Año 1, en el egreso solo se considera el costo de la adquisición de tarjetas usadas en la fase “Seiri” y la documentación para la implementación de las 5’S. Por otro lado, se considera una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 20%, %, ya que es la rentabilidad mínima que la empresa espera como mínimo recibir por la aplicación de las propuestas de mejora. En la Tabla 48 se muestra el flujo de caja económico del proyecto para un horizonte de 5 años.

Tabla 48: Flujo de caja económico del proyecto

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
<b>Ingresos</b>	S/ 0.00	S/ 16,944.57	S/ 16,944.57	S/ 16,944.57	S/ 16,944.57
<b>Egresos</b>	S/ 30,390.00	S/ 250.00	S/ 250.00	S/ 250.00	S/ 250.00
<b>Utilidad</b>	-S/ 30,390.00	S/ 16,694.57	S/ 16,694.57	S/ 16,694.57	S/ 16,694.57

Por último, como principales indicadores para medir la rentabilidad del proyecto, se calcularon los valores de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto (VPN), cuyos valores se muestran en la Tabla 49.

Tabla 49: Indicadores de rentabilidad del proyecto

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<b>TIR</b>	41%
<b>TMAR</b>	20%
<b>VPN</b>	S/ 12,827.81

Como se observa en la Tabla 49, el valor del VPN es positivo mientras que el valor de la TIR es favorable considerando una TMR de 20%. Esto indica que el proyecto si es rentable y por lo tanto se debe realizar la inversión para poner en marcha las mejoras propuestas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

La importancia de la mejora de procesos radica en identificar ineficiencias que significan grandes riesgos para la empresa y con la finalidad de evitarlos se emplean técnicas y herramientas que serán la solución de dichos inconvenientes, además de añadir valor al producto final. Bajo este enfoque, se realizó el diagnóstico de los procesos que forman parte de la fabricación de una terma eléctrica y se presentaron propuestas para mejorar la situación actual de la empresa.

Los problemas más relevantes que se identificaron fueron un desbalance ocasionado por la línea de ensamble, el cual no permite a la empresa en estudio cumplir con el ritmo de la demanda o *takt time* de 1.1 minuto. Asimismo, se presentan problemas de desorden que provocan movimientos innecesarios y tiempos improductivos para la búsqueda de herramientas. Otro problema que resalta es la falta de un procedimiento sencillo y claro para el set up de algunas máquinas del proceso.

Con respecto al desbalance en la línea de ensamble, las herramientas de mejora que se propone emplear consisten en un Estudio de Tiempos y un Balance de Línea aplicando un método heurístico. Se puede concluir que, con la aplicación de dichas herramientas, el *takt time* coincide con el requerido para el cumplimiento de la demanda, además de reducirse en un 89% los tiempos improductivos y mejorar la eficiencia de la línea en un 33.37%.

Por otro lado, la implementación de la herramienta 5S será de gran ayuda para mantener un orden y control en el área de habilitado de tanques, lo cual mejorará el ambiente de trabajo y la motivación de los trabajadores al ocupar una zona en la que puedan realizar sus labores sin necesidad de perder tiempo en buscar herramientas o trasladarse a otras áreas para poder conseguir las. A partir de ello podrán continuar con la autodisciplina y cumplir con las reglas de orden por convencimiento y no por obligación.

Además, se puede concluir que con la aplicación de la herramienta SMED, el tiempo de set up para la máquina soldadora circunferencial se reduce en un 47%, simplificando el proceso de colocación de la base de apoyo en la parte inferior de la máquina y reduciendo los tiempos de traslado en búsqueda de herramientas que podrían ser aprovechados para aumentar el nivel de la producción.

Por último, en base al análisis económico realizado para medir la rentabilidad del proyecto, se puede concluir que la implementación de las herramientas de mejora propuestas conlleva al desarrollo de un proyecto viable y rentable, ya que los indicadores de rentabilidad resultaron ser positivos: TIR de un valor de 41% y un VPN de S/. 12,827.81

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda la Gerencia de Producción acompañe en el proceso de implementación de las herramientas de mejora propuestas, ya que es importante que los operarios, parte esencial del área, sean guiados y confíen en que esta traerá resultados efectivos que beneficiaran tanto a la empresa en sí misma como a su desempeño.

Asimismo, se recomienda poner esfuerzo y realizar seguimiento continuo en las primeras fases de la implementación de las herramientas de mejora, esto debido a que al tratarse de un cambio puede presentarse resistencia por parte de los operarios, lo cual afectará el desarrollo de la mejora.

También se recomienda que se aplique una mejora continua, ya que no basta con ejecutar una herramienta que cumpla el resultado esperado y luego sea olvidada. Es importante crear una cultura de mejora continua en la organización que impacte a los trabajadores de tal forma que realicen la implementación de las herramientas propuestas por convicción más que por obligación

Finalmente, se recomienda que en toda la fase de implementación de las propuestas de mejora se respete y recalque la importancia del tema de la seguridad en el trabajo para un desarrollo sin inconvenientes.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, Carla y Paula DE LA JARA

2012 *Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes.* Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

BONILLA, Elsie, DÍAZ, Bertha, KLEEBERG, Fernando y NORIEGA María Teresa.

2010 *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas.* Primera Edición. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.

CABRERA, Rafael

2010 *Value Stream Mapping.* Consulta: 30 de mayo de 2020.

<https://www.gestiopolis.com/vsm-value-stream-mapping-analisis-cadena-valor/>

CASO, Alfredo

2006 *Técnicas de medición del trabajo.* España: Fundación Confemetal

CHAPMAN, Stephen

2006 *Planificación y control de la producción.* México: Pearson Educación

CHASE, Richard B., F. Robert JACOBS y Nicholas J. AQUILANO

2019 *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros.* México: McGraw Hill.

CORREA, Alexander, Rodrigo GÓMEZ y Cindy BOTERO

2014 *La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro.* *Revista Soluciones de Postgrado EIA.* Medellín, número 8, pp. 89-109. Consulta: 30 de mayo de 2020

<https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/691/1/RSO00083.pdf>

EUSKALIT

2004 *Gestión y mejora de procesos.* Consulta: 30 de mayo de 2020

<https://www.euskalit.net/es/diagnosticos-evaluacion/contraste-externo.html>

GARCÍA, Roberto

2005 *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* México: McGraw Hill.

GUTIÉRREZ, Humberto

2010 *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.

INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS (UNIT)

2009 *Herramientas para la mejora de la calidad*. Consulta: 30 de mayo de 2020

<https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>

JIMENO, Jorge

2013 PDCA Home. *Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua*. Consulta: 30 de mayo de 2020

<https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

KRAJEWSKI, Lee J., Larry P. RITZMAN y Manoj K. MALHOTRA

2008 *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Educación.

NIEBEL, Benjamín y Andris FREIVALDS

2004 *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT)

1996 *Introducción al estudio del trabajo*.

PÉREZ, Valeria y Lewis Charles QUINTERO

2017 Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas*. Medellín, volumen 25, número 38, pp. 411-423.

PÉREZ, José

2004 *Gestión por procesos: Cómo utilizar ISO 9001:2000 para mejorar la gestión de la organización*. Pozuelo de Alarcón, Madrid: ESIC Editorial.

RAMKUMAR, P. N., K. P. SATISH y Praveen V. VENUGOPAL

2019 *Ranking of the seven wastes (Muda) for Lean Six Sigma implementation in Indian SMEs*. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(6), 1269-1274.

RAJADELL Manuel y José Luis SÁNCHEZ

2010 *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.

REY Francisco

2001 *Mantenimiento Total Productivo (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal

SOCCONNI Luis

2019 *Lean Manufacturing: Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books.

SOTO, Raymundo

2007 *El proceso de las 5's en acción: La metodología japonesa para mejorar la calidad y productividad de cualquier tipo de empresa*. Consulta: 30 de mayo de 2020

<http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/4806>

YAURI, Luis

2015 *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería



## ANEXOS

### ANEXO 1: Criterios de selección de familia de productos

Criterio	Marco de familias de Productos
Tipo de producto	Productos que sean del mismo tipo o cumplan la misma función.
Mercado	Productos que compartan el punto de distribución o el tipo de cliente a atender: final, distribuidor, etc.
Clientes	Productos que se venden a uno o más clientes.
Grado de contacto con el cliente	Productos que compartan el nivel de influencia del cliente en el producto
Volumen de venta	Productos que sean parecidos en el volumen de ventas.
Patrones de pedido	Productos que compartan el patrón de frecuencia con el que reciben pedidos.
Base competitiva	Productos que tengan los mismos argumentos de venta.
Tipo de proceso	Productos que pasen por procesos similares.
Características de productos	Productos semejantes en características físicas y en la materia prima que usan.

## ANEXO 2: Pasos para la implementación de la etapa Seiri (Clasificación)

Paso	Descripción
1. Reconocer el área de oportunidad	Revisar el lugar de trabajo con la finalidad de detectar áreas u objetos que no hayan podido ser identificados anteriormente y que no se utilizan con la frecuencia necesaria como para ocupar espacios que podrían estar libres.
2. Definir los criterios de selección	Determinar un criterio que sea útil para diferenciar lo que es sumamente necesario de lo que no lo es. Estos podrían basarse en el tiempo, en la frecuencia de uso y la cantidad a usarse.
3. Identificar los objetos seleccionados	Los objetos clasificados como no necesarios deben ser identificados y trasladados a un espacio donde no interrumpen la operación o trabajo cotidiano.
4. Evaluar los objetos seleccionados	Los objetos identificados como no necesarios deben ser evaluados para determinar si realmente están de más, si están totalmente en desuso o si están dañados.



### ANEXO 3: Pasos para la implementación de la etapa Seiton (Orden)

Paso	Descripción
1. Preparar el área de trabajo	Dividir el área de trabajo en zonas manejables que sean identificables por cualquier persona. Se pueden usar colores, tableros, pizarras, etiquetas u otro material para que la identificación sea apropiada.
2. Ordenar el área de trabajo	Ordenar el área colocando la cantidad suficiente de los objetos que sean necesarios para el trabajo y en base a la frecuencia de uso: si es muy frecuente, se colocan cerca del lugar donde se utilizan y si es ocasional, no requieren colocarse cerca. Esto ayudará a que cualquier persona pueda localizar rápidamente un objeto, tomarlo y regresarlo a su lugar.
3. Establecer reglas y seguirlas	Documentar la forma de organización y entrenar a las personas para que sigan los procedimientos.

### ANEXO 4: Pasos para la implementación de la etapa Seiso (Limpieza)

Paso	Descripción
1. Determinar un programa de limpieza	Definir los sitios de trabajos, equipos y áreas que se requieran limpiar, la frecuencia con la que se hará y las personas responsables de la limpieza. Finalmente, integrar el programa de esta actividad.
2. Definir los métodos de limpieza	Después de definir qué es lo que se va a limpiar, cuándo y quién lo hará, se determina la manera en que la limpieza se llevara a cabo. Para ello, se debe establecer el procedimiento a seguir para realizar esta actividad, además de enumerar los artículos y equipos de limpieza que se utilizarán.
3. Crear disciplina	La limpieza se convierte en un hábito cuando se da a conocer a todos los empleados del área de trabajo qué es lo que se espera de ellos.

## ANEXO 5: Pasos para la implementación de la etapa Seiketsu (Estandarización)

Paso	Descripción
1. Integrar las actividades de las 5's en el trabajo regular	Integrar las actividades de las 5's se logra mediante el establecimiento de procedimientos y la realización de auditorías de revisión. Para ello es recomendable constituir un grupo de auditores y elaborar una lista de verificación que permita reconocer el grado de cumplimiento de las 5's en cada área de trabajo.
2. Evaluar resultados	Evaluar constante y cuantitativamente los resultados de las auditorías para conocer el grado de cumplimiento del programa de 5's en cada área de trabajo.

## ANEXO 6: Equipos del proceso productivo

### Tina de ultrasonido



**Roladora**



**Soldadora longitudinal**



**Pestañadora**



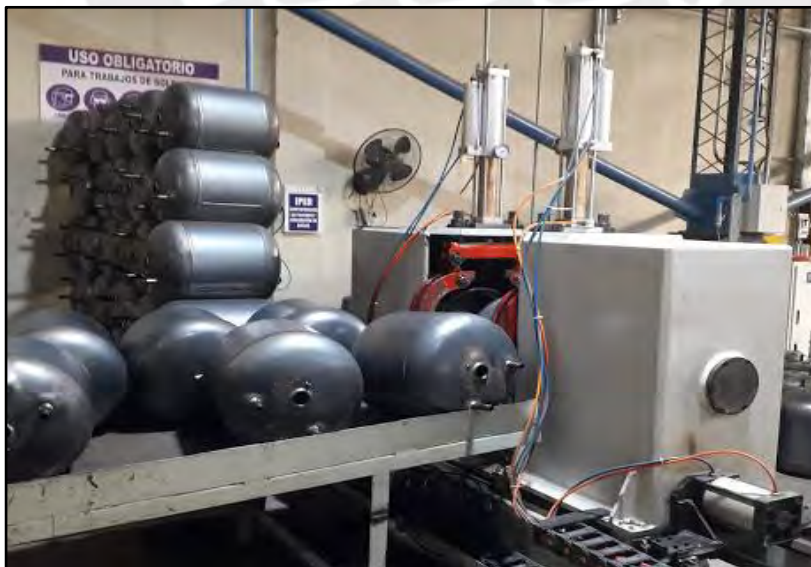
**Soldadora para tapa inferior**



**Soldadora para tapa superior**



**Crimpadora**



Soldadora circunferencial



Hidroneumática



Granalladora



Inyectora de porcelana



**Horno eléctrico**



**Roladora de fundas**



**Pestañadora de fundas**



**Tina de fosfatizado de fundas**



Tina de enjuague de fundas



Tina de sellante



Horno de secado de fundas



Cabina de pintura



## Inyectora de poliuretano



## **ANEXO 7: Tabla de suplementos por esfuerzo mental**

<b>TIPO</b>	<b>CONCESION</b>	<b>CLASE</b>
Poco	0.60%	A
Regular	1.80%	B
Mucho	3.00%	C

### ANEXO 8: Tabla de suplementos por esfuerzo físico

TIPO	CONCESION	CLASE
Muy poco	1.30%	A
Poco	3.60%	B
Regular	5.40%	C
Mucho	7.10%	D
Demasiado	9.00%	E

### ANEXO 9: Tabla de suplementos por monotonía

DURACIÓN DEL CICLO (MIN)	CONCESION (%)
0 - 0.5	7.8
0.06 - 0.25	5.4
0.26 - 0.50	3.6
0.51- 1.00	2.1
1 - 4.00	1.5
4 - 8.00	1
8 - 12.00	0.6
12 - 16.00	0.3
Más de 16.00	0.1