

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE ANÁLISIS Y MEJORA PARA AUMENTAR LA  
PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE TITAN PLUS EN LA  
EMPRESA THERMO SOLUTIONS GROUP S.A.**

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

**ESTUDIANTE: JOSÉ AUGUSTO RAMÍREZ VÁSQUEZ**

**TUTOR: ING. ROCÍO HERRERA QUESADA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
AGOSTO, 2024**

## DECLARACIÓN JURADA

## CÉDULA DE IDENTIDAD

**SOLICITUD DE DEFENSA**

**CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR**

## CERTIFICADO DEL FILÓLOGO

## **CARTA DE ENTENDIMIENTO**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	II
SOLICITUD DE DEFENSA .....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR .....	IV
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	V
CARTA DE ENTENDIMIENTO .....	VI
CONTENIDO .....	VII
TABLAS .....	XI
FIGURAS .....	XII
DEDICATORIA .....	XIV
AGRADECIMIENTOS .....	XV
EPÍGRAFE .....	XVI
RESUMEN .....	XVII
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.2 OBJETIVOS .....	19
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	19
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	19
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	20
1.4 ANTECEDENTES .....	21
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	23
1.5 PROYECCIONES .....	26
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	26
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	26
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	28
2.1.1 <i>Metodología DMAIC</i> .....	28
2.1.2 <i>Lluvia de ideas</i> .....	30

2.1.3 Diagrama de Ishikawa .....	32
2.1.4 Multivoto .....	32
2.1.5 Diagrama de Pareto .....	33
2.1.6 Project Charter .....	34
2.1.7 Cursograma analítico.....	35
2.1.8 Registro histórico.....	36
2.1.9 Gráfico pastel .....	38
2.1.10 Estudio de tiempos .....	38
2.1.11 Simulación.....	39
2.1.12 Análisis FODA .....	40
2.1.13 Matriz de estrategias .....	41
2.1.14 Diagrama Árbol CTQ .....	42
2.1.15 SIPOC .....	43
2.1.16 Diagrama de flujo .....	44
2.1.17 Diagrama de relaciones.....	45
2.1.18 Gemba Walk.....	45
2.1.19 Diagrama de recorrido.....	46
2.1.20 ROI.....	47
2.1.21 Diagrama Gantt .....	48
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	49
2.2.1 Visión / Misión .....	49
2.2.2 Antecedentes históricos.....	50
2.2.3 Ubicación geográfica .....	51
2.2.4 Estructura organizacional .....	52
2.2.5 Cantidad de empleados.....	53
2.2.6 Tipos de productos.....	53
2.2.7 Mercado de exportación.....	53
2.2.8 Descripción general del proceso productivo.....	1
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>2</b>
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	5
3.3.1 Sujetos de información.....	5
3.3.2 Fuentes primarias.....	6
3.3.2 Fuentes secundarias .....	7
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	7
3.5 INSTRUMENTOS.....	10

3.5.1 Lluvia de Ideas .....	10
3.5.2 Registro histórico.....	10
3.5.3 Gemba Walk.....	10
3.5.4 Project Charter .....	11
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	14
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
4.1 DEFINIR .....	16
4.1.1 Análisis FODA .....	16
4.1.2 Matriz de estrategias .....	17
4.1.3 Lluvia de ideas.....	19
4.1.4 Diagrama de Ishikawa.....	20
4.1.5 Diagrama de multivoto.....	23
4.1.6 Diagrama de Pareto .....	24
4.2 MEDIR.....	25
4.2.1 Cursograma analítico.....	25
4.2.2 Registro histórico.....	27
4.2.3 Diagrama pastel .....	29
4.2.4 Estudio de tiempo.....	29
4.2.5 Simulación.....	30
4.3 ANALIZAR .....	33
4.3.1 Árbol CTQ.....	33
4.3.2 Diagrama SIPOC.....	34
4.3.3 Diagrama de flujo .....	37
4.3.4 Diagrama de recorrido.....	39
4.3.5 Diagrama de relaciones.....	40
4.3.6 Gemba Walk.....	42
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>	<b>47</b>
5.1 MEJORAR.....	48
5.1.1 Diagrama de flujo de propuesta.....	48
5.1.2 Propuesta de distribución de planta .....	52
5.1.3 Cursograma analítico.....	54
5.1.4 Estudio de tiempo de propuesta.....	55
5.1.5 Registros de mejoras.....	57
5.1.6 Simulación de propuesta .....	58
5.2 CONTROLAR .....	60
5.2.1 Diagrama de recorrido.....	60

5.2.2 Auditorías internas.....	62
5.2.2 ROI.....	62
5.2.3 Diagrama Gantt.....	63
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES .....	66
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS .....</b>	<b>72</b>
ANEXO 1: FORMULARIOS CAMINATA <i>GEMBA WALK</i> .....	73
ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO ACTUAL DE FABRICACIÓN DEL CALENTADOR TITAN.....	80
ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DE LA PROPUESTA DE FABRICACIÓN DEL CALENTADOR TITAN.....	84

## TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área.....	53
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico.....	8
Tabla 4.1: Lluvia de ideas.....	20
Tabla 4.2: Diagrama de multivoto realizado para obtener valores.....	23
Tabla 4.3: Diagrama de multivoto realizado para obtener valores.....	24
Tabla 4.4: Porcentaje acumulado de cada causa – Proceso Titan.....	24
Tabla 4.5: 80 % de las causas – Proceso Titan.....	25
Tabla 4.6: Calentadores producidos de enero 2023 a mayo 2023.....	27
Tabla 4.7: Ordenes de producción canceladas de enero 2023 a mayo 2023.....	28
Tabla 4.8: Pérdidas por ventas no efectuadas.....	28
Tabla 4.9: Resumen de tiempos y traslados de producción.....	30
Tabla 4.10: Datos utilizados para simulación proceso actual.....	31
Tabla 5.1: Propuesta de resumen de tiempos y traslados de producción.....	56
Tabla 5.2: Calentadores producidos de abril 2024 a mayo 2024.....	57
Tabla 5.3: Datos utilizados para simulación propuesta.....	58
Tabla 5.4: Diagrama Gantt control del proceso.....	63

## FIGURAS

Figura 2.1: Ejemplo de la Metodología DMAIC.....	29
Figura 2.2: Ejemplo de lluvia de ideas.....	31
Figura 2.3: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa .....	32
Figura 2.4: Ejemplo de multivoto.....	33
Figura 2.5: Ejemplo de diagrama de Pareto .....	34
Figura 2.6: Ejemplo de Project Charter .....	35
Figura 2.7: Ejemplo de diagrama bimanual .....	36
Figura 2.8: Ejemplo de registro histórico .....	37
Figura 2.9: Ejemplo de pastel .....	38
Figura 2.10: Ejemplo de estudio de tiempos .....	39
Figura 2.11: Ejemplo de simulación .....	40
Figura 2.12: Ejemplo de análisis FODA .....	41
Figura 2.13: Ejemplo de matriz de estrategias .....	42
Figura 2.14: Ejemplo de diagrama CTQ .....	43
Figura 2.15: Ejemplo de SIPOC.....	44
Figura 2.16: Ejemplo de diagrama de flujo .....	44
Figura 2.17: Ejemplo de diagrama de relaciones.....	45
Figura 2.18: Ejemplo de formulario <i>Gemba Walk</i> .....	46
Figura 2.19: Ejemplo de diagrama de recorrido.....	47
Figura 2.20: Ejemplo de ROI .....	48
Figura 2.21: Ejemplo de diagrama Gantt.....	49
Figura 2.22: Mapa satelital de Thermo Solutions Group S.A.....	51
Figura 2.23: Organigrama de Thermo Solutions Group S.A.....	52
Figura 2.24: Diagrama de flujo del proceso.....	1
Figura 3.1: Descripción de la metodología utilizada en cada etapa del ciclo DMAIC .....	14
Figura 4.1: Análisis FODA .....	17
Figura 4.2: Matriz de estrategias.....	18
Figura 4.3.: Diagrama de Ishikawa – Capacidad ineficiente para el cumplimiento de la demanda.....	21
Figura 4.4: Diagrama de Pareto – Proceso Titan.....	25
Figura 4.5: Cursograma Analítico – Proceso Titan .....	26
Figura 4.6: Descripción de simbología de cursograma analítico .....	26
Figura 4.7: Diagrama pastel comparativo de ordenes producidas vs. canceladas.....	29
Figura 4.8: Figura de simulación proceso actual .....	31
Figura 4.9: Gráficos de simulación actual.....	32
Figura 4.10: Árbol CTQ.....	33
Figura 4.11: Diagrama SIPOC .....	35
Figura 4.12: Diagrama de flujo - Proceso Titan .....	37
Figura 4.13: Diagrama de recorrido del proceso actual .....	40
Figura 4.14: Diagrama de relaciones del proceso Titan .....	41

Figura 4.15: <i>Gemba Walk</i> del proceso Titan .....	42
Figura 4.16: Formulario <i>Gemba Walk</i> del proceso Titan .....	43
Figura 4.17: Distribución actual del proceso Titan .....	44
Figura 5.1: Propuesta del diagrama de flujo – Proceso Titan.....	49
Figura 5.2: Propuesta del nuevo diseño de planta – Proceso Titan .....	53
Figura 5.3: Cursograma analítico propuesto – Proceso Titan .....	55
Figura 5.4: Figura de simulación propuesta.....	59
Figura 5.5: Gráficos de simulación propuesta .....	59
Figura 5.6: Diagrama de recorrido propuesto.....	61
Figura 5.7 Control de auditoría interna.....	62

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se dedica a Dios con todo mi corazón, pues es Él quien me da la vida y el entendimiento cada día, por brindarme mucha sabiduría, fuerza y por no soltarme nunca de la mano. Dedico esta tesis a mi hijo Kenny Yeshua Ramírez Campos, a quien amo con todo mi corazón; a mi mamá Damaris Ramírez Vásquez, por todo el apoyo incondicional que me brindó; a mi abuela Marta Vásquez, por enseñarme desde niño a luchar por las cosas; y a mi pareja Yorleni Arce, por apoyarme tanto, estar siempre para mí y acompañarme durante este camino que no ha sido fácil, pero sí ha dejado un gran aprendizaje. Agradezco a todos los que me apoyaron y creyeron en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dar gracias primero a Dios por darme la oportunidad de estar concluyendo esta carrera de mi vida y a mi familia por todo el apoyo que me brindaron.

Agradezco a la empresa Thermo Solutions Group por el apoyo brindado y por creer en mí. Agradezco a mis compañeros de trabajo por extenderme la mano para sacar este trabajo adelante. Agradezco a Roberto Alvarado, José Esquivel y a don Rodolfo Odio, quien fue la persona que me incentivó a tomar esta valiosa carrera.

También quiero agradecer a todos los profesores que transmitieron sus conocimientos. Agradezco a Joel Picado por todo el conocimiento transmitido y a mi profesora tutora Rocío Herrera Quesada por todo el acompañamiento que me brindó.

Muchas gracias por la colaboración.

## EPÍGRAFE

*Si lo puedes soñar, lo puedes lograr.*  
Walt Disney

## RESUMEN

El estudio se realizó en el área de producción de la empresa Thermo Solutions, dedicada a la fabricación de calentadores de agua, específicamente en el área de ensamble de los calentadores Titan. En esta área se generan muchos tiempos muertos durante el proceso productivo, lo cual provoca una gran cantidad de retrasos en las órdenes debido a un alto tiempo ocioso por recorridos y a una mala distribución en la línea de producción. Además, se producen faltantes en la bodega principal de producto terminado e incumplimiento en las órdenes de compra realizadas por los clientes.

Por lo tanto, se realizó un estudio en el proceso de producción de ensamble de calentadores tipo Titan para identificar la causa raíz que está generando estos problemas, con el fin de reducir los tiempos de traslado generados por una mala distribución en el orden de la línea del proceso de fabricación.

Para el desarrollo de este proyecto, se identificaron los factores críticos que producen la mayor cantidad de tiempos muertos en la empresa, a través de la recolección de datos suministrados por los colaboradores de la empresa y el análisis de esta información. Utilizando la metodología DMAIC, se define que los recorridos son una de las principales características que influyen en los tiempos muertos de los productos dentro de la empresa; aquí se realizará la medición y el análisis respectivos.

Como dato importante, se logró implementar parte del estudio, lo que permitió disminuir los tiempos por recorrido, incrementar las unidades fabricadas por mes y mitigar el desabastecimiento del producto en la bodega de producto terminado.

Palabras clave: DMAIC, tiempo ocioso, distribución, incumplimiento.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente estudio se desarrollará para brindar soluciones a un problema de tiempos de fabricación en la empresa Thermo Solutions Group S.A. Esta empresa está presentando problemas en el área de producción debido a que se generan muchos tiempos muertos durante el proceso productivo, específicamente en el área de ensamble de calentadores tipo Titan, lo cual genera una gran cantidad de retrasos en las órdenes debido a un alto tiempo ocioso por recorridos. Esto impide cumplir con la planificación mensual y genera pérdidas de hasta un 23 % en órdenes de producción que deben cancelarse por falta de tiempo. Como consecuencia, se producen faltantes en la bodega principal de producto terminado, incumpliendo con los indicadores (KPI) de producción relacionados con cumplimiento de la demanda, tiempos de entrega e incumplimiento del estándar de costo de materia prima, debido a un manejo incorrecto a través de la planta que genera desperdicio por defectos en la materia prima.

Por lo tanto, se realizó un estudio del proceso de producción de ensamble de calentadores tipo Titan por medio de la metodología DMAIC para identificar cuál es la causa raíz que está generando estos problemas, con el fin de reducir los tiempos de traslado generados por una mala distribución en el orden de la línea del proceso de fabricación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Optimizar el proceso productivo en el área de ensamble de calentadores de Titan, mediante la metodología DMAIC, para reducir los tiempos ociosos por recorrido que se generan dentro del área de producción de la empresa Thermo Solutions Group S.A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Definir cuáles son los factores que están influyendo en los tiempos ociosos por recorridos en la línea de producción de ensamble del calentador Titan.

- Medir el impacto generado por una mala distribución de planta en el orden de la línea del proceso de fabricación.
- Analizar las causas raíz del proceso de ensamble que influyen en los retrasos de las órdenes de producción para lograr aumentar la producción.
- Proponer mejoras en la organización de la línea de producción para evitar tiempos ociosos por recorridos y así incumplimiento a los clientes en cuanto al tiempo de entrega y cantidad de producto entregado.
- Plantear un plan de acción que permita llevar un control de las mejoras propuestas para aumentar la producción al disminuir los tiempos ociosos por recorrido.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con en Inspectorio (2023), los retrasos en la producción representan una disminución del flujo de caja, pérdida de ventas, la necesidad de acumular un mayor inventario, insatisfacción del consumidor y dificultad para mantenerse competitivo.

Es de gran importancia tener un mejor control de la producción y aumentar la productividad y calidad de la empresa mediante análisis que permitan eliminar los tiempos ociosos por recorridos generados por una mala distribución de planta.

Una línea de producción no debe tener tiempos ociosos o improductivos, ya que estos interrumpen las actividades y el flujo de trabajo. Una mala distribución genera recorridos innecesarios, ocasionando pérdidas en la manufactura y dejando a criterio personal la eficiencia de la producción.

**Comentado [MCB1]:** Es importante que verifique que todos los autores citados estén en las referencias.

#### 1.4 ANTECEDENTES

El proyecto de graduación titulado *Diseño de propuestas de solución para el aumento de la eficiencia en la producción y la reducción de desperdicios del estator 1213-1-095-05*, realizado por Andrés Josué Salas Murillo, tuvo como objetivo desarrollar propuestas para reducir la cantidad de desperdicios y aumentar la eficiencia en la línea de producción. Para lograr este objetivo, se proponen soluciones que permitan aumentar la capacidad instalada de producción y disminuir el material dañado. La metodología empleada en la investigación es la DMAIC, ya que se requiere realizar mejoras significativas y consistentes dentro de la organización. Este modelo, con su enfoque estructurado y ordenado, se adapta al cumplimiento de los objetivos planteados. El proyecto prioriza aumentar la eficiencia en la producción del estator mediante técnicas de *Lean Manufacturing* para mejorar el proceso, así como reducir los desperdicios en la línea de producción. Para alcanzar los objetivos, se implementaron propuestas relacionadas con la filosofía de las 5S y eventos *Kaizen* para mejorar los procesos clave.

El proyecto de graduación para obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Producción Industrial, titulado *Propuestas de mejora de la línea dos de empaque del Focus Factory Diálisis para la reducción de tiempos de cambio de lote*, fue realizado por Michelle Fernanda Jiménez Badilla. Este proyecto se desarrolló en la empresa Dispositivos Médicos S.A., ubicada en la Zona Franca El Coyol de Alajuela. Consistió en plantear propuestas de mejora para la línea dos de empaque del Focus Factory Diálisis con el fin de reducir los tiempos de cambio de lote. El objetivo del estudio fue disminuir el tiempo total de cambio de lotes de producción y los costos asociados. Se plantearon tres propuestas de solución: 1. Método estándar para cambios de lote, 2. Método estándar con un operador encargado del alisto previo al cambio de lote, y 3. Oportunidades de mejora en documentación. Se analizaron las operaciones y actividades para elaborar un método estandarizado que genere una reducción en el tiempo de cambio de lote de la línea dos de empaque primario. Se logró implementar parcialmente la propuesta de mejora en documentación, resultando en una reducción de 1648 hojas del total

desechado mensualmente, además de reducir las tareas innecesarias durante el cambio de lote mediante el uso de etiquetas de material acrílico.

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería de Producción Industrial, se realizó un proyecto de graduación denominado *Propuestas de mejora en la planificación de pedidos para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo*, realizado por Kimberly Patricia Rojas Reyes. El proyecto se desarrolló en la empresa Carmiol Industrial S.A. y consistió en diseñar propuestas de mejora para la planificación de pedidos. El problema identificado fue el incumplimiento de las entregas de las órdenes, con un 33 % de incumplimientos: 1 % corresponde a atrasos y 32 % a adelantos en las entregas, lo que resulta en una pérdida total de ₡2 209 381 al mes. El objetivo del proyecto fue ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo. En el diagnóstico de la situación actual se determinaron cuatro variables que afectan el proceso productivo de la empresa: rotación de puestos de trabajo, sistema de pedidos deficiente, distracciones en puestos de trabajo y escasez de materia prima. Estas variables afectan los tiempos de entrega, generando entregas adelantadas y atrasadas. Se determinó que existen reprocesos por piezas defectuosas, pérdidas de tiempo en espera de materia prima, TNVA y cálculos deficientes en los tiempos de entrega.

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, se realizó el proyecto de graduación titulado *Propuestas de mejoras para la reducción del tiempo de cambio de papel en las máquinas A-07, A-08 y T'S ubicadas en el Focus Factory SCD*, realizado por Yerlin Adriana Gamboa Miranda. El proyecto se desarrolló en la compañía Medical Industries, ubicada en la Zona Franca Coyol en Alajuela, Costa Rica. Este estudio tuvo como objetivo hacer propuestas de mejora en el proceso de cambio de papel en el Focus Factory SCD, debido a que se observaban tiempos extendidos y muy variables en su realización, impactando la disponibilidad de los equipos, la producción y, por lo tanto, los costos. Se determinó que existe variación en los tiempos de cambio de papel entre las máquinas y durante el turno de trabajo; sin embargo, el mayor factor de variación es el método no estandarizado utilizado por los operarios durante el proceso. Se presentaron cuatro propuestas de mejora y una quinta que abarca las cuatro anteriores. Tras un

análisis económico y estructural de cada una, se determinó que la propuesta cinco representa la mejor oportunidad de mejora. La solución cinco reduce el tiempo en 8.706 minutos, mejorando en un 71,24 % su duración y generando un ahorro mensual de \$10 765,01, con una recuperación de la inversión en dos meses y medio.

El trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en ingeniería Industrial con énfasis en Mejora Continua, titulado *Reducción del tiempo en el cambio de molde segmentado mediante el método DMAIC y la herramienta SMED en la empresa Bridgestone Costa Rica*, realizado por Yustin José Astúa Bermúdez, presenta un proyecto que busca la disminución de los tiempos por cambios de molde en una máquina, con el fin de reducir los tiempos muertos y, por ende, aumentar la capacidad de producción. El proyecto se desarrolló en la empresa Bridgestone de Costa Rica, específicamente en el Departamento de Vulcanización, encargado del proceso productivo final de la llanta. Este departamento presenta una gran variedad de elementos o variables que ocasionan tiempos no operativos, como la falta de llanta, fallas mecánicas y eléctricas, ajustes de piezas y cambios de molde. Se analizaron los diferentes estilos de máquinas del departamento y se escogió la de marca Kobelco, que presenta la mayor cantidad de cambios de molde y, por lo tanto, los mayores tiempos no operativos.

Para mitigar el problema de los altos tiempos muertos, se utilizó la metodología DMAIC, que consiste en definir, medir y analizar el problema, implementar mejoras y controlar el proceso. Esta metodología es útil para identificar el problema y buscar soluciones. Para implementar las mejoras, se utilizó la herramienta SMED, cuyo objetivo es reducir los tiempos de cambio de matrices o partes de una máquina. Con los análisis del DMAIC y las propuestas del SMED, se obtuvieron resultados que mejorarían el proceso de cambio de molde, reduciendo el tiempo promedio de 5 horas a 1,45 horas, es decir, una mejora de más del 50 %.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

El trabajo de grado titulado *Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico*, realizado para optar por

el título de ingeniero industrial, tiene como objetivo general elaborar un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Este trabajo de investigación se llevó a cabo en una empresa dedicada a la fabricación de productos plásticos en polietileno y polipropileno para el sector avícola. La organización cuenta con una gama de moldes propios. Para alcanzar el objetivo general, se realizó un estudio de mercado para determinar la demanda que enfrenta la compañía, se diseñó un plan de producción basado en los pronósticos realizados y se analizaron los inventarios. También se determinó la mejor distribución de planta para cumplir con el plan propuesto.

En la tesis para optar por el título de ingeniero industrial en la Universidad Privada del Norte, titulada *Propuesta de mejora de reducción de tiempos de producción para incrementar la productividad a través de las herramientas Lean Manufacturing en la empresa Fénix S.A., Lima, 2022*, realizada por Marco Antonio Farfán de los Ríos, el objetivo general es determinar en qué medida las herramientas *Lean Manufacturing* reducen el tiempo de producción para incrementar la productividad y los ingresos en la empresa Fénix S.A. La investigación es aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño preexperimental. Se diseñaron y desarrollaron las herramientas SMED y 5S, con las cuales se logró reducir el tiempo de *setup* de la máquina de 53,23 a 31,63 minutos, aumentar la eficacia del 79 % al 96 %, mejorar la eficiencia del proceso de impresión del 91 % al 97 % y elevar la productividad del 72 % al 85 % después de la propuesta de mejora.

Para obtener el título de ingeniero industrial, se presenta el trabajo de grado titulado *Propuesta de reducción de tiempos de ciclo en la empresa Corsetera Corformas S.A.S. usando herramientas de Lean Manufacturing*, realizado por David Santiago Sierra Velandia y Daniel Esteban Pérez Castillo. Los lineamientos principales del proyecto tienen como objetivo general disminuir el tiempo de ciclo del producto más significativo de la empresa, las copas para brasier en espuma, debido a demoras en las entregas. Se propuso una secuencia estructurada de implementación de herramientas específicas de *Lean Manufacturing* e ingeniería industrial para aumentar la productividad en la empresa,

fundamentada en la literatura y los modelos de las necesidades, capacidades y recursos de la empresa. Se definieron planes de implementación que incluyen las herramientas, el orden de ejecución y las actividades correspondientes.

El trabajo fin de grado en ingeniería en organización industrial titulado *Proyecto de mejora de la productividad de una línea de producción en una empresa del sector químico*, realizado por Carla Estéles Martínez, tiene como objetivo principal mejorar la productividad global de la planta de producción. Para ello, se llevó a cabo un estudio preliminar para detectar cuál es la línea de producción que más afecta los resultados negativos de la empresa, de modo que, al mejorarla, se obtenga una mejora directa en los resultados. Una vez realizado el estudio preliminar y seleccionada la línea a mejorar, se implantaron un conjunto de mejoras relacionadas con la filosofía *Lean*. Estas mejoras incrementarán la productividad de la línea de envasado seleccionada, logrando mayor flexibilidad y mejorando su eficacia y eficiencia. Se estudió en detalle la línea para detectar posibles áreas de mejora y desperdicios del proceso, garantizando la seguridad de las personas y la satisfacción del cliente.

En el proyecto de grado para optar por el título de ingeniero industrial titulado *Propuesta de mejora de la productividad en la empresa Industrias Romil S.A.S.*, realizado por Angie Valentina Ordoñez Rendón y Jhon Steven Milques Vargas, el objetivo general es plantear una propuesta de mejora de la productividad en el área de producción de la empresa Industrias Romil S.A.S. Este proyecto propone una secuencia estructurada de implementación de herramientas específicas de *Lean Manufacturing* e ingeniería industrial para aumentar la productividad en la empresa, basada en la literatura y en los modelos de necesidades, capacidades y recursos de la empresa de estudio. Se proponen planes de implementación en los cuales se definen las herramientas, el orden de ejecución y las actividades correspondientes.

## **1.5 PROYECCIONES**

Se proyecta reorganizar la distribución de la planta en el área del calentador Titan Plus con el objetivo de reducir los tiempos ociosos generados por los recorridos, mejorando así los tiempos de producción y aumentando la eficiencia en el proceso.

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de este trabajo se centra en el estudio de la reducción de tiempos ociosos por recorrido y en el cumplimiento de los indicadores de producción en la línea de ensamble de calentadores Titan, de la empresa Thermo Solutions Group S.A., ubicada en Santa Ana, provincia de San José. Específicamente, se enfoca en el área de ensamble del calentador Titan.

Thermo Solutions Group S.A. se especializa en la fabricación y comercialización de una amplia gama de productos, como calentadores de agua residenciales e industriales, calentadores de paso (eléctricos, de gas y solares), paneles solares térmicos y fotovoltaicos, así como purificadores de agua. El objetivo principal de este trabajo es proponer mejoras en la distribución de la línea de producción del calentador Titan, para reducir los tiempos ociosos por recorrido y aumentar la producción. En particular, se buscará establecer niveles de trabajo que contribuyan a controlar el incumplimiento de los indicadores de producción observados.

El alcance se centrará en el área de ensamble, donde se realizará un análisis detallado de los patrones de demanda de estos productos, la capacidad de la planta, y un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de mejorar los requerimientos de la cadena de abastecimiento y cumplir con la demanda y los tiempos de entrega a los clientes.

### **1.5.2 Limitaciones**

No será posible implementar la totalidad del proyecto en un plazo de cuatro meses, por lo que se ejecutará lo que sea viable dentro de ese período, y el resto se dejará establecido y planificado en un diagrama de Gantt.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

A continuación, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se consideraron para el desarrollo del presente estudio.

### 2.1.1 Metodología DMAIC

DMAIC es un acrónimo en inglés que representa cinco pasos: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analizar (*Analyze*), Mejorar (*Improve*) y Controlar (*Control*). Esta metodología es una estrategia utilizada para la mejora de procesos, alcanzando resultados óptimos mediante la medición del rendimiento. Esto permite que los datos recolectados y analizados posteriormente faciliten la propuesta de soluciones precisas y el seguimiento de los resultados. DMAIC es muy útil para resolver problemas con causas desconocidas en los procesos. Las cinco letras representan las fases de la mejora *Six Sigma* (Probabilidad y Estadística, 2024).

El uso de la metodología presenta ventajas como:

- Definir y medir los objetivos.
- Seguimiento y mejora del rendimiento.
- Análisis de datos.
- Satisfacción del cliente.
- Ahorro en costos y aumento de beneficios.

A continuación, se describen las cinco fases:

**Definir:** En esta fase se establece el problema a resolver. Se realiza un análisis exhaustivo del proceso para identificar dónde se encuentra el problema. La definición es fundamental para establecer los indicadores correctos que permitan un mejor conocimiento de la situación. En esta fase se determina el análisis crítico de calidad (CTQ), que incluye la voz del cliente y sus expectativas. También se utiliza el mapeo de procesos SIPOC para analizar cada parte del proceso, desde el inicio hasta el final, en

busca de mejoras. Es importante definir bien esta fase, ya que es donde comienza el desarrollo de la investigación y se establecen la dirección y los objetivos del proyecto.

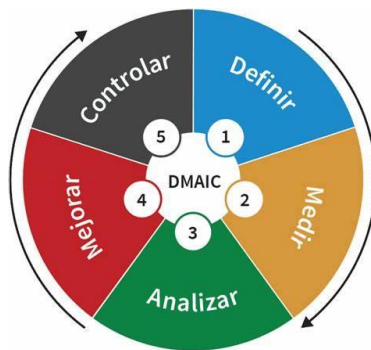
**Medir:** En esta fase se identifican las posibles causas del problema. Se obtienen los datos históricos para realizar un análisis de riesgo del impacto cuantitativo de las causas potenciales mencionadas en la etapa anterior, seleccionando y priorizándolas. Se recopilan estadísticas sobre las causas potenciales que han estado afectando el proceso.

**Analizar:** En esta fase se lleva a cabo un análisis detallado para determinar qué está afectando al proceso y qué acciones deben implementarse para corregir el problema y mejorar los indicadores establecidos. Se valoran las causas identificadas.

**Mejorar:** En esta fase se implementan las soluciones identificadas en las fases anteriores. Con base en la información obtenida sobre la causa raíz, se generan soluciones potenciales para aplicar las mejoras.

**Controlar:** En esta fase se evalúa y estudia el desempeño actual del proceso. Se implementan controles que aseguran que el proceso se mantenga en su nuevo rumbo, previniendo que las mejoras sean temporales y estableciendo un plan de monitoreo a largo plazo.

Figura 2.1: Ejemplo de la Metodología DMAIC



Fuente: Metodología DMAIC -Bing, 2021

### 2.1.2 Lluvia de ideas

También conocida como *brainstorming* o tormenta de ideas y de la cual [Dinámicas Grupales \(2023\)](#) detalla:

**Comentado [CB2]:** ¿Ese es el nombre de la página web?

[...] es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado.

Esta herramienta fue creada en 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente. Este enfoque ofrecía la oportunidad de generar ideas sobre un asunto determinado, aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

Se debe utilizar la lluvia de ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar oportunidades para mejorar.

Esta herramienta permite:

- Plantear y resolver los problemas existentes.
- Plantear posibles causas.
- Plantear soluciones alternativas.
- Desarrollar la creatividad.
- Discutir conceptos nuevos.
- Superar el conformismo y la monotonía.

## ¿Cómo se utiliza?

- Se define el tema o el problema.
- Se nombra a un conductor del ejercicio.
- Antes de comenzar la 'tormenta de ideas', se explican las reglas.
- Se emiten ideas libremente sin extraer conclusiones en esta etapa.
- Se listan las ideas.
- No se deben repetir.
- No se critican.
- El ejercicio termina cuando ya no existan nuevas ideas.
- Se analizan, evalúan y organizan las mismas, para valorar su utilidad en función del objetivo que pretendía lograr con el empleo de esta técnica.

Figura 2.2: Ejemplo de lluvia de ideas



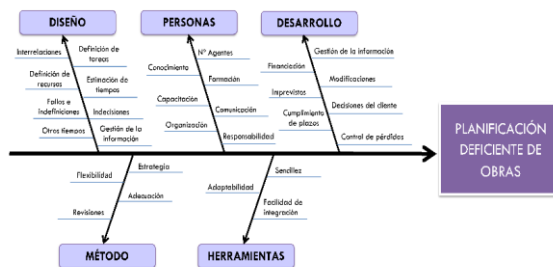
Fuente: EDIT.org, año

### 2.1.3 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama causal es la representación gráfica de las múltiples relaciones de causa y efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En la teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas (*inputs*), el proceso y las salidas (*outputs*) de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control (Gestión de la producción industrial, 2024).

**Comentado [CB3]:** Debe colocar el nombre de la página web o institución.

Figura 2.3: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Miriam, 2017.

### 2.1.4 Multivoto

La tabla de multivoto es un método utilizado para priorizar las causas de un problema. Formalmente, puede definirse como un método empleado “para clasificar problemas, características de calidad, causas de problemas o limitaciones de un proceso de mejoramiento continuo” (Acuña, 2012). Este método sigue una serie de pasos, entre los cuales se encuentra la creación de una tabla que contenga en una columna las causas y otras cinco columnas numeradas del 1 al 5. Esta tabla se distribuye a un mínimo de 10 personas conocedoras del proceso, quienes realizarán la votación. El multivoto es “una forma alternativa de votación múltiple utilizada cuando la lista de artículos es larga, proporcionando a cada miembro del equipo una cantidad de votos” (Kubiak y Benbow, 2017).

Finalmente, se debe obtener un voto ponderado multiplicando el valor obtenido por el valor de ponderación de la columna. De esta manera, se suman los puntos, y se puede determinar cuáles son las causas más representativas, considerando aquellas que han obtenido un resultado más bajo.

Figura 2.4: Ejemplo de Multivoto

Solución	Puntaje 1	Puntaje 2	Puntaje 3	Puntaje total
Cooperativa (fondo para apoyar familias, cubrir accidentes, reparaciones)	5	6	6	17
Arreglo de calles del barrio	1	7	7	15
Capacitación para montar taller propio	7	2	5	14
Seguro personal al alcance de posibilidades	2	5	6	13
Seguro que cubra daños de moto	3	4	6	13
Arreglo de puentes del barrio	6	1	4	11
Sistema de crédito más favorable (para reparaciones)	4	3	3	10

Participantes: Grupo de mototaxistas.

Fuente: Multivoto -Bing, 2019.

### 2.1.5 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada, es una gráfica que permite asignar órdenes de prioridades. Según Izar (2004), es una herramienta que ayuda a identificar las causas vitales que provocan efectos no deseados en los negocios, por lo que representa un gran apoyo para la mejora de procesos.

El diagrama de Pareto constituye uno de los primeros pasos para llevar a cabo mejoras. La aplicación de esta herramienta permite definir las áreas prioritarias de intervención, captar la atención de todos sobre las prioridades y facilitar la creación de consensos para plantear soluciones a las problemáticas. Se basa en la regla del economista italiano Vilfredo Pareto, que sostenía que aproximadamente el 80 % de los problemas se deben a tan solo un 20 % de causas (Cuatrecasas, 2017).

El diagrama de Pareto responde plenamente a estas exigencias: es muy útil para concentrar los esfuerzos en los aspectos más importantes y rentables del problema analizado, es decir, en aquellos que ocupan las posiciones más elevadas del propio diagrama (Galvano, 1995).

Figura 2.5: Ejemplo de diagrama de Pareto



Fuente: Diagrama de Pareto - Bing, 2022.

### 2.1.6 Project Charter

El *Project Charter* es una herramienta planteada al inicio de un proyecto con el fin de definir algunos aspectos importantes, como sus alcances, objetivos, responsables, stakeholders, entre otros puntos de importancia para el proyecto y sus interesados.

A través del *Project Charter* se "autoriza la gestión del proyecto para dirigir el proyecto y las fuentes locales requeridas" (Mokhatab, Poe, & Mak, 2019), por lo que debe ser una herramienta distribuida a los encargados de la organización, así como a todos aquellos que tengan intereses en el proyecto o tomen decisiones durante su transcurso. Entre los principales roles que pueden presentarse en un proyecto están el gerente del proyecto, el propietario del negocio, el gerente de la planta, el ingeniero de proyectos, el ingeniero de procesos, el ingeniero de producción, entre otros, que variarán según la compañía y el proyecto que se esté desarrollando.

Figura 2.6: Ejemplo de Project Charter

Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter)	
<b>A. Información General</b>	
Nombre del Proyecto _____	Fecha de Preparación _____
Patrocinador: _____	Fecha de Modificación: _____
Preparado por: _____	Autorizado por: _____
<b>B. Descripción del Proyecto</b>	
Descripción narrativa de los productos y servicios que deben ser suministrados por el proyecto.	
<b>C. Alineamiento del Proyecto</b>	
Objetivos de la Organización	Propósitos del Proyecto
<b>D. Objetivos del Proyecto</b>	
Objetivos del Proyecto	
Costo	
Plazo	
Calidad	
Otros	
<b>E. Alcance y Extensión del Proyecto</b>	
Principales Entregables del Proyecto.	

Project Charter Página 1

Fuente: Scribd.com, año.

### 2.1.7 Cursograma analítico

El desarrollo del cursograma analítico, también llamado diagrama de proceso del operario, es una herramienta utilizada en el estudio de movimientos. Este diagrama muestra todos los movimientos y retrasos realizados por la mano derecha e izquierda, así como las relaciones entre las divisiones básicas de las tareas desempeñadas por las manos. El propósito del diagrama de proceso bimanual es presentar una operación con suficiente detalle para analizarla y mejorarla.

Figura 2.7: Ejemplo de diagrama bimanual

DISTANCIA [m]	TIEMPO [Min]	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
		1 (Invertido)	Almacén de Materia Prima
		1 (Círculo)	Cargado de la carretilla
7		1 (Flecha)	Traslado de carretilla hacia Taladro
		2 (Círculo)	Descarga la caja
		3 (Círculo)	Taladrado de la lamina
		1 (Cuadrado)	Carga la carretilla con láminas taladradas
3		2 (Flecha)	Traslado hacia operación de ensamblado
		4 (Círculo)	Descarga las láminas taladradas
		5 (Círculo)	Ensamblado de las piezas
		6 (Círculo)	carga las puertas ya ensambladas
		1 (Cuadrado)	Inspección de producto terminado
4		3 (Flecha)	Traslado del producto terminado al almacén producto terminado
		7 (Círculo)	Descarga la carretilla
		2 (Invertido)	Se almacena el producto terminado

Diagrama de flujo de procesos

Fuente: Scribd.com, año.

### 2.1.8 Registro histórico

Son los registros que se utiliza como instrumento metodología de información que describe la manera más objetiva posible un conjunto de hechos, situaciones con las que cuentan las empresas, como bases de datos donde se puede calcular la eficiencia por medio de indicadores, ventas y todo tipo de trazabilidad.

Figura 2.8: Ejemplo de registro histórico

<b>CONTROL DE TEMPERATURA</b>		Codigo de Salud Covid 19/03																
<b>PERSONAL DE PLANTA</b>																		
DIA: <input style="width: 100px;" type="text"/>																		
NOMBRE	PUT	T°	SIGNOS												FIRMA			
			TA		CORAZON		RESPIRACION		MUSCULOS		NEUROLOGIA		OTROS					
1			S	NO	S	NO	S	NO	S	NO	S	NO	S	NO	S	NO		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

<b>PERSONAL DE VISITA</b>																		
DIA: <input style="width: 100px;" type="text"/>																		
NOMBRE	PUT	T°	SIGNOS												FIRMA			
			TA		CORAZON		RESPIRACION		MUSCULOS		NEUROLOGIA		OTROS					
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

		<b>Registro de Estado Físico del Trabajador al Inicio de la Jornada Laboral</b>		Codigo AF-SSO-REG-000 Revision 0 Pagina 1 de 2	
NOMBRE DEL SUPERVISOR					
NOMBRE DEL APR					
EMPRESA					
AREA					
FECHA (dd/mm/aa)					

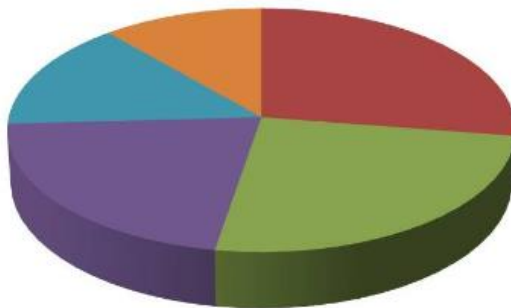
N°	NOMBRE COMPLETO	R.U.T.	CARGO	DOLENCIAS (SI/NO)	FIRMA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: Scribd.com, año.

### 2.1.9 Gráfico pastel

Una gráfica de pastel, o gráfica circular, es un tipo de representación utilizada en el análisis de datos estadísticos. Tiene la forma de un disco dividido en sectores, cuyas áreas son proporcionales a los porcentajes de los distintos componentes de la población estadística. Cada valor del carácter estudiado corresponde a un sector, y las medidas de los ángulos de los sectores son proporcionales a los números representados o a las frecuencias asociadas.

Figura 2.9: Ejemplo de pastel



Fuente: Scribd.com

### 2.1.10 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y las actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y calcular el tiempo requerido para llevar a cabo la tarea según un método de ejecución establecido. Su finalidad consiste en establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución de una tarea (Cruelles, 2013).

Una tarea está compuesta por un conjunto de operaciones que pueden ser de distintos tipos; su duración se medirá con un cronómetro, quedando registrado el tiempo. Antes de registrar el tiempo, el analista debe valorar y asignar la actividad. Para cada

operación se deberá tomar un número determinado de mediciones en función de su complejidad, dimensión, repetición e importancia.

Figura 2.10: Ejemplo de estudio de tiempos

	ELEMENTO	EMPASTAR LA MASA		TOMAR INGREDIENTES RELENO		PICAR INGREDIENTES		PONER INGREDIENTES EN EL PAN		CERRAR PAN		LLEVAR AREA DE MOLDEO	
		TO	TA	TO	TA	TO	TA	TO	TA	TO	TA	TO	TA
1		780	780	120	900	540	1440	120	1960	120	1080	60	1740
2		785	785	125	911	545	1456	118	1574	122	1096	65	1761
3		785	785	122	907	542	1449	122	1571	117	1088	63	1751
4		783	783	118	901	550	1451	123	1574	125	1099	62	1761
5		787	787	124	911	545	1456	125	1581	123	1104	65	1769
6		788	788	125	913	541	1454	120	1574	119	1099	62	1755
Tiempo Observado	T.O. prom	784,83		122,33		543,83		121,5		121,00		62,83	1756,17
Valoración del contenido de la actividad	HOLGURA 1	0,20		0,20		0,20		0,20		0,20		0,20	29,209
Tiempo Normal	T.N.	941,80		146,80		652,60		145,60		145,20		75,40	2107,400
Condiciones de descanso	HOLGURA 2	12%		12%		12%		12%		12%		12%	
Tiempo Estándar	T.S.	1054,816		164,416		730,912		163,072		162,624		84,448	2360,288

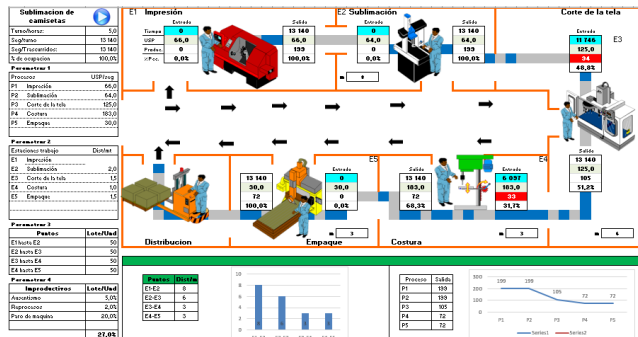
Fuente: Blogger.com, año.

### 2.1.11 Simulación

La simulación puede definirse como la experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad. Esta técnica permite trabajar en condiciones similares a las reales, pero con variables controladas y en un entorno que, aunque creado o acondicionado artificialmente, se asemeja al real.

En áreas como la ingeniería industrial, existe lo que se conoce como simulación de procesos. Esta herramienta es de gran importancia en el sector, ya que facilita enormemente la realización de proyectos y tareas. ¿Cómo lo hace? Se encarga de representar un proceso mediante otro que resulta mucho más sencillo y fácilmente comprensible.

Figura 2.11: Ejemplo de simulación

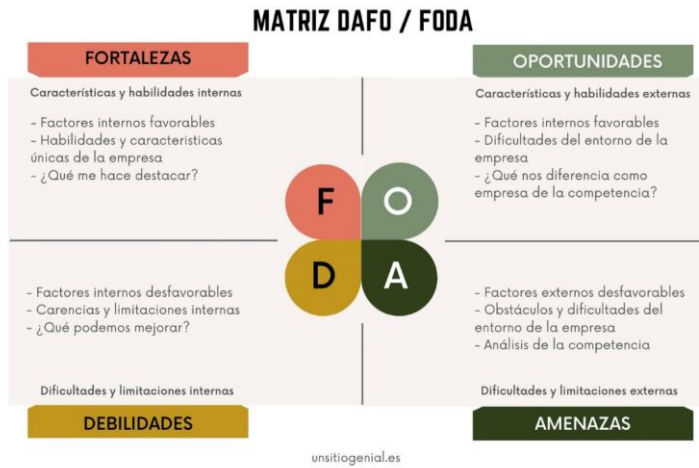


Fuente: YouTube.com, año.

### 2.1.12 Análisis FODA

El análisis FODA es una de las herramientas más efectivas para identificar de manera rápida y sencilla las fortalezas y debilidades de una organización. Además, proporciona las bases para desarrollar una estrategia que permita aprovechar las mejores oportunidades y defenderse adecuadamente de futuras amenazas (Thompson et al., 2012). Por lo tanto, se presentarán las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas detectadas.

Figura 2.12: Ejemplo de análisis FODA



Fuente: Scribd.com, año.

### 2.1.13 Matriz de estrategias

La matriz de análisis FODA es una herramienta que examina tanto las estrategias internas como externas de una empresa, evidenciando los detalles obtenidos en el análisis previo. Esta herramienta permite crear una guía mediante la combinación de los factores externos e internos de la empresa, brindando un diagnóstico para la toma de decisiones.

Figura 2.13: Ejemplo de matriz de estrategias



Fuente: Scribd.com, año.

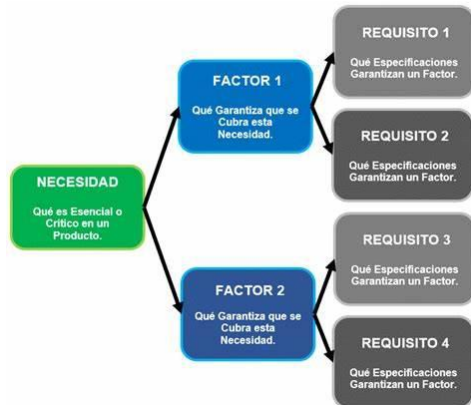
#### 2.1.14 Diagrama Árbol CTQ

CTQ, que significa *Critical to Quality* en inglés, se refiere a un atributo o característica de calidad de un producto o servicio que es fundamental según las expectativas del cliente. También alude a los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto o servicio de manera cuantitativa (métrica) y cualitativa (descripción).

Estos indicadores se derivan de los requerimientos del cliente; sin embargo, como señala Santander (2021), “determinarlos no siempre es una tarea sencilla. De hecho, muchas veces los requerimientos (del cliente) pueden resultar vagos, ambiguos y difíciles de identificar”.

Algunos ejemplos de CTQ son: tiempo de entrega, tiempo de respuesta, seguridad del producto, exactitud en los recibos de cobro, entrega completa de órdenes, pagos a tiempo, servicio cordial, información correcta, instrucciones claras y precisas, uso de los formularios correctos, especificaciones correctas, producto sin defectos y funcionamiento adecuado del equipo.

Figura 2.14: Ejemplo de diagrama CTQ



Fuente: consuunt.es, año.

### 2.1.15 SIPOC

Se utiliza para definir los elementos más relevantes de un proceso antes de que el trabajo inicie. La herramienta SIPOC abarca a los proveedores del proceso (*Suppliers*), las entradas del proceso (*Inputs*), el proceso en sí (*Process*), las salidas del proceso (*Outputs*) y los requerimientos de los clientes (*Customer*) (Rasmusson, 2006). Al elaborar el diagrama, se debe identificar lo siguiente:

- Mapeo del proceso por niveles
- Proveedores del proceso
- Especificaciones de las entradas del proceso
- Salidas del proceso
- Clientes del proceso
- Requerimientos del cliente.

Figura 2.15: Ejemplo de SIPOC

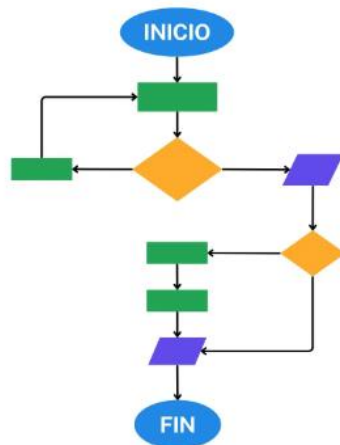
S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3 ....	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

Fuente: Scribd.com, año.

### 2.1.16 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es un diagrama que muestra el flujo de un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usa para documentar, estudiar, planificar y mejorar procesos que suelen ser complejos.

Figura 2.16: Ejemplo de diagrama de flujo



Fuente: quizizz.com, año.

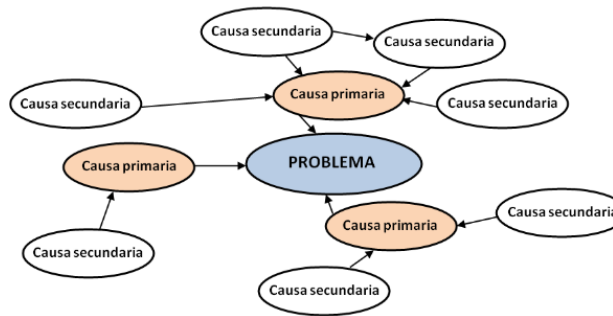
### 2.1.17 Diagrama de relaciones

Un diagrama de relaciones es un esquema que muestra las relaciones de causa y efecto entre los diferentes elementos de un problema. Esta herramienta facilita la resolución de problemas complejos, ya que permite visualizar todas las interacciones entre los componentes de un sistema.

En un diagrama de relaciones, se representan todos los elementos que forman parte del problema y se dibuja una flecha entre cada pareja de elementos relacionados para indicar que uno es la causa del otro. Los elementos con más flechas salientes indican que son las causas principales del problema.

El diagrama de relaciones es muy útil porque, al representar gráficamente todos los componentes del problema, permite identificar las causas principales y las relaciones entre los diferentes elementos, lo que ayuda a analizar el problema y encontrar una solución.

Figura 2.17: Ejemplo de diagrama de relaciones



Fuente: Blogger.com, año.

### 2.1.18 Gemba Walk

Para identificar problemas o conocer procesos de producción, es indispensable realizar recorridos o caminatas. Más específicamente, una caminata *Gemba* es un método para involucrar al personal en su entorno. En su forma más simple, una caminata *Gemba*

consiste en un recorrido por la planta con un propósito de aprendizaje específico y una frecuencia constante para estar al tanto de lo que está sucediendo. Es ideal que en una caminata *Gemba* participen uno o más líderes para observar directamente (Petruska, 2012).

Un *Lean Safety Gemba Walk* es un recorrido por el área de trabajo (*Gemba*) que se centra en la mejora continua de la seguridad (Hafey, 2017). De esta manera, se identifican las necesidades de la planta y se pueden implementar mejoras para asegurar la producción, evitando paros no programados que generen pérdidas para la empresa.

Figura 2.18: Ejemplo de formulario *Gemba Walk*

### GEMBA WALK TEMPLATE

TYPE OF WASTE	DEFINITION	OBSERVATION
<b>TRANSPORTATION</b>	Unnecessary movement of materials or people within a process, etc. that adds unnecessary time to the flow, increasing risk of being lost, placed in wrong location during transportation.	
<b>INVENTORY</b>	Packaging or finished goods inventory, requires extra storage space and handling, raw materials not being processed.	
<b>MOTION</b>	Excessive turning, lifting, walking - all unnecessary motions that increase process time.	
<b>WAITING</b>	Failures of upstream process, creating idle time in current step, causing issues with downstream process, waiting for the completion of work cycle.	
<b>OVER-PROCESSING</b>	Operation or process not required to meet customer demand, as well contains additional features that are not required by the customer.	
<b>OVERPRODUCTION</b>	Finished goods are ready before customer needs them, occupying resources and considered one of the worst losses.	
<b>DEFECTS</b>	Product quality problems etc.	
<b>SKILLS UNDERUTILIZED</b>	Shop floor talent that is not used properly, causing lower employee morale, drive and creativity.	

Fuente: [www.bing.com](http://www.bing.com), año.

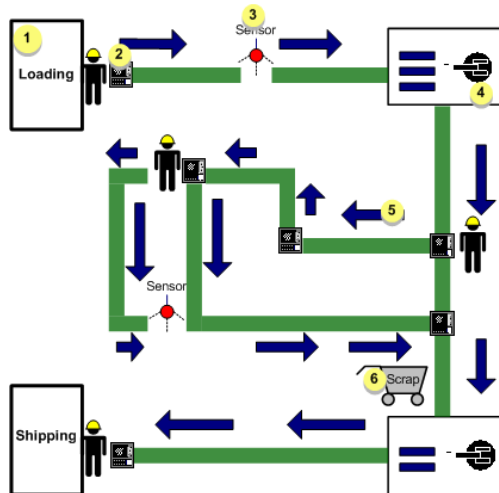
#### 2.1.19 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es un diagrama o modelo, generalmente a escala, que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo para ejecutarlas. Este diagrama ilustra el

movimiento de los operarios en su puesto de trabajo y busca conocer cada movimiento de los empleados, así como el orden lógico de los equipos y máquinas. Su objetivo es reducir los tiempos de desplazamiento de los operadores y aumentar el rendimiento de producción.

Con este diagrama es posible observar el recorrido que realiza el producto dentro de la línea de producción. Es importante marcar el inicio y el fin del traslado del producto, así como las secuencias de las estaciones, cada una con sus respectivas identificaciones.

Figura 2.19: Ejemplo de diagrama de recorrido



Fuente: ge.com, año.

### 2.1.20 ROI

Las siglas ROI provienen del acrónimo en inglés *Return on Investment*, que se traduce como Retorno de la Inversión. El ROI es un ratio económico o un indicador de medición y valoración muy utilizado en el mundo financiero para analizar la rentabilidad de balances, cuentas de resultados, marcas y empresas. El ROI indica de manera sencilla y directa el valor económico obtenido como resultado de invertir un presupuesto específico en la realización de determinadas acciones (Álvarez, 2016).

Figura 2.20: Ejemplo de ROI

**FÓRMULA PARA CALCULAR EL ROI**

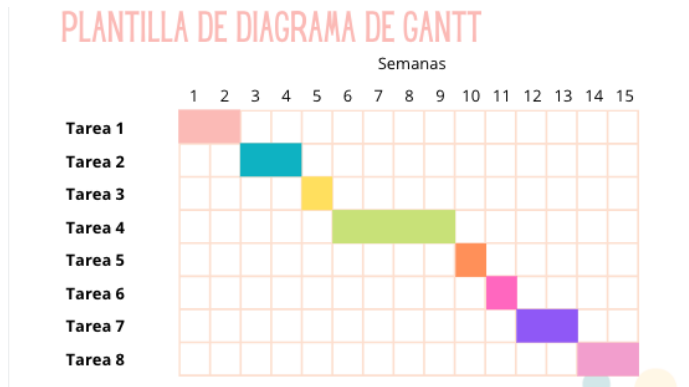
$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{INGRESOS} - \text{INVERSIÓN}}{\text{INVERSIÓN}} \times 100$$

Fuente: iebschool.com, año.

### 2.1.21 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt se utiliza para definir el inicio y el final de cada una de las actividades que conforman un proyecto. Según Milosevic (2003), “aunque el Gantt se desarrolló alrededor de 1917 y es la herramienta de programación más antigua, todavía se usa ampliamente”. La precisión del diagrama de Gantt dependerá del alcance del proyecto, las responsabilidades, los recursos y la calidad de la gestión de los horarios disponibles. En otras palabras, todos estos factores pueden alterar los tiempos establecidos para el proyecto.

Figura 2.21: Ejemplo de diagrama Gantt



Fuente: ElEmpresario.com, año.

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Es una empresa tecnológica que desarrolla y produce soluciones eficientes de ahorro energético para sus clientes, como calentadores de agua.

### 2.2.1 Visión / Misión

#### Visión

La visión de Thermo Solutions Group S.A. es una empresa que ofrece soluciones innovadoras y seguras para el calentamiento de agua y el ahorro energético por medio de alternativas solares. Buscando la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes, la generación de utilidades a nuestros accionistas y la creación de estabilidad laboral para nuestros colaboradores. (Thermo Solutions Group S.A., 2023)

#### Misión

“Consolidarse como líderes indiscutibles en el mercado centroamericano de soluciones para el calentamiento de agua y ahorro energético, haciéndolo mediante el uso eficiente de las diferentes fuentes de energía disponibles” (Thermo Solutions Group S.A., 2023)

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

Para hablar de la historia de la empresa, es necesario retroceder hasta los años 50 con la fundación de Inca por el señor Eliécer Alvarado. Inca se dedicaba a la importación y distribución de artículos para el hogar, como utensilios de cocina y herramientas. Paralelamente, en la misma década, se funda en el país Westomatic, una empresa de capital estadounidense y primer fabricante de calentadores de agua en Costa Rica.

En 1986, Roberto Alvarado, hijo de Eliécer Alvarado, funda Travomatic, empresa hermana de Inca que se dedica a la fabricación de calentadores de agua, compitiendo con Westomatic y convirtiéndose en uno de los únicos fabricantes de calentadores en el país.

En 2006, Inca y Travomatic, ambas empresas de la misma familia, se fusionan para formar Grupo Inca.

Grupo Inca continúa con las dos unidades de negocio y, en 2010, cuando la empresa comienza a enfocar más sus esfuerzos en la fabricación de calentadores de agua, se vende la parte de importación de artículos para el hogar y ferretería (Inca), pero se conserva toda la operación y la fábrica de calentadores de agua (Travomatic). Tras la venta de Inca, se constituye una nueva sociedad llamada Thermo Solutions Group S.A., de la cual el 70 % de las acciones pertenece a Travomatic y el 30 % restante a Westomatic.

En 2013, se compra el 30 % restante, y Thermo Solutions Group se convierte en una empresa de capital 100 % costarricense.

Actualmente, la compañía ha incursionado en el mercado de energía solar y filtros para agua, expandiendo su mercado tanto a nivel nacional como internacional, y ha obtenido la certificación ISO 9001 de gestión de la calidad.

### 2.2.3 Ubicación geográfica

Costado oeste de la Cruz Roja, de Santa Ana, en la provincia de San José.

Figura 2.22: Mapa satelital de Thermo Solutions Group S.A.

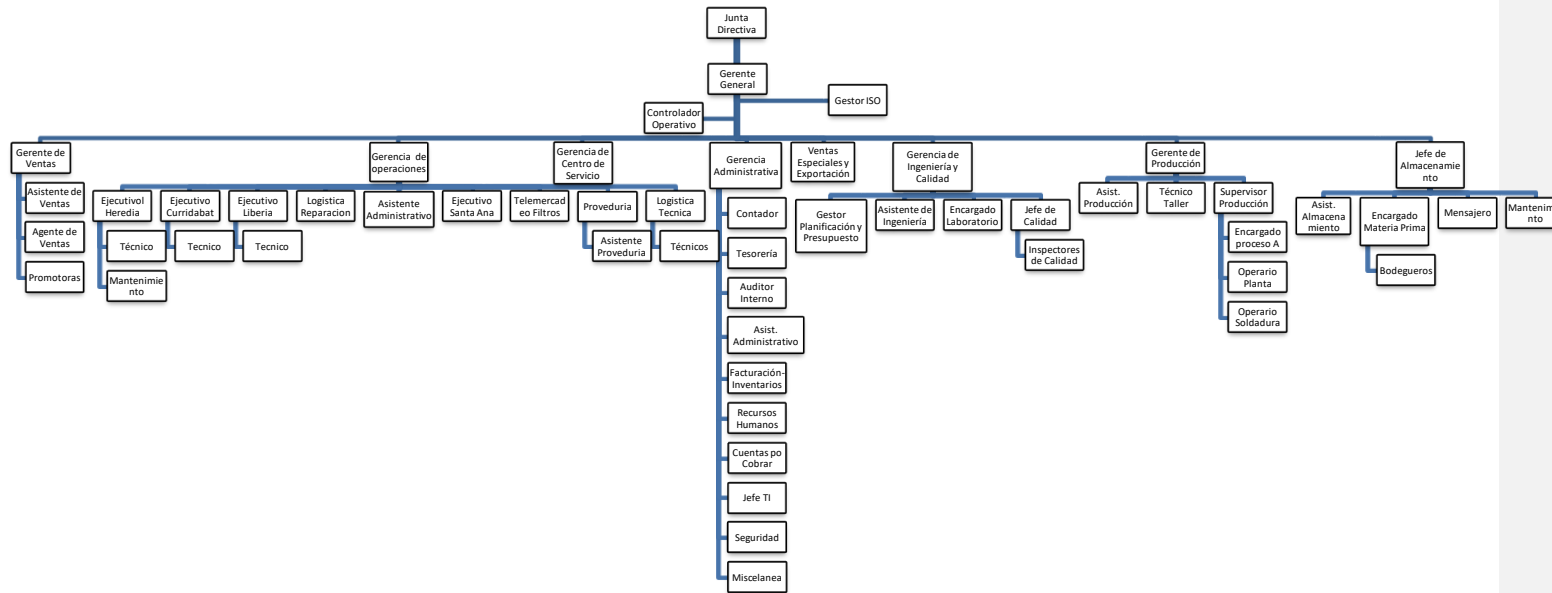


Fuente: Google Maps, 2022.

## 2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.23: Organigrama de Thermo Solutions Group S.A.



Fuente: RR.HH. Thermo Solutions Group S.A., año.

### 2.2.5 Cantidad de empleados

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

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área

<b>Puesto o Área</b>	<b>Cantidad</b>
Producción	33
Ventas	17
Centro de servicio	19
Almacenamiento y logística	9
Ingeniería y desarrollo	4
Calidad	4
Mantenimiento, misceláneos y seguridad	3
Administración. recursos humanos y TI	11
Junta directiva	6
<b>Total</b>	<b>106</b>

Fuente: Thermo Solutions Group S.A., 2023

### 2.2.6 Tipos de productos

Los productos que ofrece Thermo Solutions Group S.A.:

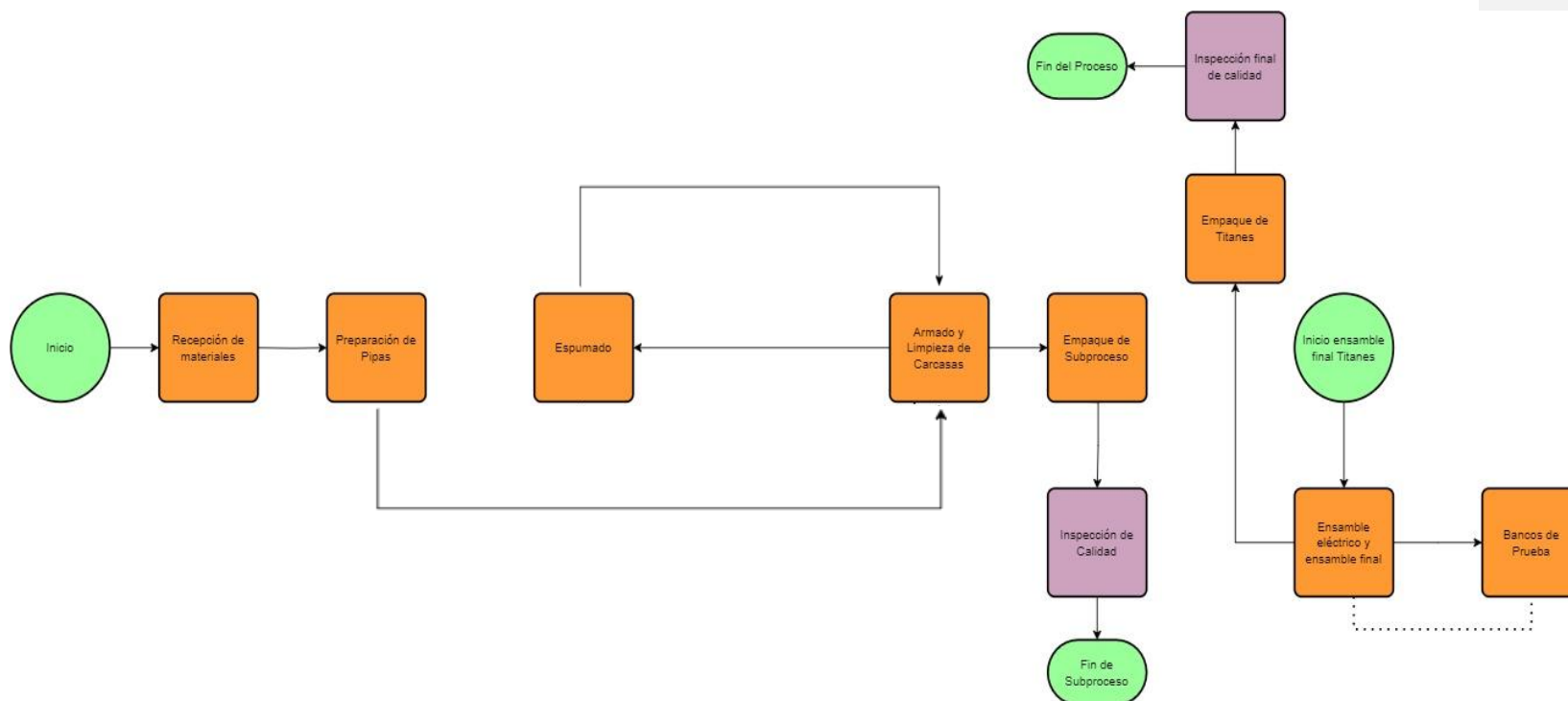
- Calentadores de agua residencial e Industrial
- Calentadores de paso, eléctricos, de gas y solares
- Paneles solares térmicos y fotovoltaicos.
- Purificadores de Agua

### 2.2.7 Mercado de exportación

Los mercados de exportación están en Centroamérica y Estados Unidos.

## 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Figura 2.24: Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Thermo Solutions Group S.A., 2024.

En el diagrama de flujo anterior, el proceso inicia con la recepción de materiales del proceso de bodega. A continuación, se procede a la preparación de pipas. Una vez completado este proceso, las pipas se trasladan al área de armado de carcasas. Tras el armado, se mueven al área de espumado. Luego de completar el espumado, se trasladan al área de limpieza, donde se lleva a cabo el acabado final del primer proceso, que es un subproceso. A este se le realiza un empaque que debe ser inspeccionado por el proceso de calidad.

Una vez realizada la inspección de calidad, se procede al ensamble eléctrico del subproceso. Después de completar el ensamble eléctrico y verificar todas las conexiones, se realizan las pruebas de funcionamiento del producto en compañía de un inspector de calidad para asegurar que los amperajes correspondan a su voltaje. Tras las pruebas, el producto se traslada al área de empaque final, donde se colocan las etiquetas de marca y se realiza una limpieza profunda del calentador. Finalmente, se efectúa el empaque final, supervisado por un inspector de calidad que verifica la estética del producto antes de ingresarlo al ERP Softland como un producto terminado.

### **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación presenta un enfoque mixto ya que las herramientas y métodos utilizados mezclan datos cualitativos y cuantitativos, que al ser analizados permite que los resultados sean confiables y verídicos. Respecto al enfoque cuantitativo Hernández et al. (2014) afirman que:

La investigación cuantitativa ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista basado en conteos y magnitudes. También, brinda una gran posibilidad de repetición y se centra en puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación cualitativa proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del entorno, detalles y experiencias únicas; por lo tanto, el trabajo se ubica dentro de ambos enfoques.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método de investigación seleccionado para este proyecto es DMAIC, una metodología utilizada en el enfoque de mejora continua y gestión de calidad. DMAIC es un acrónimo que representa las cinco fases clave de este método: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Definir:

En esta fase, se establecerán claramente los objetivos del proyecto y se definirá el problema específico a abordar en relación con la línea de producción de Titan Plus en Thermo Solutions Group. Se identificarán las metas y los resultados esperados, así como los criterios de éxito para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Medir:

En esta fase, se recopilarán los datos relevantes relacionados con la línea de Titan Plus, tales como los tiempos ociosos para reducirlos y así aumentar la producción, los

desempeños actuales, entre otros. Estos datos serán analizados y utilizados como base para evaluar el estado actual de la línea de producción y proponer una nueva distribución del proceso.

**Analizar:**

En esta fase, se realizará un análisis detallado de los datos recopilados para identificar las causas raíz de los problemas detectados en la línea actual de producción. Se utilizarán herramientas y técnicas como diagramas de causa-efecto, análisis de Pareto y diagramas de flujo para comprender las interacciones y los puntos críticos en el proceso. Este análisis ayudará a identificar las áreas de mejora más relevantes y prioritarias.

**Mejorar:**

En esta fase, se propondrán soluciones específicas para abordar las causas raíz identificadas en la fase de análisis. Se utilizarán herramientas y técnicas como el diseño de la optimización de procesos y la implementación de buenas prácticas de manufactura en el proceso de ensamble de Titan Plus. Estas soluciones serán diseñadas para maximizar la eficiencia, minimizar los tiempos ociosos y optimizar la disponibilidad del producto terminado.

**Controlar:**

En esta fase, se establecerán medidas y controles para asegurar que las mejoras implementadas sean sostenibles y se mantengan a largo plazo. Se propondrán indicadores de desempeño clave y se establecerán sistemas de monitoreo para una evaluación continua. Además, se implementarán planes de capacitación y se establecerán procedimientos para garantizar la correcta ejecución de los nuevos procesos y prácticas.

### 3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

#### 3.3.1 Sujetos de información

##### PROJECT CHARTER

###### A. Información general

**Nombre del proyecto:** Propuesta de análisis y mejora para aumentar la producción en el proceso de Titan Plus en la empresa Thermo Solutions Group S.A.

**Fecha de elaboración:** 06 de febrero del 2024.

**Realizado por:** José Ramírez Vásquez.

**Autorizado por:** Gerencia General.

###### B. Necesidad del proyecto

Identificar una propuesta que reduzca los tiempos ociosos generados por una mala distribución en el orden de la línea del proceso de fabricación para aumentar la producción en el proceso dentro del área de producción de la empresa Thermo Solutions Group S.A.

###### C. Objetivos del proyecto

- Definir los factores que influyen en los tiempos ociosos de la línea de producción de ensamble del calentador Titan Plus.
- Calcular el impacto que genera la mala distribución de planta en el orden de la línea del proceso de fabricación.
- Examinar las causas raíz que influyen en los retrasos de las órdenes de producción para lograr aumentar la producción.

- Proponer una línea de producción más organizada para evitar tiempos ociosos y por consiguiente los cuellos de botella en la producción de calentadores.
- Diseñar un plan de acción que permita un control de las mejoras propuestas, logrando aumentar la producción al disminuir los tiempos ociosos.

#### **D. Alcance del proyecto**

El alcance se enfocará principalmente en la línea de producción de Titan, donde se ensamblan estos calentadores los calentadores para su venta final.

#### **3.3.2 Fuentes primarias**

Con respecto a las fuentes primarias, Hernández et al. (2014) mencionan que:

[...] proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que contienen los resultados de estudios como libros, antologías, artículos, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, documentales, videocintas en diferentes formatos, foros y páginas de internet, entre otros. (p. 61)

Este tipo de fuentes contiene información originada en el proceso; es el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones analizadas directamente por el departamento de producción antes de ser interpretada o evaluada por otra persona.

Dentro de las fuentes de información primarias para el análisis del problema, se utilizan los reportes históricos de los tiempos de producción generados en el segundo semestre del año 2023 (de julio a diciembre de 2023).

### **3.3.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes de información secundarias utilizadas en este estudio son documentos, sitios web, libros, tesis e informes oficiales que describen las herramientas ingenieriles empleadas para la investigación de los datos y la toma de decisiones sobre el problema presentado.

### **3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS**

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir cuáles son los factores que están influyendo en los tiempos ociosos por recorridos en la línea de producción de ensamble del calentador Titan.	Factores que están influyendo en los tiempos ociosos en la línea de producción.	Define clara y precisamente los elementos que intervienen en los resultados del proceso.	Se identifican cuáles son las fallas que se presentan en la línea de ensamble de Titan.	Lluvia de ideas Ishikawa Multivoto Diagrama de Pareto
Medir el impacto generado por una mala distribución de planta en el orden de la línea del proceso de fabricación.	Impacto.	Cambio o alteración que se producen en el proceso de fabricación como consecuencia de la actividad y la intervención humana.	Mediante la información documentada, se realizan gráficas que indican dónde la distribución de la planta presenta puntos que se convierten en retrasos en la línea de producción.	Cronograma analítico Registro histórico Diagrama pastel Estudio de tiempos Simulación
Analizar las causas raíz del proceso de ensamble que influyen en los retrasos de las órdenes de producción para lograr aumentar la producción.	Causas raíz del proceso de ensamble que influyen en los retrasos de las órdenes de producción	Identificación del origen de un problema y buscar una solución de forma que el problema se trate en su raíz.	Por medio de análisis, se interviene la línea de producción para definir cuáles son las causas de los retrasos que hay en los procesos, todo esto mediante soluciones aportadas por los mismos	FODA Matriz de estrategias Árbol CTQ SIPOC Diagrama de flujo Diagrama de relaciones <i>Gemba Walk</i>

			colaboradores del proceso.	
Proponer mejoras en la organización de la línea de producción para evitar tiempos ociosos por recorridos y así incumplimiento a los clientes en cuanto al tiempo de entrega y cantidad de producto entregado.	Mejoras en la organización de la línea de producción.	Es la acción que nos permite conseguir que la metodología empleada cumpla su cometido y que sea eficiente.	Por medio de los resultados obtenidos en el análisis, se proponen mejoras al área del proceso productivo afectado, estas deben permitir mitigar los tiempos ociosos y evitar los cuellos de botella.	Diagrama de flujo Diagrama bimanual Estudio de tiempos Simulación
Plantear un plan de acción que permita llevar un control de las mejoras propuestas para aumentar la producción al disminuir los tiempos ociosos por recorrido.	Plan de acción.	Un plan de acción es una herramienta de planificación que establece las actividades que se realizarán para lograr objetivos y metas	Se plantea un plan de acción para el proceso de ensamble de Titan para controlar las mejoras propuestas y aumentar la producción.	Diagrama de recorrido ROI Diagrama Gantt

Fuente: Autor

### **3.5 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos de recolección de información que permitieron realizar un mejor análisis de la información, dentro de esta investigación son: registro histórico, *Gemba Walk* y encuestas.

#### **3.5.1 Lluvia de Ideas**

También conocida como *brainstorming* o tormenta de ideas y de la cual la Universidad de Champagnat (2002) detalla lo siguiente:

[...] es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado.

El objetivo de esta técnica es fomentar el trabajo en equipo en donde todas las personas involucradas en el proceso brindan aportes de gran valor que puedan ayudar a determinar las fallas en el proceso.

#### **3.5.2 Registro histórico**

Se identifica como toda la información con la que cuenta la empresa para obtener los datos más relevantes que puedan aportar a la situación actual del proceso, alineando el análisis de la problemática que presenta el proyecto.

#### **3.5.3 Gemba Walk**

Es ideal que una caminata *Gemba* cuente con la presencia de uno o más líderes para observar directamente (Petruska, 2012). Un *Lean Safety Gemba Walk* es un recorrido por el área de trabajo (*Gemba*) que se centra en la mejora continua de la seguridad (Hafey, 2017). De esta manera, se pueden identificar las necesidades de la planta y actuar con mejoras que aseguren la producción y eviten paros no programados que generen pérdidas a la empresa.

La caminata *Gemba* es una técnica que permite obtener un panorama más claro del proceso de producción. Indica qué mejoras se pueden realizar para garantizar la seguridad de los colaboradores y para mitigar tiempos muertos durante el proceso de producción.

#### 3.5.4 Project Charter

En la siguiente tabla se muestra el Project Charter realizado para presentar el proyecto. En este se detalla la información general del proyecto, la necesidad de este, los objetivos y los alcances.

Comentado [MCB4]: No se muestra una tabla.

## PROPUESTA DE ANÁLISIS Y MEJORA PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE TITAN PLUS EN LA EMPRESA THERMO SOLUTIONS GROUP S.A.

### Director de proyecto / Nivel de autoridad

José Augusto Ramírez Vásquez

La autoridad total en la administración de costos y recursos asociados al proyecto depende de la gerencia general. Los cambios en alcance y tiempo deberán ser acordados con el gerente general.

### Justificación

Es de gran importancia tener un mejor control de la producción y aumentar la productividad y calidad de la empresa mediante análisis que permitan incrementar la producción, eliminando los tiempos ociosos causados por recorridos innecesarios debido a una mala distribución de planta. Una línea de producción no debe presentar tiempos ociosos o improductivos, ya que interrumpen las actividades y el flujo dentro de la misma. Una mala distribución genera recorridos innecesarios que ocasionan pérdidas en manufactura y dejan la eficiencia de la producción a criterio personal.

## **Objetivo**

Optimizar el proceso productivo en el área de ensamble de calentadores Titan para reducir los tiempos ociosos ocasionados por una mala distribución en el orden de la línea de fabricación dentro del área de producción de Thermo Solutions Group S. A.

## **Requerimientos/Descripción del producto final**

Crear una nueva distribución del proceso que permita mitigar los tiempos ociosos causados por la distribución actual y, a su vez, incrementar la producción para evitar desabastecimientos en la bodega de producto terminado.

Es importante señalar que la nueva distribución deberá ser presentada a la junta directiva para su aprobación antes de iniciar la fase de reingeniería del proceso.

## **Recursos asignados**

Para la planificación inicial:

- Subgerente de producción durante el tiempo requerido para realizar el proyecto.
- Contratista encargado de los cambios solicitados.
- Mano de obra por parte de los operarios de producción.

## **Partes implicadas (*Stakeholders*)**

- Gerencia general, encargada de dar el visto bueno al diseño de distribución.
- Gerencia ventas, este proceso no tendrá desabastecimiento del producto.
- Producción, se verán beneficiados al cumplir con la producción en tiempos cortos de entrega facilitando el trabajo de los operarios.
- Almacenamiento y logística, contará con inventario para poder suplir las necesidades de ventas.

### **Estimación inicial de tiempo**

Se estima un período de 4 meses para la finalización del proyecto, considerando todos los requerimientos necesarios para su realización. Lo que no se pueda implementar durante este tiempo quedará establecido en el cronograma de trabajo.

Fecha de finalización: 31 de julio de 2024.

### **Estimación inicial de costes**

El presupuesto total para la nueva distribución es de €650 000, distribuidos en materiales de conexión eléctrica, conexiones de aire comprimido y mano de obra. Para este trabajo se reutilizarán materiales existentes en el edificio.

### **Requerimientos y responsables de aprobación**

- Aprobación del diseño de la nueva distribución: Gerencia general.
- Aprobación del contrato de construcción: Gerencia general.
- Aceptación final del proyecto: Gerencia general.
- Aceptación de cambios en plazos y/o costes adicionales: Gerencia general.

### **Nombre y firma**

Gerente General:  
José Esquivel Chaverry

Responsable de Proyecto:  
José Augusto Ramírez Vásquez

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Este proyecto se desarrolla por medio de la metodología DMAIC, a continuación, se presenta un esquema donde se puede evidenciar las herramientas utilizadas en cada una de sus etapas:

Figura 3.1: Descripción de la metodología utilizada en cada etapa del ciclo DMAIC

Definir	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por medio de lluvia de ideas, se determinaron los diferentes tipos de problemas ocasionados en la producción.</li><li>• Utilizar multivoto para seleccionar las ideas más relevantes.</li><li>• Con el diagrama de Ishikawa, se logró obtener la causa principal y los factores.</li><li>• Buscar cuáles son los problemas principales mediante un diagrama de Pareto.</li></ul>
Medir	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una encuesta a los colaboradores que están en el proceso.</li><li>• Por medio de un registro histórico, se obtienen los datos que se van a analizar.</li><li>• Organizar los datos obtenidos en el registro histórico en un diagrama de pastel.</li></ul>
Analizar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar el entorno de la línea de producción de Titan mediante el FODA.</li><li>• Determinar el árbol de CTQ para definir los requerimientos del cliente interno en la línea de producción.</li><li>• Con un diagrama de flujo, se puede ver la distribución del proceso actual.</li><li>• Mediante la herramienta los 5 porqués, se puede determinar los fallos en el proceso.</li><li>• Por medio de un diagrama de relaciones, se puede analizar los problemas complejos.</li><li>• Por medio del diagrama bimanual, se puede ver el flujo de la operación.</li><li>• Mediante el TOC, se puede direccionar el proceso hacia el resultado de manera más lógica y sistemática.</li><li>• Con el SIPOC, se determina <b>FALTA ALGO</b></li></ul>
Mejorar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaborar un diagrama del recorrido del proceso en la línea Titan.</li><li>• Mediante la teoría de las 5S, se pretende mantener la línea de producción en óptimas condiciones operativas.</li></ul>
Controlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Con el círculo de Ohno, se pretende visualizar el trabajo desarrollado para cada puesto en la línea de producción.</li><li>• Realiza caminatas periódicas <i>Gemba</i> para verificar que las acciones propuestas se cumplan y solucionen el problema.</li></ul>

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Esta investigación se lleva a cabo en la empresa Thermo Solutions Group S.A., ubicada en Santa Ana, San José. Se enfoca en el proceso de producción, específicamente en el área de ensamble del calentador Titan, debido a que se generan muchos tiempos muertos durante el proceso productivo, lo cual ocasiona retrasos significativos en las órdenes debido a una mala distribución en la línea de producción.

A continuación, se desarrollará la metodología DMAIC, que consta de las etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esta metodología se aplica para identificar las anomalías del proceso, mitigar los tiempos muertos, asegurar un buen abastecimiento del producto en el mercado y, a su vez, garantizar la satisfacción del cliente.

#### **4.1 DEFINIR**

Tal y como se menciona en el planteamiento del problema, la empresa enfrenta dificultades en la línea de producción del calentador Titan, lo cual genera índices muy bajos en la fabricación de dicho calentador, ocasionando desabastecimientos en la bodega de producto terminado e incumplimiento en las órdenes de entrega a clientes.

##### **4.1.1 Análisis FODA**

Se realiza un análisis FODA con el objetivo de analizar el entorno de la empresa tanto a nivel interno como externo, y así evidenciar los factores que están afectando a la empresa y provocando retrasos en la línea de producción del calentador Titan.

Figura 4.1: Análisis FODA



Fuente: Autor

#### 4.1.2 Matriz de estrategias

La matriz de análisis FODA es una herramienta estratégica que evalúa tanto los factores internos como externos de una empresa, en la cual se evidencian los detalles obtenidos del análisis previo. Esta herramienta permite crear una guía mediante la combinación de los factores externos e internos de la empresa, brindando un diagnóstico para la toma de decisiones.

A continuación, se presenta la matriz de estrategias resultante de los factores mencionados:

Figura 4.2: Matriz de estrategias



Fuente: Autor

En la matriz anterior se detallan las estrategias del análisis FODA posibles para la mejora de la situación actual de la empresa en el proceso de ensamble del calentador Titan.

**Estrategia FO1: Beneficiar el incremento de la producción mediante la mejora de los tiempos y la distribución de los procesos.**

Thermo Solutions Group ha experimentado un alto incremento en la fabricación de calentadores; para ello, es necesario actualizar los procesos y mitigar los tiempos muertos en las diferentes actividades del proceso.

**Estrategia DO1: Mitigar la cantidad de tiempos ociosos que se generan por recorridos para incrementar los niveles de inventario.**

Mediante una nueva distribución del proceso, se pretende mitigar los tiempos ociosos, aumentar la producción y, con ello, incrementar los inventarios.

**Estrategia FA1: Investigar las nuevas tendencias del mercado frente a la competencia en calentadores.**

Es importante estar al tanto de las tendencias actuales del mercado; de esta forma, se puede obtener una ventaja frente a las nuevas tecnologías que puedan ofrecer otros fabricantes o distribuidores en el mercado.

**Estrategia DA1: Incrementar los lotes de las órdenes de producción para mitigar el incumplimiento de entregas por faltantes.**

Se deben incrementar los lotes de las órdenes de producción o la cantidad a producir por mes; esto generaría un mayor ingreso de productos a la bodega de producto terminado, manteniendo un mejor nivel de inventario y, a su vez, mitigando el incumplimiento de entregas por faltantes de producto.

Para el presente estudio, se eligió la estrategia DO1: mitigar la cantidad de tiempos ociosos mediante una nueva distribución para incrementar la producción y, a su vez, los niveles de inventario.

**4.1.3 Lluvia de ideas**

Se realiza una lluvia de ideas para obtener toda la información posible acerca de los problemas presentes en el proceso productivo de la línea del calentador Titan Plus. Esta información se recopila durante una reunión en la planta de producción, específicamente en el área de Titanes, donde se convoca al gerente de producción, subgerente de producción, gerente de calidad y tres operarios del proceso. Con base en su criterio experto, en esta ubicación el equipo tiene acceso directo al proceso, lo que permite comprender mejor el problema actual e identificar las posibles causas que están influyendo en el proceso para encontrar una mejora.

A continuación, se detalla el equipo involucrado en esta lluvia de ideas:

- Gerente de producción: 1 persona.
- Subgerente de planta: 1 persona.
- Gerente de Calidad: 1 persona.
- Operarios de producción: 3 personas.

En la presente tabla se detallan las posibles causas detectadas por los colaboradores en el proceso de producción del ensamble del calentador Titan:

Tabla 4.1: Lluvia de ideas

Línea de producción calentador Titan	
Causa	Ideas
1	Tiempos muertos por recorrido.
2	Proceso no estandarizado.
3	Falta de distribución de actividades.
4	Debido a la mala distribución del proceso, no se tiene buen manejo del personal.
5	No se tiene un proceso de producción establecido.
6	El espacio de trabajo es limitado lo que no permite trabajar altos volúmenes.
7	Falta de herramienta para agilizar el proceso.
8	Herramientas en mal estado.
9	Falta de personal.

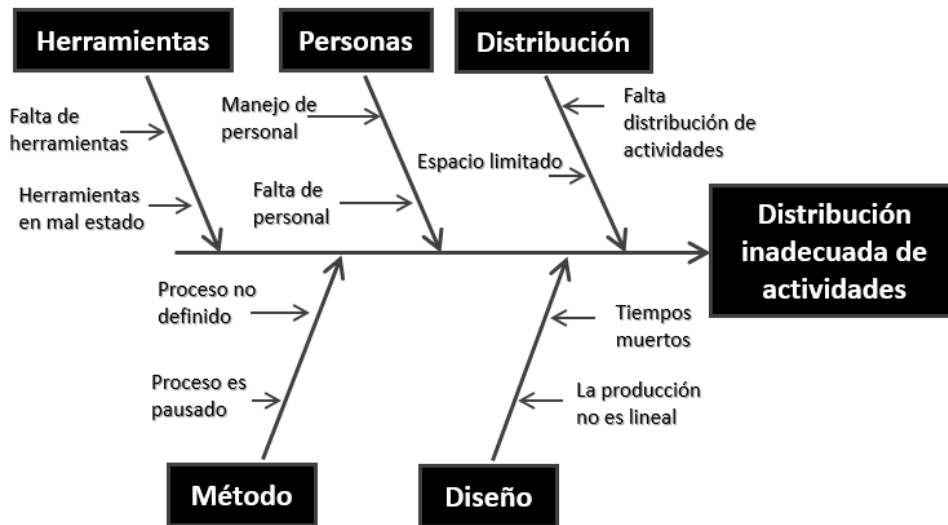
Fuente: Autor, 2024

**Comentado [MCB5]:** A algunas fuentes propias le coloca el año y a otras no. Es importante unificarlo.

#### 4.1.4 Diagrama de Ishikawa

Con la información previamente expuesta, cada causa se clasifica de acuerdo con la categoría correspondiente a las 6 M, siguiendo los términos de importancia.

Figura 4.3.: Diagrama de Ishikawa – Capacidad ineficiente para el cumplimiento de la demanda



Fuente: Autor, 2024

En el diagrama de causa y efecto se representan varios elementos que pueden contribuir al problema actual del proceso de pintura interna. En el diagrama anterior se muestra con precisión cada posible causa, junto con su respectiva categoría, para facilitar su interpretación y clasificación. A continuación, se detallan las causas según su categoría en el diagrama de Ishikawa:

### Herramienta

- **Herramienta en mal estado:** La herramienta con que se cuenta permanece en mal estado de funcionamiento lo que provoca retrasos en el proceso productivo.
- **Falta de herramienta:** En el proceso se requiere más equipos para disminuir el tiempo de trabajo en cada actividad.

## Personas

- **Manejo de personal:** Al ubicarse los puestos de trabajo muy distanciados o mal distribuidos, se dificulta llevar un mejor control del personal y de las actividades que los colaboradores realizan.
- **Falta de personal:** Se requiere más personal para alivianar la carga laboral de cada trabajador y aumentar la productividad.

## Distribución

- **Espacio limitado:** El espacio disponible para el proceso de ensamble es reducido, esto impide trabajar con cantidades grandes de producto.
- **Falta de distribución de actividades:** El proceso no presenta un orden lineal de producción, lo cual provoca que se genere entre las actividades tiempos de espera.

## Método

- **Proceso no definido:** No existe una estandarización del proceso, lo cual genera que los colaboradores en las estaciones de trabajo realicen sus funciones a como ellos consideran que es la forma correcta.
- **Proceso pausado:**

Comentado [MCB6]: Parece que falta algo.

## Diseño

- **La producción no es lineal:** La distribución de las estaciones de trabajo no muestran un orden lineal, de acuerdo con el proceso productivo, lo que con lleva a generar tiempos ociosos por recorrido.

- **Tiempos muertos:** Se generan tiempos muertos por recorridos, debido a las distancias entre estaciones de trabajo.
- **Proceso no estandarizado:**

Comentado [MCB7]: Acá también.

Todas las posibles causas mencionadas anteriormente, clasificadas según su categoría, afectan a la empresa económicamente, provocando desabastecimientos en la bodega e incumpliendo con los KPI.

#### 4.1.5 Diagrama de multivoto

A cada idea se le asigna un puntaje dentro de una escala de 1 a 3 puntos, donde 3 puntos corresponden a la causa más probable y 1 punto a la menos probable. Para este proceso, se convocó a 6 personas a la reunión. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 4.2: Diagrama de multivoto realizado para obtener valores

Causa	Ideas	Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5	Persona 6	Total	Porcentaje
1	Tiempos muertos por recorrido.	3	3	3	3	3	2	17	14%
2	Proceso no estandarizado.	2	2	1	2	2	2	11	9%
3	Falta de distribución de actividades.	2	2	2	2	3	3	14	12%
4	Debido a la mala distribución del proceso, no se tiene buen manejo del personal.	2	3	2	1	2	1	11	9%
5	No se tiene un método de producción establecido.	1	3	1	2	1	3	11	9%
6	El espacio de trabajo es limitado lo que no permite trabajar altos volúmenes.	3	3	3	3	3	3	18	15%
7	Falta de herramienta para agilizar el proceso.	2	2	2	1	1	2	10	8%
8	Herramientas en mal estado.	1	2	1	2	2	2	10	8%
9	Falta de personal.	3	2	3	2	3	3	16	14%
	<b>Total</b>							<b>118</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autor, 2024

A cada colaborador se le entregó un formulario en el que se registraron los puntos obtenidos por cada causa, que deben clasificar según la causa más probable del problema actual en el proceso de ensamble del calentador Titan. La causa con la puntuación más alta debe ser la de mayor criticidad, para determinar así la causa raíz del problema actual.

Tabla 4.3: Diagrama de multivoto realizado para obtener valores

Causa	Ideas	Total	Porcentaje
6	El espacio de trabajo es limitado lo que no permite trabajar altos volúmenes.	18	15%
1	Tiempos muertos por recorrido.	17	14%
9	Falta de personal.	16	14%
3	Falta de distribución de actividades.	14	12%
2	Proceso no estandarizado.	11	9%
4	Debido a la mala distribución del proceso, no se tiene buen manejo del personal.	11	9%
5	No se tiene un proceso de producción establecido.	11	9%
7	Falta de herramienta para agilizar el proceso.	10	8%
8	Herramientas en mal estado.	10	8%
<b>Total</b>		<b>118</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autor, 2024

#### 4.1.6 Diagrama de Pareto

De acuerdo con la información mencionada anteriormente en este análisis, se le asigna el porcentaje acumulado a cada una de las causas, como se muestra a continuación:

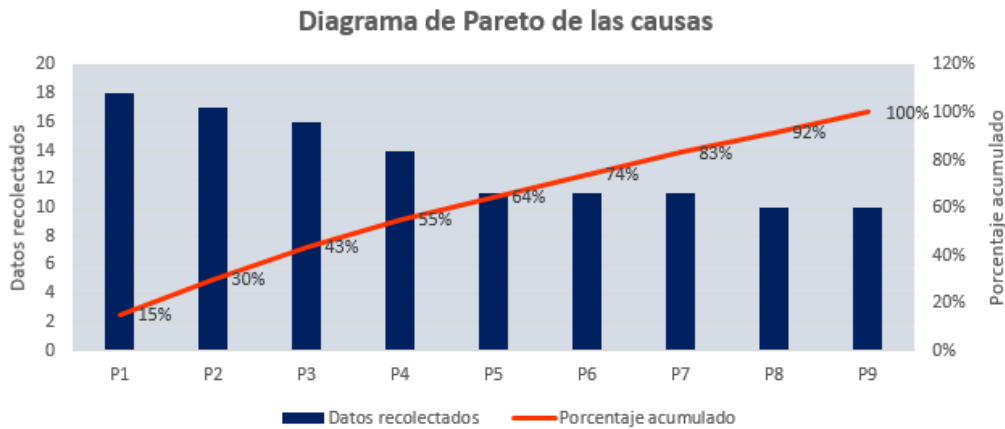
Tabla 4.4: Porcentaje acumulado de cada causa – Proceso Titan

Posición real (Causas y datos ordenados)	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1 El espacio de trabajo es limitado lo que no permite trabajar altos volúmenes	18	15%	15%
2 Tiempos muertos por recorrido	17	14%	30%
3 Falta de personal	16	14%	43%
4 Falta de distribución de actividades	14	12%	55%
5 Proceso no estandarizado	11	9%	64%
6 Debido a la mala distribución del proceso, no se tiene buen manejo del personal	11	9%	74%
7 No se tiene un proceso de producción establecido	11	9%	83%
8 Falta de herramienta para agilizar el proceso	10	8%	92%
9 Herramienta en mal estado	10	8%	100%

Fuente: Autor, 2024

Como se denota en los datos anteriores de porcentaje acumulado, las 7 primeras causas representan el 80 % de la solución del problema. A continuación de refleja en el siguiente diagrama de Pareto lo indicado:

Figura 4.4: Diagrama de Pareto – Proceso Titan



Fuente: Autor, 2024

Con la información obtenida, se realiza un análisis estadístico para determinar las causas que se muestran en el diagrama de Pareto anterior, aplicando la metodología 80/20. A continuación, se presentan las causas que representan el 80 % del problema:

Tabla 4.5: 80 % de las causas – Proceso Titan

ID en gráfico	Posición real (Causas y datos ordenados)		Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
P1	1	El espacio de trabajo es limitado lo que no permite trabajar altos volúmenes	18	15%	15%
P2	2	Tiempos muertos por recorrido	17	14%	30%
P3	3	Falta de personal	16	14%	43%
P4	4	Falta de distribución de actividades	14	12%	55%
P5	5	Proceso no estandarizado	11	9%	64%
P6	6	Debido a la mala distribución del proceso, no se tiene buen manejo del personal	11	9%	74%
P7	7	No se tiene un proceso de producción establecido	11	9%	83%

Fuente: Autor, 2024

## 4.2 MEDIR

### 4.2.1 Cursograma analítico

En el siguiente cursograma analítico, se puede observar la cantidad de distancias recorridas por los operarios de producción para cada actividad a realizar, además del

tiempo empleado por recorrido, el cual es desfavorable para el proceso. El tiempo de recorrido se establece por cada unidad que se transporte.

Figura 4.5: Cursograma analítico – Proceso Titan

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO					Tiempo de recorrido total	Distancia total	Cantidad de operarios
	□	○	→	D	▽			
Recepción de materiales	.							2
Preparación de Pipas		.						1
Armado de carcasas (16 uds)		.	.	.		2min 40 s	16 m	2
Espumado		.	.	.		20 s	9 m	1
Limpieza		.	.	.		20 s	9 m	2
Empaque	.	.			.			2
Ensamble eléctrico		.	.			10 s	6 m	2
Banco de pruebas	.	.						2
Ensamble final		.	.			10 s	6m	2
Empaque	.	.			.	1 min 34 s		1
Tiempo y distancia total						1 h 6 min	46 m	

Fuente: Autor, 2024

Figura 4.6: Descripción de simbología de cursograma analítico

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
○	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso Agrega, modifica, montaje, etc.
□	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
→	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

Fuente: Ingeniería y educación, año.

## 4.2.2 Registro histórico

La siguiente tabla muestra los datos de los calentadores fabricados durante los primeros 5 meses del año 2023. Esta contempla las órdenes de producción, el artículo a fabricar, la fecha requerida, el estado, la referencia (inventario nacional o exportación) y la cantidad a producir. Todos estos datos se obtienen en la reunión de cadena de abastecimiento, la cual se realiza cada mes.

Tabla 4.6: Calentadores producidos de enero 2023 a mayo 2023

SEMANA	(Todas)
AÑO	2023
DÍA	(Todas)
TIPO	(Todas)

Calentadores fabricados durante el periodo de enero 2023 a mayo 2023							
OP	ARTICULO	DESCRIPCION	FECHA REQUERIDA	ESTADO	BOD_P	REFERENCIA	CANTIDAD RECET.
OP-0004374	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 31 de enero de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/CON DISPLAY	150
OP-0004398	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 28 de febrero de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/TMST CERRADO/ PIPA NACIONAL	150
OP-0004399	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 28 de febrero de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/TMST ABIERTO/ PIPA CHINA	91
OP-0004497	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de marzo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004498	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de marzo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	150
OP-0004501	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	viernes, 31 de marzo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	70
OP-0004535	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de marzo de 2023	Cerrada	05	EXPORTACIONES/ SINSA/ SIN TERMS. RESET NI DISPLAY	80
OP-0004588	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004593	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004594	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004696	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004697	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004698	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004700	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/ REPLANEADA	100
OP-0004708	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004709	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	50
<b>Total producidas</b>							<b>1641</b>

Fuente: Thermo Solutions, año.

La siguiente tabla muestra los datos de las órdenes de producción canceladas entre los meses de enero 2023 a mayo del 2023 por falta de tiempo.

Tabla 4.7: Ordenes de producción canceladas de enero 2023 a mayo 2023

SEMANA	(Todas)
AÑO	2023
DIA	(Todas)
TIPO	(Todas)

OP	ARTICULO	DESCRIPCION	FECHA_REQUERIDA	ESTADO	BOD_PT	REFERENCIA	CANTIDAD RE
OP-0004589	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cancelada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004590	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cancelada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004648	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 28 de abril de 2023	Cancelada	05	SINSA/ SIN TERMOSTATO RESET Y SIN DISPLA	80
OP-0004699	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cancelada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0004787	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	miércoles, 31 de mayo de 2023	Cancelada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/ REPLANEADA	100
<b>Total Canceladas</b>							<b>480</b>

Fuente: Thermo Solutions, año.

La siguiente tabla muestra los montos por pérdidas en ventas no efectuadas durante el mes de marzo del 2024, en donde se reflejan la cantidad de pérdidas que sufrió la empresa al no contar con un inventario para satisfacer la demanda de dicho calentador.

Tabla 4.8: Pérdidas por ventas no efectuadas.

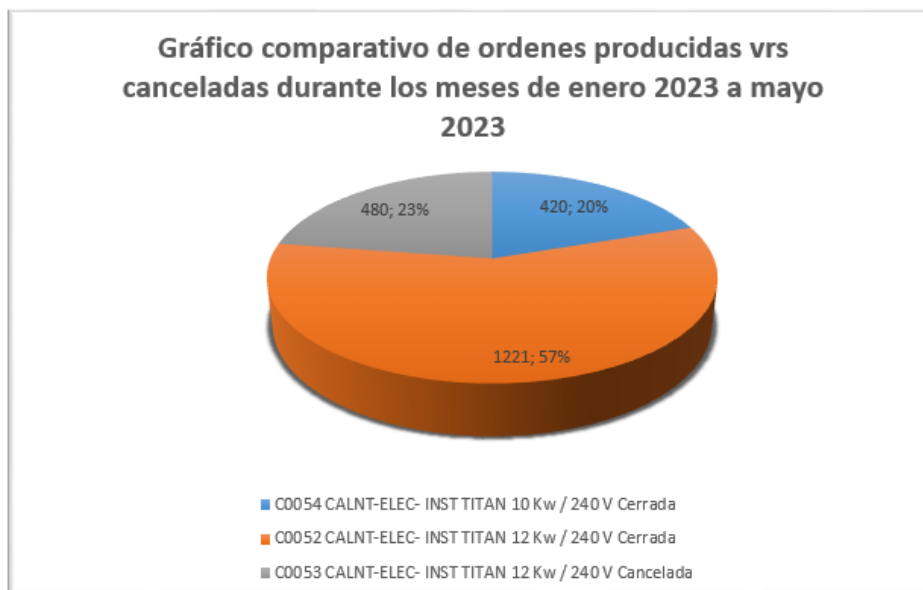
Fecha Desp	Orden Compra	Cliente	Producto	Descripción	Cantidad	Vendedor	Total SIN IVA	Monto Despach	Diferencia
2/3/2024	10142090	SARDINAL	C0082	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	12	CHRIS	€ 1 632 000,00	€ -	€ 1 632 000,00
2/3/2024	10142090	SARDINAL	C0084	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	10	CHRIS	€ 1 240 000,00	€ -	€ 1 240 000,00
12/3/2024	10143016	COLONO	C0082	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	5	CARLOS	€ 680 000,00	€ -	€ 680 000,00
12/3/2024	10143016	COLONO	C0084	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	7	CARLOS	€ 868 000,00	€ -	€ 868 000,00
17/3/2024	10143057	LAGAR	C0082	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	24	JAFET	€ 3 264 000,00	€ -	€ 3 264 000,00
17/3/2024	10143057	LAGAR	C0084	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	16	JAFET	€ 1 984 000,00	€ -	€ 1 984 000,00
24/3/2024	10143088	EPA	C0082	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	20	PEDRO	€ 2 720 000,00	€ -	€ 2 720 000,00
24/3/2024	10143088	EPA	C0084	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	8	PEDRO	€ 992 000,00	€ -	€ 992 000,00
<b>TOTAL MARZO</b>							<b>€ 13 380 000,00</b>		

Fuente: Departamento de ventas, año.

### 4.2.3 Diagrama pastel

El siguiente diagrama representa el comparativo de las cantidades totales de las órdenes producidas y órdenes canceladas durante los meses de enero 2023 a mayo 2023.

Figura 4.7: Diagrama pastel comparativo de órdenes producidas vs. canceladas



Fuente: Autor

### 4.2.4 Estudio de tiempo

La siguiente tabla muestra un resumen de los tiempos de producción del proceso actual del calentador Titan Plus. Estos datos fueron proporcionados por la empresa de acuerdo con un estudio de tiempos realizado en el proceso de producción.

Tabla 4.9: Resumen de tiempos y traslados de producción

Resumen de tiempos					
#	Actividad	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Tiempo recorrido	Distancia total
1	Preparación de pipa	323	5,39		
2	Ensamblado de carátula	701	11,69	2 min 40 s	16 m
3	Espumado	749	12,48	20 s	9 m
4	Limpieza	612	10,20	20 s	9 m
5	Ensamble eléctrico	921	15,34	10 s	6 m
6	Prueba de funcionamiento	544	9,06		
7	Ensamble final	362	6,04	10 s	6 m
7	Empaque			1 min 34 s	
<b>Tiempo total (min)</b>			<b>70,20</b>	<b>5 min 14 s</b>	<b>46 m</b>

Fuente: Thermo Solutions, año.

#### 4.2.5 Simulación

Los siguientes datos corresponden a la simulación realizada del proceso de ensamble del calentador Titan, basados en los tiempos proporcionados por la empresa. En el Anexo 2 se pueden observar las fotografías del proceso actual.

La siguiente tabla muestra los datos utilizados para llevar a cabo el estudio de simulación, incluyendo los tiempos en segundos de cada actividad, las distancias recorridas entre ellas, las unidades producidas entre actividades y los parámetros de tiempos improductivos.

Tabla 4.10: Datos utilizados para simulación proceso actual

Ensamble de calentador Titan	
Turno/horas:	8,2
Seg/turno	26 863
Seg/Trascurridos:	26 863
% de ocupacion	100,0%

Parametros 1	
Procesos	USP/seg
P1 Preparación de pipas	323,0
P2 Armado total	2062,0
P3 Ensamble eléctrico	921,0
P4 Prueba de funcionamiento	544,0
P5 Ensamble y empaque final	362,0

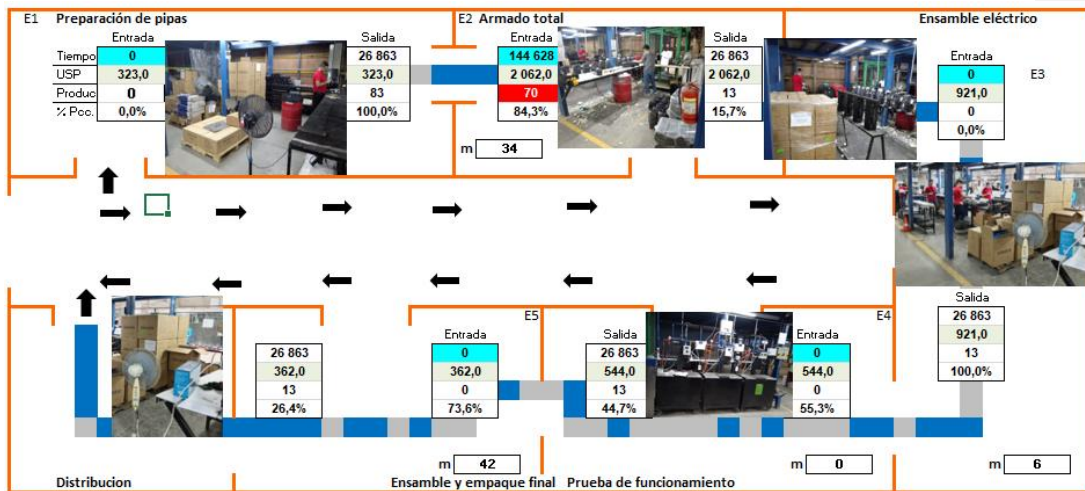
Parametros 2	
Estaciones trabajo	Dist/mt
E1 Preparación de pipas	0,0
E2 Armado total	34,0
E3 Ensamble eléctrico	6,0
E4 Prueba de funcionamiento	0,0
E5 Ensamble y empaque final	6,0

Parametros 3	
Puntos	Lote/Und
E1 hasta E2	50
E2 hasta E3	16
E3 hasta E4	20
E4 hasta E5	2

Parametros 4	
Improductivos	Lote/Und
Ausentismo	5,0%
Reprocesos	2,0%
Paro de maquina	2,0%
	9,0%

Fuente: Autor

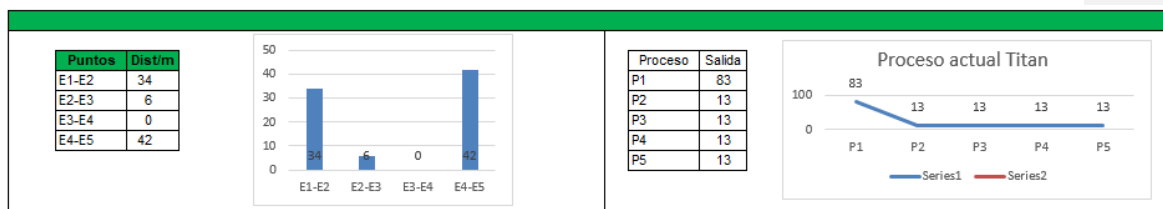
Figura 4.8: Figura de simulación proceso actual



Fuente: Autor

La figura anterior muestra los resultados obtenidos de la simulación, en la cual se puede observar el cuello de botella que se genera en la actividad de armado total de pipas. De las 83 unidades que salen de la actividad de preparación de pipas, 70 unidades quedan rezagadas en el proceso, mientras que solo 13 unidades pasan a las siguientes etapas. Esto refleja una producción diaria de 13 calentadores.

Figura 4.9: Gráficos de simulación actual



Fuente: Autor

Los gráficos anteriores muestran los resultados obtenidos de la simulación, en los cuales se reflejan las distancias recorridas entre las distintas actividades y las salidas de unidades diarias. La actividad P2 se identifica como el cuello de botella y marca el ritmo de la producción.

### 4.3 ANALIZAR

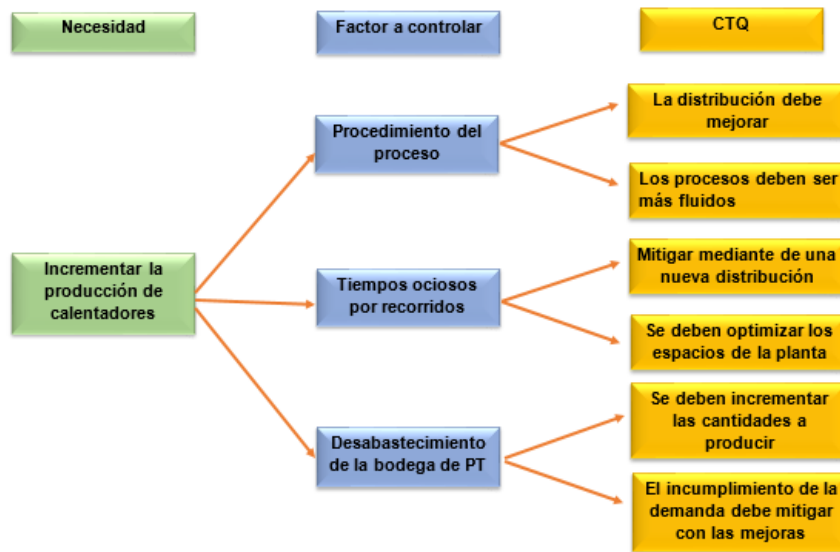
Para esta etapa de la metodología, se realiza un estudio utilizando las siguientes herramientas ingenieriles: Análisis FODA, matriz de estrategias, árbol CTQ, diagrama SIPOC, diagrama de flujo, diagrama de relaciones y *Gemba Walk*.

#### 4.3.1 Árbol CTQ

Se elabora el diagrama CTQ para determinar las necesidades y los factores a considerar que permiten medir la calidad del servicio brindado a los clientes con los productos de la empresa Thermo Solutions Group.

En el siguiente diagrama se detallan los datos obtenidos:

Figura 4.10: Árbol CTQ



Fuente: Autor

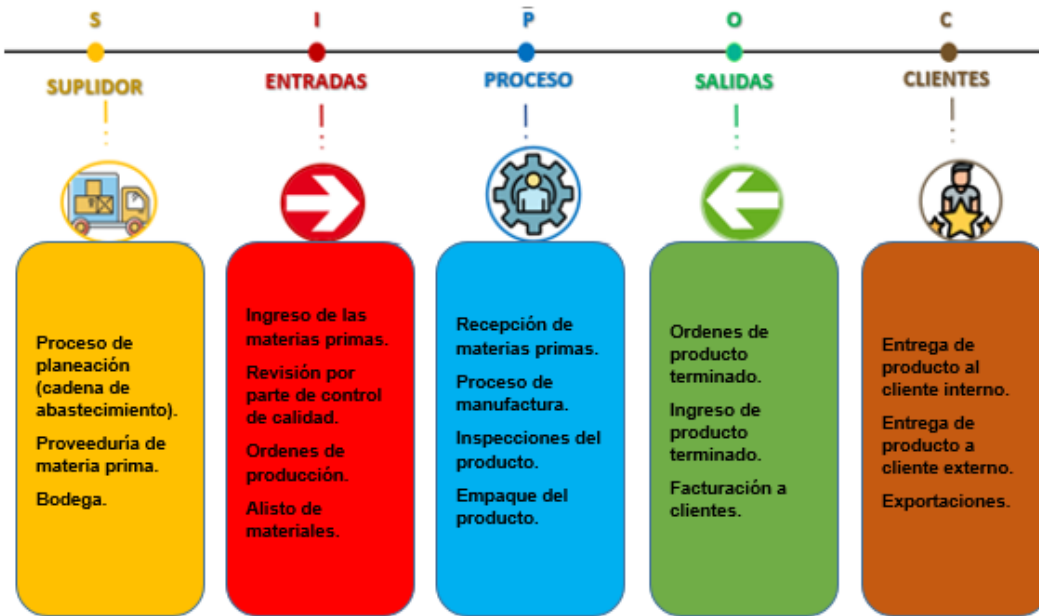
En el árbol CTQ anterior se puede observar la necesidad de incrementar la producción de calentadores, mediante tres factores a controlar, cada uno con sus parámetros de calidad críticos, los cuales se interpretan de la siguiente manera:

- Procedimiento del proceso: El proceso debe mejorar la distribución, relacionando los procesos de manera que sean más fluidos para generar un impacto positivo en la producción, incrementando así la productividad en la planta de producción.
- Tiempos ociosos por recorrido: Estos pueden mitigarse mediante una nueva distribución que rediseñe la planta de producción de manera que las actividades estén organizadas de acuerdo con la secuencia de ensamble del calentador.
- Desabastecimiento de la bodega de producto terminado: Con la nueva distribución de producción, los inventarios deben presentar una tendencia a la mejora, logrando un mejor nivel de producto terminado mediante el incremento de las órdenes de producción.

#### **4.3.2 Diagrama SIPOC**

En el siguiente diagrama se representa el proceso de producción de la empresa, desde la planificación de la producción hasta la entrega del producto final a los clientes.

Figura 4.11: Diagrama SIPOC



Fuente: Autor

A partir del diagrama de SIPOC, a continuación, se detallan de cada uno de sus procesos:

### Suplidor

- El proceso de planeación define la cantidad de calentadores a fabricar según el requerimiento de los clientes y los niveles de inventario.
- La proveeduría es el proceso encargado de contactar a los proveedores para abastecer las necesidades de materia prima, conforme a la planeación, para la manufactura de los productos y cumplir con las metas.
- El proceso de bodega recibe la materia prima de las órdenes de compra y la documentación para realizar los respectivos ingresos al sistema, de manera que se visibilice su disponibilidad.

## **Entradas**

- Al ingresar los materiales de las órdenes de compra, la bodega los recibe, verifica el producto contra la orden de compra solicitada, y cuenta las unidades según el criterio establecido en el plan de calidad.
- Se solicita la inspección por parte del proceso de calidad si es requerida. Después de la inspección y disposición del producto, se entregan los documentos para realizar el respectivo ingreso al sistema.
- Se crean las órdenes de producción y, una vez ingresadas al sistema, se procede con el alistamiento de las órdenes de producción.

## **Proceso**

- El proceso de producción recibe el material. En este proceso, se debe verificar los materiales, cantidades y estado de acuerdo con la orden de producción que se va a manufacturar.
- Se realiza el proceso de manufactura, que consta de cinco etapas: armado de carcasa, ensamble eléctrico, pruebas de funcionamiento, ensamble final y empaque. Estas etapas son validadas por controles de calidad durante el proceso.

## **Salidas**

- Una vez realizados los procesos anteriores, el departamento de calidad libera el producto para que pueda ser ingresado al sistema. Este proceso se realiza mediante correo electrónico, en el que calidad indica la liberación del producto para almacenamiento. El personal de almacenamiento se encarga de retirar el producto de producción y notificar a administración para que se aplique el ingreso al sistema ERP.
- El proceso de ventas y servicio al cliente es responsable de realizar la facturación de los productos según sea necesario.

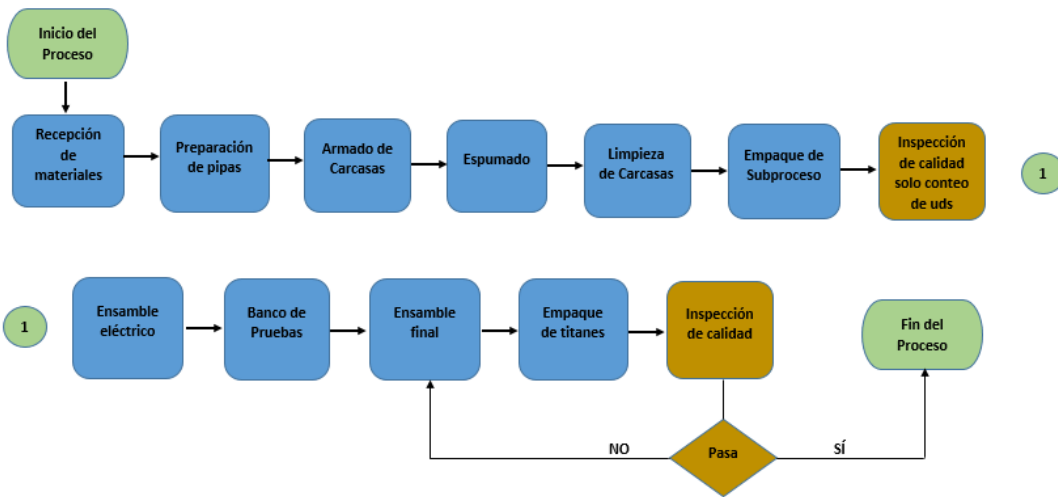
## Clientes

- Se realiza el proceso de entrega del producto al cliente interno (almacenamiento).

### 4.3.3 Diagrama de flujo

En el siguiente diagrama de flujo se interpreta el proceso de la fabricación del calentador Titan Plus.

Figura 4.12: Diagrama de flujo - Proceso Titan



Fuente: Autor

### Interpretación del proceso

El proceso inicia con la recepción de materiales. En esta actividad, el coordinador del área realiza un conteo de los materiales, verificando las cantidades de las materias primas requeridas.

En el segundo proceso, comienza la actividad de preparación de pipas. Aquí, el operario realiza el armado de pipas, que consiste en colocar las resistencias y el ánodo de

sacrificio para realizar una prueba de fugas. Se verifica que cada calentador continúe en el proceso con los estrictos controles de calidad.

En la tercera actividad, se realiza el armado de pipas. Para llevar a cabo esta tarea, el producto en proceso se traslada a una carcasa plástica, que se perfora con una broca sierra de 7/8" para la entrada y salida de agua del calentador y una de 1 ¼" para colocar la válvula de seguridad.

En la cuarta actividad, las pipas se trasladan al área de espumado, donde se inyecta un líquido de poliuretano que actúa como aislante térmico para evitar la pérdida de temperatura interna del calentador. Se debe verificar que el líquido cubra adecuadamente el área entre la carcasa y la pipa.

En la quinta actividad, las pipas se devuelven al puesto de trabajo de la tercera actividad para limpiar el calentador y verificar que la inyección de poliuretano haya quedado bien aplicada.

En la sexta actividad, se procede al empaque del subproceso y se notifica a control de calidad para su respectiva revisión.

En la séptima actividad, tras la liberación del producto por parte de calidad, se realizan las conexiones internas de las resistencias a los termostatos. Se deben verificar todos los ajustes de los tornillos con el torque del taladro en la posición 5 para evitar falsos contactos y que las líneas se recalienten, produciendo un cortocircuito.

En la octava actividad, se llevan a cabo las pruebas de funcionamiento. Esta prueba se realiza al 100 % de la orden de producción, en conjunto con calidad, donde se verifica el consumo eléctrico, amperajes y presión con flujo de agua.

En la novena actividad, se realiza el ensamble final del producto, que incluye una limpieza total, y se colocan las etiquetas del producto y la placa de datos, que debe marcar la

fecha por mes y año de fabricación, potencia y voltaje, de acuerdo con la orden de producción.

En la décima actividad, se efectúa el empaque final, que consiste en armar la caja del calentador y marcar la potencia indicada para proceder a guardar el calentador.

En la undécima actividad, se notifica al proceso de calidad para su revisión final. Esta revisión incluye una inspección visual mediante la tabla militar de inspección normal a un nivel general de inspección II, en la que se verifica que los calentadores no estén sucios, que las placas de datos estén bien marcadas y que no presenten golpes en la carcasa.

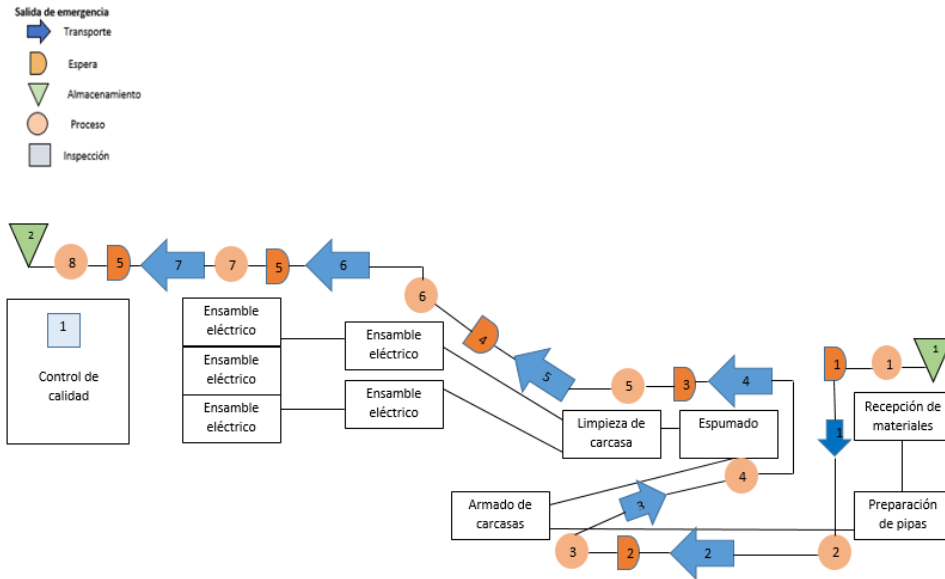
#### **4.3.4 Diagrama de recorrido**

En el siguiente diagrama de recorrido se muestra el proceso actual de producción, en donde se reflejan los recorridos que existen entre cada actividad del proceso de fabricación del calentador-

En este diagrama se tiene enumerada cada proceso, transporte, espera, inspección de calidad y almacenamiento para tener un mejor control del proceso y se distribuyen de la siguiente forma.

- 8 procesos productivos.
- 7 transportes
- 6 procesos de espera
- 1 inspección de calidad
- 2 de almacenamiento la primera donde se recibe el material con el operario de bodega y la segunda cuando se realiza el ingreso de producto terminado.

Figura 4.13: Diagrama de recorrido del proceso actual

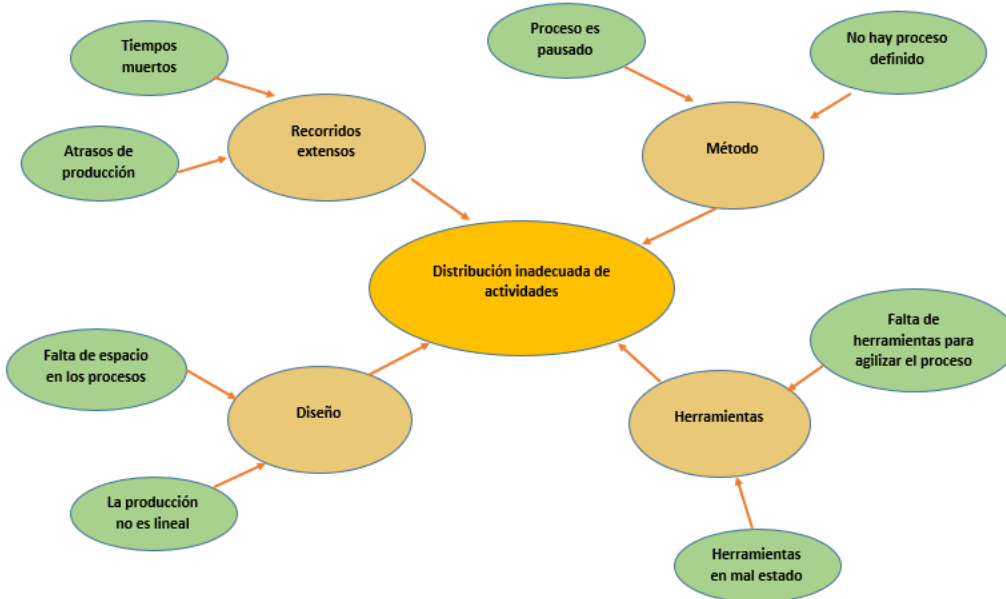


Fuente: Autor

### 4.3.5 Diagrama de relaciones

En el siguiente diagrama de relaciones se interpreta la causa-efecto del problema existente en el proceso del calentador Titan.

Figura 4.14: Diagrama de relaciones del proceso Titan



Fuente: Autor

### Interpretación del diagrama

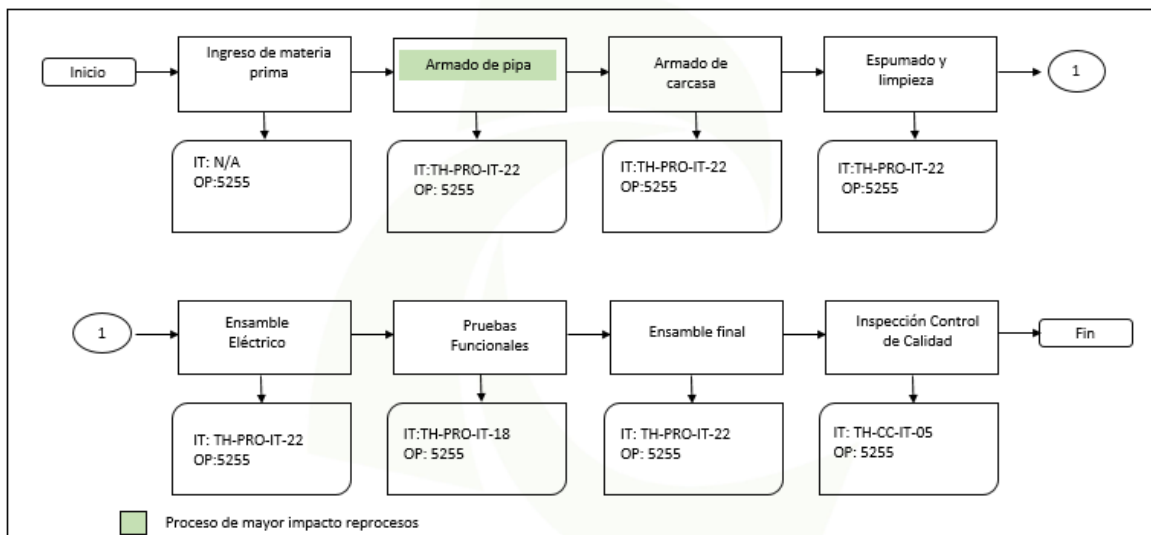
- El problema principal radica en la distribución inadecuada de las actividades, lo que genera recorridos extensos y tiempos muertos, causando atrasos en la producción.
- El método de trabajo no es adecuado, lo que evidencia la falta de un proceso definido; el actual es muy pausado debido a los recorridos ocasionados por una mala distribución.
- El mal diseño de la distribución impide que la producción sea lineal y causa la ausencia de un flujo continuo en los procesos.
- La falta de herramientas adecuadas impide que el proceso sea más fluido, y las herramientas en mal estado frenan el ritmo de la producción.

### 4.3.6 Gemba Walk

El siguiente *Gemba Walk* se realizó con los colaboradores en el proceso de ensamble del Titan, en conjunto con el proceso de calidad, y se obtuvieron los siguientes datos:

- Documentos y órdenes de producción en proceso durante la Caminata Gemba – Titan Plus.
- Observación del proceso de trabajo, interacción con los empleados, adquisición de conocimiento sobre el proceso de trabajo y exploración de oportunidades para la mejora continua.

Figura 4.15: *Gemba Walk* del proceso Titan



Fuente: Calidad, año.

Figura 4.16: Formulario *Gemba Walk* del proceso Titan

Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Recibo de material
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input type="checkbox"/> Si, ¿cuál? _____ <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Anteriormente conteo de unidades
¿Cómo identifica un problema?	Con la revisión de ingreso
¿Qué considera que se puede arreglar?	Inspección de recibo de materia prima
¿Qué considera que no se puede arreglar?	Recepción total de la OP
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Supervisor
Observaciones y recomendaciones	Crear IT de recibo de materia prima, más atención al detalle con la entrega de material ya que puede venir mal contado
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera A / 24-05-2024

Fuente: Calidad, año.

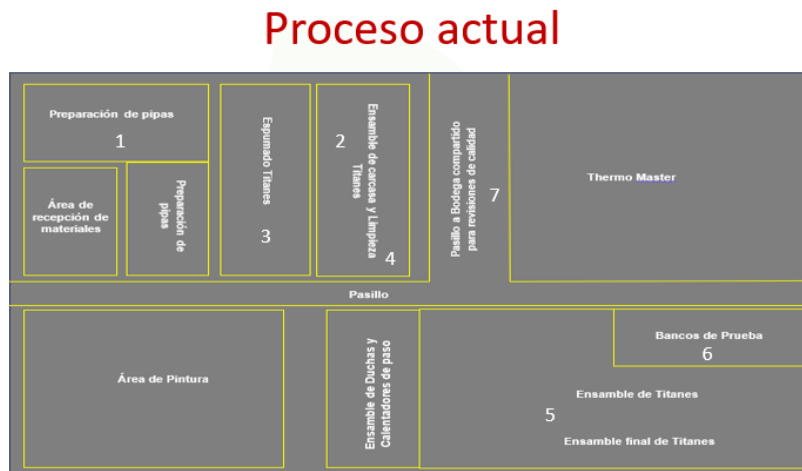
En el formulario anterior se puede observar parte del trabajo realizado con cada colaborador del proceso. Se realizan una serie de preguntas para que, mediante su experiencia, puedan proporcionar observaciones sobre el proceso y recomendaciones para la mejora continua. Los formularios completados por cada colaborador se encuentran en los anexos.

## Resultados

A través de esta metodología Lean, se detectan las siguientes mejoras a implementar:

- Actualización en IT de los diferentes procesos mencionados en los formularios previamente presentados.
- Incorporación de una cultura de calidad, fundamental en estos procesos.
- El proceso no es lineal; al no contar con este tipo de flujo, no se logran altos niveles de producción, mejoras en la calidad del producto ni tiempos de entrega más cortos. Es necesario enfocar la atención en puntos de control críticos, como fugas, espumado y armado, para tener un mejor control de la calidad de los productos y lograr una mayor satisfacción del cliente. Se deben establecer puntos de control importantes en los procesos críticos que lo requieran.
- El involucramiento de los colaboradores fue la fuente principal de ideas expuestas durante esta caminata *Gemba*, proporcionando mejoras para los procesos.

Figura 4.17: Distribución actual del proceso Titan



Fuente: Autor

### **Interpretación de distribución actual de la planta**

El proceso inicia con la recepción de materiales. En esta actividad, el coordinador del área realiza un conteo de los materiales.

Como primera actividad, se lleva a cabo la preparación de pipas. En esta etapa, el operario realiza el armado de pipas, que incluye la colocación de las resistencias y el ánodo de sacrificio, además de realizar una prueba de fugas.

En la segunda actividad, se procede al armado de pipas.

En la tercera actividad, las pipas se trasladan al área de espumado, donde se inyecta líquido de poliuretano.

En la cuarta actividad, las pipas se devuelven al puesto de trabajo de la tercera actividad para llevar a cabo la limpieza del calentador.

En la quinta actividad, se realizan las conexiones internas de las resistencias a los termostatos.

En la sexta actividad, se realizan las pruebas de funcionamiento, verificando el consumo eléctrico, los amperajes y la presión con flujo de agua.

El ensamble final del producto se efectúa en el puesto de la quinta actividad, donde se realiza una limpieza total del producto y se colocan las etiquetas correspondientes.

En la séptima actividad, se realiza el empaque final. Este proceso se lleva a cabo en un pasillo que da acceso a la bodega de materia prima. Debido a la falta de espacio, esta área se comparte, lo que obstaculiza el libre tránsito.

Según los seis principios de distribución de Richard Muther, se busca establecer una distribución de la planta que maximice el aprovechamiento de los recursos y minimice los desperdicios.

De acuerdo con el principio de integración de conjunto, se pretende organizar la distribución de la planta de forma que los operarios, el equipo y los espacios estén integrados, fomentando el compromiso entre ellos.

Respecto al principio de mínima distancia recorrida, se busca elegir una distribución en la que los trayectos sean lo más cortos posible.

Para cumplir con el principio de circulación o flujo de materiales, el área de trabajo se ordenará de manera que las tareas sigan la secuencia del ensamble del calentador.

Conforme al principio del espacio cúbico, se ha medido el espacio disponible para asegurar su uso efectivo.

El principio de satisfacción y seguridad establece que la distribución debe hacer el trabajo más satisfactorio y seguro tanto para los operarios como para los materiales y la maquinaria. De acuerdo con este principio, el espacio se ajustará para cumplir con estos requisitos.

La distribución será ajustada o reordenada para incurrir en menores costes o inconvenientes, cumpliendo así con el principio de flexibilidad.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

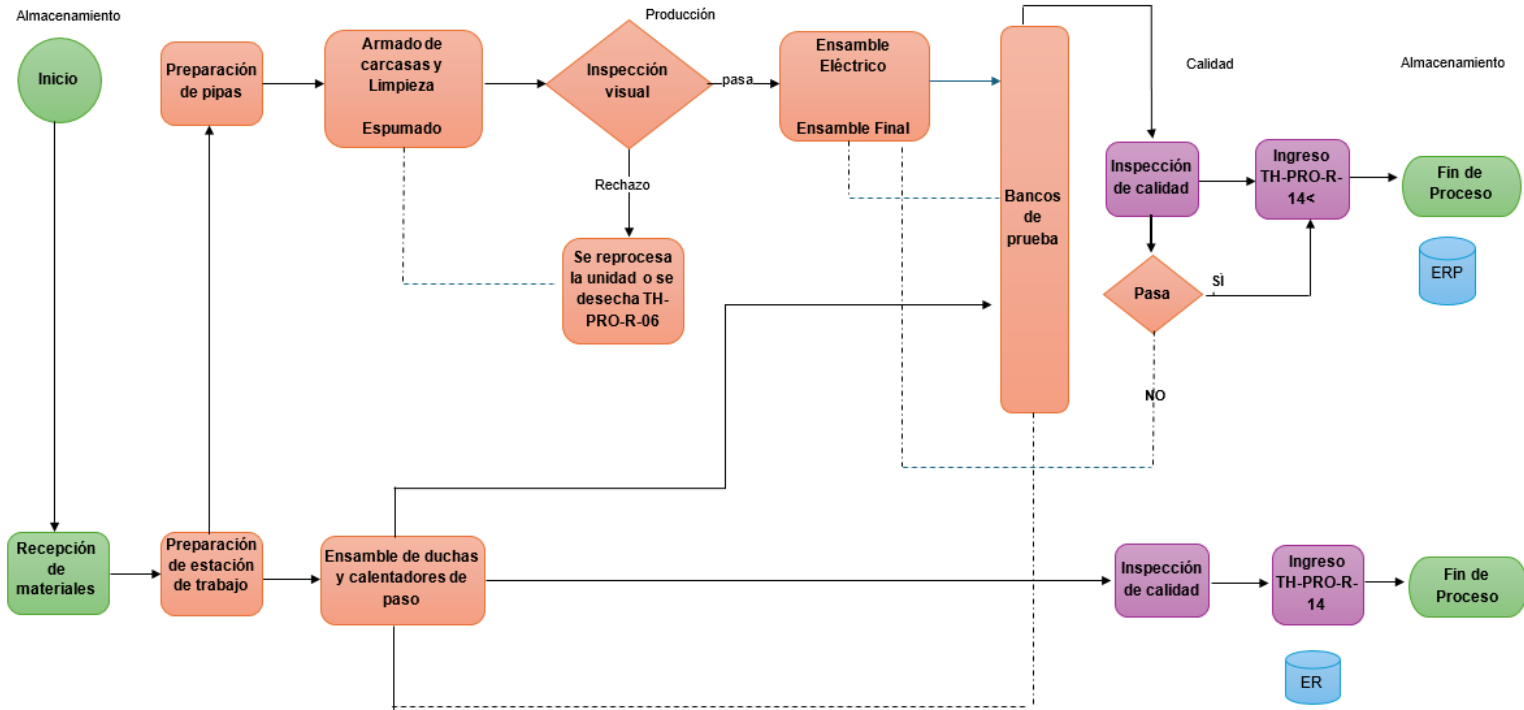
## **5.1 MEJORAR**

Para este capítulo se llevan a cabo una serie de estudios con el objetivo de solucionar el problema actual de la empresa. Se propone una nueva distribución que permitirá reducir los tiempos de recorrido. Además, se presenta un nuevo diagrama de flujo que ilustra el nuevo flujo del proceso, junto con una propuesta de producción lineal y un nuevo diagrama bimanual que muestra los beneficios de esta nueva distribución de planta utilizando un método de producción lineal.

### **5.1.1 Diagrama de flujo de propuesta**

En la propuesta del diagrama de flujo se observa un nuevo método de trabajo de forma lineal. Este método organiza las actividades de manera que mejora el tiempo de cada una y el ritmo de la producción, al reducir las pausas entre actividades causadas por recorridos.

Figura 5.1: Propuesta del diagrama de flujo – Proceso Titan



Fuente: Autor

### **Interpretación del proceso**

En el diagrama anterior se puede observar un método de producción lineal. Este método mitiga los tiempos ociosos entre actividades y mejora la distribución de la producción. Se realizan mejoras que liberan un área para la revisión de calidad y el almacenamiento del producto terminado, beneficiando a almacenamiento y logística al liberar el espacio previamente compartido.

El proceso inicia con la recepción de materiales. En esta actividad, el coordinador del área realiza un conteo de los materiales y verifica las cantidades de las materias primas requeridas.

El segundo proceso comienza con un despeje de línea, en el que se verifica que no queden materiales de la orden de producción anterior. En caso de tener materiales sobrantes durante el proceso, estos se deben devolver al área de almacenamiento y logística.

En la tercera actividad, se inicia la preparación de pipas. Aquí, el operario realiza el armado de pipas, que consiste en colocar las resistencias y el ánodo de sacrificio, y realiza una prueba de fugas para asegurar que cada calentador continúe en el proceso con los estrictos controles de calidad.

En la cuarta actividad, se lleva a cabo el armado de pipas. El producto en proceso se traslada a una distancia de 2 metros. Las pipas se colocan en una carcasa plástica, que se perfora con una broca sierra de 7/8" para la entrada y salida de agua del calentador y una de 1 1/4" para colocar la válvula de seguridad.

En la quinta actividad, las pipas se trasladan al área de espumado, a una distancia de 2 metros. En esta etapa, se inyecta líquido de poliuretano, que actúa como aislante térmico para evitar la pérdida de temperatura interna del calentador. Se debe verificar que el líquido cubra adecuadamente el área entre la carcasa y la pipa.

En la sexta actividad, se realiza la limpieza del calentador. Para esta actividad, las pipas se trasladan dentro del misma área de trabajo de inyección de poliuretano, a una distancia de 2 metros.

En la séptima actividad, se realiza una inspección visual del producto, en la que se verifica la aplicación del poliuretano en el producto junto con el control de calidad. También se revisa que el calentador no tenga golpes en la carcasa. Si el producto está en perfecto estado, se pasa a la siguiente actividad; de lo contrario, se debe reprocesar en el área de armado de carcasa.

En la octava actividad, se realizan las conexiones internas de las resistencias a los termostatos. Se deben verificar todos los ajustes de los tornillos con el torque del taladro en la posición 5 para evitar falsos contactos y el sobrecalentamiento de las líneas, lo que podría causar un cortocircuito. Para esta actividad, el calentador se traslada 6 metros entre puestos.

En la novena actividad, se realizan las pruebas de funcionamiento. Esta prueba se lleva a cabo al 100 % de la orden de producción junto con el control de calidad, verificando el consumo eléctrico, los amperajes y la presión con flujo de agua.

En la décima actividad, se realiza el ensamble final del producto. Para esto, el calentador se traslada a una distancia de 6 metros, se realiza una limpieza total del producto y se colocan las etiquetas y la placa de datos, que deben incluir la fecha de fabricación, la potencia y el voltaje según la orden de producción. También se arman las cajas de los calentadores, que deben marcarse según la potencia requerida.

En la undécima actividad, se notifica al proceso de calidad para la revisión final, que consiste en una inspección visual utilizando la tabla militar de inspección normal, a nivel general de inspección II. Se verifica que los calentadores no estén sucios, que las placas de datos estén bien marcadas y que no presenten golpes en la carcasa. Si los

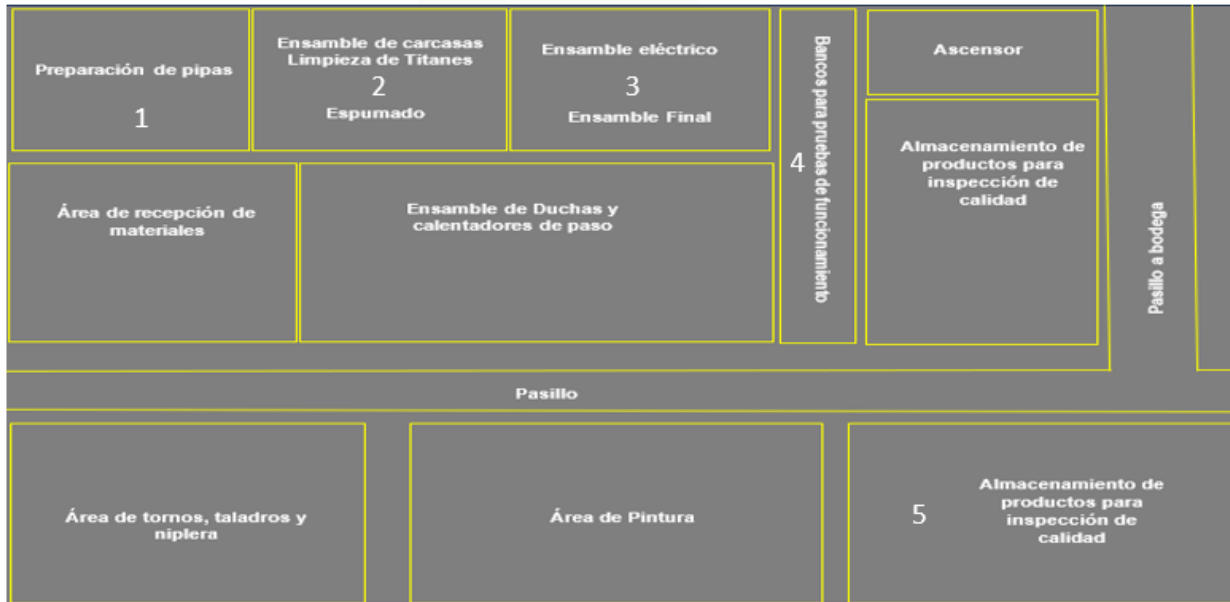
calentadores no presentan defectos, se procede con la liberación y el ingreso en el ERP; de lo contrario, se devuelve al área de ensamble final para su revisión.

### **5.1.2 Propuesta de distribución de planta**

En la figura siguiente se puede observar la propuesta de distribución, que modifica el modelo anterior de producción para mitigar los tiempos ociosos por recorrido. Este nuevo modelo de producción lineal permite alcanzar altos niveles de producción, mejorar la calidad del producto, reducir los tiempos de entrega y obtener un mejor control del personal.

Figura 5.2: Propuesta del nuevo diseño de planta – Proceso Titan

## Propuesta



Fuente: Autor



### **Interpretación de distribución actual de la planta**

El proceso inicia con la recepción de materiales. En esta actividad, el coordinador del área realiza un conteo de los materiales y, al mismo tiempo, un despeje en línea.

La primera actividad consiste en la preparación de pipas. Aquí, el operario realiza el armado de pipas, que incluye la colocación de resistencias y ánodo de sacrificio, y lleva a cabo una prueba de fugas.

En la segunda actividad, se realiza el armado de pipas. Dentro de la misma área de trabajo, se lleva a cabo el espumado, donde se inyecta líquido de poliuretano. También se realiza la limpieza, lo que reduce los tiempos ociosos por recorridos y mejora la continuidad de la producción.

En la tercera actividad, se efectúan las conexiones internas de las resistencias a los termostatos.

En la cuarta actividad, se realizan las pruebas de funcionamiento. Se verifica el consumo eléctrico, los amperajes y la presión con flujo de agua.

El ensamble final del producto se realiza en el área de trabajo de la tercera actividad. En esta etapa, se realiza una limpieza total del producto y se colocan las etiquetas correspondientes.

En la quinta actividad, se realiza el traslado a la zona habilitada para calidad, donde los calentadores son validados por el proceso de control de calidad y quedan a la espera de que el proceso de almacenamiento y logística los retire.

### **5.1.3 Cursograma analítico**

En el siguiente cursograma analítico, se observa la reducción de tiempos de recorrido, logrando disminuir la cantidad de tiempo entre actividades de 5,14 segundos a 41

segundos, y la distancia total de 46 metros a 18 metros. El tiempo de recorrido se establece para cada unidad transportada entre las actividades.

Figura 5.3: Cursograma analítico propuesto – Proceso Titan

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO					Tiempo de recorrido total	Distancia total	Cantidad de operarios
	■	●	➔	◐	▼			
Recepción de materiales	.							2
Preparación de Pipas		.						1
Armado de carcasas		.	.	.		7 s	5 m	2
Espumado		.	.	.		7 s	2 m	1
Limpieza		.	.	.		7 s	5 m	2
Empaque	.	.			.			2
Ensamble eléctrico		.	.			10 s	6 m	2
Banco de pruebas	.	.						
Ensamble final		.	.			10 s	6 m	2
Empaque	.	.			.			1
Tiempo y distancia total						41 s	18 m	

Fuente: Autor

#### 5.1.4 Estudio de tiempo de propuesta

La siguiente tabla muestra un resumen de los tiempos de producción de la propuesta planteada para el calentador Titan Plus. Estos datos fueron facilitados por la empresa, basados en un estudio de tiempo realizado en el proceso de producción.

Tabla 5.1: Propuesta de resumen de tiempos y traslados de producción

Resumen de tiempos					
#	Actividad	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Tiempo recorrido	Distancia total
1	Preparación de pipa	323	5,39		
2	Ensamblado de carátula	578	9,63	7 s	2 m
3	Espumado	308	5,13	7 s	2 m
4	Limpieza	275	4,58	7 s	2 m
5	Ensamble eléctrico	800	13,33	10 s	6 m
6	Prueba de funcionamiento	544	9,06		
7	Ensamble final	362	6,04	10 s	6 m
7	Empaque			1 min 34 s	
<b>Tiempo total (min)</b>			<b>53,17</b>	<b>41 s</b>	<b>18 m</b>

Fuente: Thermo Solutions, año.

### 5.1.5 Registros de mejoras

En el siguiente registro se pueden observar los datos obtenidos con la propuesta de distribución planteada. En esta tabla se indican las órdenes producidas entre los meses de abril y mayo de 2024. Estos datos muestran la cantidad de calentadores producidos en esos dos meses. Es importante destacar que durante este período no hubo órdenes de producción canceladas, lo que indica que todos los calentadores planificados en la reunión de la cadena de abastecimiento se fabricaron en tiempo y forma. Además, en estos meses no se registraron pérdidas en ventas debido a faltantes de producto terminado.

Tabla 5.2: Calentadores producidos de abril 2024 a mayo 2024

Calentadores fabricados durante el periodo de abril 2024 a mayo 2024							
OP	ARTICULO	DESCRIPCION	Fecha Requerida	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	CANTIDAD RECET.
OP-0005035	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 30 de abril de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005036	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 30 de abril de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005059	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	martes, 30 de abril de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/ REPLANEADA	100
OP-0005105	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 30 de abril de 2024	Cerrada	05	EXPORTACIONES/ SINSA/ SIN TERMS. RESET NI DISPL	80
OP-0005156	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	martes, 30 de abril de 2024	Cerrada	05	EXPORTACIONES/ SINSA/ SIN TERMS. RESET NI DISPL	13
OP-0005354	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005355	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005356	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005357	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL	100
OP-0005366	C0054	CALNT-ELEC- INST TITAN 10 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/ TERMOSTATO ABIERTO	100
OP-0005435	C0052	CALNT-ELEC- INST TITAN 12 Kw / 240 V	viernes, 31 de mayo de 2024	Cerrada	01	INVENTARIO PRINCIPAL/ PLANEACION EXTRA	100
<b>Total producidas</b>							<b>993</b>

Fuente: Thermo Solutions.

### 5.1.6 Simulación de propuesta

Los siguientes datos se refieren a la propuesta de simulación realizada para el proceso de ensamble del calentador Titan, basados en los tiempos proporcionados por la empresa. En el Anexo 3 se pueden observar las fotografías de la distribución propuesta.

La siguiente tabla muestra los datos utilizados para realizar la simulación, incluyendo los tiempos en segundos de cada actividad, las distancias recorridas entre ellas, las unidades producidas entre actividades y los parámetros de tiempos improductivos.

Tabla 5.3: Datos utilizados para simulación propuesta

<b>Ensamble de calentador Titan</b>	
Turno/horas:	8,2
Seg/turno	26 863
Seg/Trascurridos:	26 863
% de ocupacion	100,0%
<b>Parametros 1</b>	
Procesos	USP/seg
P1 Preparación de pipas	323,0
P2 Armado total	580,5
P3 Ensamble eléctrico	400,0
P4 Prueba de funcionamiento	544,0
P5 Ensamble y empaque final	362,0

<b>Parametros 2</b>	
Estaciones trabajo	Dist/mt
E1 Preparación de pipas	0,0
E2 Armado total	6,0
E3 Ensamble eléctrico	6,0
E4 Prueba de funcionamiento	0,0
E5 Ensamble y empaque final	6,0

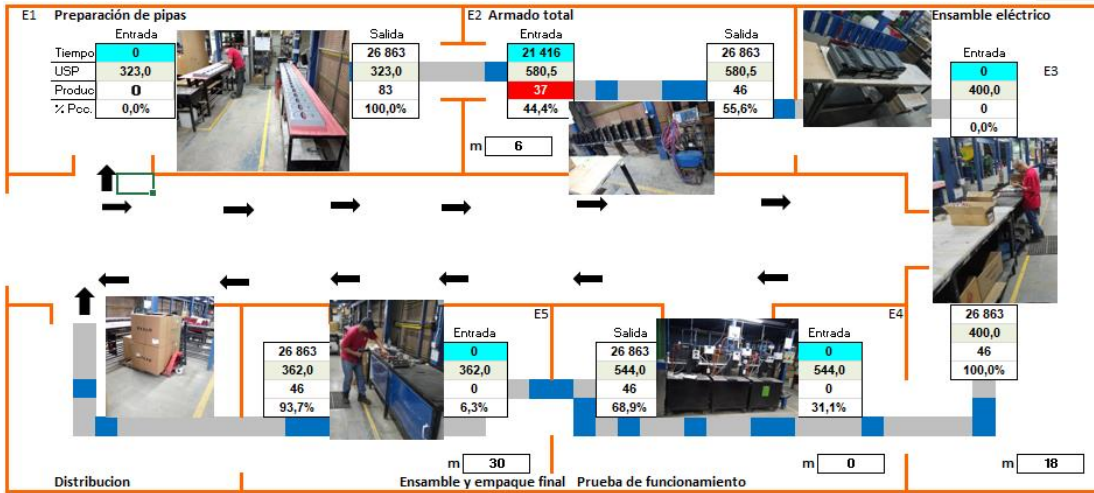
<b>Parametros 3</b>	
Puntos	Lote/Und
E1 hasta E2	50
E2 hasta E3	16
E3 hasta E4	20
E4 hasta E5	10

<b>Parametros 4</b>	
Improductivos	Lote/Und
Ausentismo	5,0%
Reprocesos	2,0%
Paro de maquina	2,0%
	<b>9,0%</b>

Fuente: Autor.

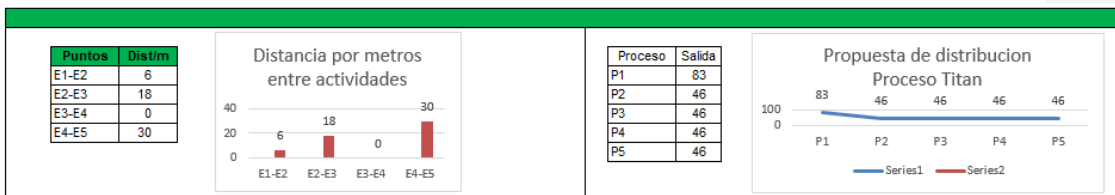
Figura 5.4: Figura de simulación propuesta



Fuente: Autor.

En la figura anterior se muestran los datos obtenidos al realizar la simulación, donde se observa una mejora en cada actividad. El cuello de botella se redujo de manera considerable debido a un mejor acomodo de las actividades y del personal, quedando solo 37 unidades rezagadas dentro del proceso de fabricación. Esto ha permitido aumentar la cantidad de producción diaria.

Figura 5.5: Gráficos de simulación propuesta



Fuente: Autor.

Los gráficos anteriores muestran los resultados obtenidos al realizar la simulación con los datos propuestos. Se puede observar una reducción significativa en las distancias recorridas entre actividades y un incremento en las unidades producidas diariamente.

## **5.2 CONTROLAR**

### **5.2.1 Diagrama de recorrido**

En el siguiente diagrama de recorrido se muestran los puntos de control mediante los cuales se verificará que la reestructuración de la planta cumpla con la propuesta planteada. Cada recorrido realizado permite llevar un mejor control del proceso. Este control refleja el nuevo método de distribución lineal y facilita a los operarios un proceso de producción menos pausado.

En este diagrama se enumeran cada uno de los procesos, transportes, tiempos de espera, inspección de calidad y almacenamiento, distribuidos de la siguiente manera:

- 7 procesos productivos.
- 6 transportes.
- 5 tiempos de espera.
- 1 inspección de calidad.
- 2 etapas de almacenamiento: la primera, donde se recibe el material con el operario de bodega, y la segunda, cuando se realiza el ingreso del producto terminado.



### 5.2.2 Auditorías internas

Se implementarán actividades de auditorías internas para evaluar el cumplimiento de los procesos y las mejoras implementadas.

Figura 5.7 Control de auditoría interna

<b>Auditoria interna proceso Titan</b>			
	criterio	Si	No
1.	Cuenta con el equipo de proteccion personal.		
2.	Realiza las funciones de acuerdo a las instrucciones de trabajo.		
3.	Sigue los procedimientos establecidos.		
4.	Cumple con los tiempos estandar de cada actividad.		
5.	Vela por la calidad del producto.		
6.	Vigilar el cumplimiento de las recomendaciones realizadas en informes y auditorías anteriores		
7.	Cumple con la planificación mensual de la producción		
8.	Se mantiene la distribución y el flujo del proceso		
9.	Verifica el estado de las herramientas		

Fuere: Autor.

### 5.2.2 ROI

Se determina el ROI utilizando los siguientes datos facilitados por la empresa. El presupuesto total para la nueva distribución es de 650 000 colones. Este monto se distribuye en materiales de conexión eléctrica, conexiones de aire comprimido y mano de obra.

Los ingresos se obtienen con la mejora en el proceso de fabricación del calentador, logrando una producción adicional de 33 calentadores por día, lo que genera un ingreso de 4 092 000 colones. La fórmula para calcular el ROI es la siguiente:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$$
$$\text{ROI} = \frac{4092000 - 650000}{650000} * 100$$
$$\text{ROI} = 5,29 \%$$

Por día, la empresa estaría recuperando un 5,29 % de la inversión total, y en un plazo de 19 días se recuperaría el monto total de la inversión.

### 5.2.3 Diagrama Gantt

En el siguiente diagrama de Gantt se pueden observar las fechas previstas para llevar a cabo los cambios propuestos.

Tabla 5.4: Diagrama Gantt control del proceso

Actividades	Tiempo de duración																	
	Marzo		Abril				Mayo				Junio				Julio			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Propuesta a empresa																		
Trabajos de infraestructura																		
Movimiento de bancos de trabajo																		
Toma de tiempos																		
Actualización de Its																		
Recorridos en el proceso																		
Compra de herramientas																		

Fuente:

**CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

### **Conclusiones**

- Este proyecto se desarrolló en la empresa Thermo Solutions Group S.A., específicamente en el proceso de ensamble de los calentadores Titan. Se inició con una definición de la problemática que afectaba los inventarios de producto terminado y, por ende, las ventas de la compañía. En una primera etapa, se aplicaron herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, método de multivoto y diagrama de Pareto. Estas herramientas permitieron identificar los principales factores que influyen en la problemática, así como las fallas en la línea de ensamble de los calentadores Titan.
- A partir de la información recolectada en la primera etapa y la aplicación de herramientas como el diagrama bimanual, registro histórico, diagrama de pastel, estudio de tiempos y simulación, se identificaron los puntos que causaban retrasos en la producción.
- En la tercera etapa, se realizó un análisis más detallado de la información obtenida en la primera y segunda etapa para determinar la causa raíz del problema y las oportunidades de mejora. Se utilizaron herramientas ingenieriles como FODA, matriz de estrategias, árbol de CTQ, SIPOC, diagrama de flujo, diagrama de relaciones y *Gemba Walk*. Esto permitió identificar y detallar las causas de los retrasos en el proceso, definiendo siete principales causas que se analizarán más a fondo en la siguiente etapa.
- Tras analizar cada una de las causas y mediante el uso de diagrama bimanual, diagrama de flujo, estudio de tiempos, registro de mejoras y simulación, se propuso una nueva distribución del proceso. Esta distribución permite mitigar los tiempos ociosos por recorrido y, con ello, los cuellos de botella.

- En la quinta etapa, con todas las mejoras implementadas, se estima llevar un control de las actividades propuestas para mantener la eficacia una vez realizadas. Se utilizó el diagrama de recorrido para un mejor seguimiento de las mejoras propuestas. Además, se incluyó el retorno de inversión (ROI) para establecer una expectativa del tiempo en que la empresa comenzará a obtener resultados positivos de estos controles, con un retorno de inversión previsto en 5 meses, lo que confirma la viabilidad de la inversión para el proyecto.
- Se cumple con el objetivo general de optimizar el proceso productivo en el área de ensamble de los calentadores Titan para reducir los tiempos ociosos por recorrido. Esto se logró mediante la propuesta de una nueva distribución en el orden de la línea del proceso de fabricación dentro del área de producción de la empresa Thermo Solutions Group S.A.

### **Recomendaciones**

- Para dar seguimiento a las mejoras realizadas a mediano y largo plazo, se recomienda una estricta supervisión del proceso, así como mantener una comunicación abierta con el equipo de trabajo. Esto garantizará que las mejoras se mantengan y continúen siendo efectivas, además de permitir identificar nuevas oportunidades de mejora que surjan con el tiempo.
- Es recomendable mantener un inventario de herramientas en buen estado. Esta práctica asegurará disponibilidad inmediata, prevendrá interrupciones del proceso por ausencia de herramientas, y ofrecerá flexibilidad en los tiempos al aprovecharlos en tareas que agreguen valor al proceso. Además, es importante asignar a una persona encargada de gestionar y mantener el orden en el inventario de herramientas.
- Se aconseja implementar un ticket de producción que permita controlar los tiempos de cada colaborador y, con ello, gestionar cada actividad para cumplir con

los tiempos estándar establecidos por el sistema. Este tickete debe ser completado manualmente por el operario desde el inicio hasta la finalización de cada operación.

## REFERENCIAS

## Libros

Acuña Acuña, J. (2012). *Control de calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Álvarez Piedrahita. I. (2016). *Finanzas estratégicas y creación de valor*. Ecoe Ediciones.

Barrantes Echavarría, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. EUNED.

Cruelles Ruiz, J. (2013). *Ingeniería industrial*. Alpha Editorial.

Cuatrecasas, L. y Gonzáles J. (2017). *Gestión Integral de la Calidad*. Profit Editorial I., S. L.

Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Ediciones Diaz de Santos, S.A.

Hafey, R. B. (2017). *Lean Safety Gemba Walks: A Methodology for Workforce Engagement and Culture Change*. CRC Press.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodologías de la investigación*. McGraw Hill.

Izar Landeta, J. y Gonzáles Ortiz J. (2004). *Las 7 herramientas básicas de la calidad*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Kubiak, T.M. y Benbow Donald W. (2017). *The Certified Six Sigma Black Belt Handbook*. Quality Press.

## Proyectos de investigación

Farfan de los Ríos, M. (2022). *Propuesta de mejora de reducción de tiempos de producción para incrementar la productividad a través de las herramientas Lean Manufacturing, en la empresa Fenix S.A, Lima, 2022.* (Tesis para optar al título profesional de: Ingeniero industrial). Universidad Privada del Norte. Perú.

Jiménez, M. (2019). *Propuestas de mejora de la línea dos de empaque del Focus Factory Diálisis para la reducción de tiempos de cambio de lote.* (Proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Manrique, D. (2008). *Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico.* (Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial). Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

Pérez, C., Sierra, V. (2020). *Propuesta de reducción de tiempos de ciclo en la empresa corsetera Corformas S.A.S. usando herramientas de Lean Manufacturing.* (Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial). Universidad de La Salle. Colombia.

Rojas, K. (2019). *Propuestas de mejora en la planificación de pedidos para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo.* (Proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Salas, A. (2022). *Diseño de propuestas de solución para el aumento de la eficiencia en la producción y la reducción de desperdicios del estator 1213-1-095-05.* (Proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

## Fuentes de Internet

Asesor de Calidad. (2015). *Herramienta de Planificación: Diagrama de Gantt*.  
[http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu\\_GzGhKjIU](http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU)

Asq Org. (2005). *El Retorno de Inversión*. <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Dinámicas Grupales. (2023). *Lluvia de Ideas*.  
<https://dinamicasgrupales.com.ar/tecnicas/desarrollo-de-la-creatividad/lluvia-ideas-brainstorming/>

Gestión De La Producción Industrial. (2024). *El diagrama causa y efecto*.  
<https://toposena.wixsite.com/topo-web/diagrama-causa-y-efecto>

Probabilidad y Estadística. (2024). *Metodología DMAIC*.  
<https://www.probabilidadyestadistica.net/dmaic/>

Project Management Institute, Inc. (2020). *¿Qué es un Project Charter?*  
<https://www.pmi.org/learning/library/project-charter-template-improving-planning-process-1986>

Psicología y Mente. (s.f.). *Registro anecdótico: qué es y cómo se usa en psicología y educación*. <https://psicologiymente.com/clinica/registro-anecdótico>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*.  
<http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## ANEXO 1: Formularios caminata *Gemba Walk*

### 1. Formulario para recibo de material

Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Recibo de material
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input type="checkbox"/> Si, ¿cuál? _____ <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Anteriormente conteo de unidades
¿Cómo identifica un problema?	Con la revisión de ingreso
¿Qué considera que se puede arreglar?	Inspección de recibo de materia prima
¿Qué considera que no se puede arreglar?	Recepción total de la OP
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Supervisor
Observaciones y recomendaciones	Crear IT de recibo de materia prima, más atención al detalle con la entrega de material ya que puede venir mal contado
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera A / 24-05-2024

## 2. Formulario para armado de pipas

Nombre del operario entrevistado	Rafael Agüero
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Armado de pipa
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-22</u> <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Atraso en llenar los tiquetes del tiempo Planificación y clasificación de prioridades
¿Cómo identifica un problema?	inspecciona antes de ejecutar y después
¿Qué considera que se puede arreglar?	llevar un control de las pruebas de fuga, que se hace en este proceso
¿Qué considera que no se puede arreglar?	Falta de iluminación, tubería cerca para el tanque que se hacen las pruebas de fuga, así se minimizarían el tiempo que se lleva en ir a traer agua para hacer pruebas .
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Encargado del proceso y supervisor
Observaciones y recomendaciones	Check list de control para prueba de fugas, agregar en la IT el punto de control de inspección de fuga, identificar las pruebas de fuga y punto de control dentro de esta área, ingresar en la IT cada cambio de agua de las pruebas.
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera A / 24-05-2024

### 3. Formulario para espumado y limpieza

Nombre del operario entrevistado	Alexander Araya
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Espumado y Limpieza
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	No tienen mascarilla ni delantal
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-22</u> <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Estandarizar la medida de líquidos que utilizan
¿Cómo identifica un problema?	Inspeccionando
¿Qué considera que se puede arreglar?	Fixtures frontales y el del fondo, ya que hay unos que con el tiempo ya no calzan en la carcasa
¿Qué considera que no se puede arreglar?	Bases para colocar la carcasa para el espumado.
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Encargado y supervisor
Observaciones y recomendaciones	Verificar la rigidez de la cara frontal realizando inspecciones visuales y verificar si no hay puntos vacíos de aire. Colaborador de más. Hay uniones de pipa que vienen torcidas y hay que notificar al proveedor
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera / 24-05-24

#### 4. Formulario para ensamble eléctrico (corte de cable)

Nombre del operario entrevistado	Jefferson Artavia
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Ensamble Eléctrico (corte de cable)
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> Si, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-22</u> <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Desgaste de cuchilla
¿Cómo identifica un problema?	No corta
¿Qué considera que se puede arreglar?	Mantenimiento del equipo
¿Qué considera que no se puede arreglar?	Capacitar a una persona para el mantenimiento de equipos
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Supervisor
Observaciones y recomendaciones	Agregar instrucciones y equipo de corte seguridad, no se le da mantenimiento
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera A / 24-05-24

## 5. Formulario para ensamble eléctrico.

Nombre del operario entrevistado	Jefferson Artavia
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Ensamble Eléctrico
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	Si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> Si, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-22</u> <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Pipa se sube y se tiene que cortar la carcasa, virutas en tornillos
¿Cómo identifica un problema?	Inspeccionando y a la hora de armado
¿Qué considera que se puede arreglar?	Notificar al proveedor de excesos de soldadura en el tornillo
¿Qué considera que no se puede arreglar?	N/A
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Encargado, Supervisor
Observaciones y recomendaciones	Notificar al proveedor de excesos de soldadura en el tornillo Ver próximas órdenes de compra
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera / 24-05-24

## 6. Formulario para pruebas funcionales

Nombre del operario entrevistado	Jefferson Artavia
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Pruebas funcionales
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> Si, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-18</u> <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	El acople no enrosca bien en el niple provocando una fuga
¿Cómo identifica un problema?	A la hora de llenar la pipa
¿Qué considera que se puede arreglar?	Acople con dos empaques para evitar fuga
¿Qué considera que no se puede arreglar?	N/A
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Encargado y supervisor
Observaciones y recomendaciones	Una mejora puede ser que el acople debe llevar doble empaque
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall A/ 24-05-24

## 7. Formulario para ensamble final

Nombre del operario entrevistado	Jefferson Artavía
Numero de Orden Producción	5255
¿Qué proceso está ejecutando ahora?	Ensamble Final
¿Utiliza el equipo de seguridad EPP de acuerdo con la estación?	si
¿Existe una instrucción de trabajo para este proceso?	<input type="checkbox"/> Sí, ¿cuál? <u>TH-PRO-IT-22</u> <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Cuáles problemas tiene al ejecutar el proceso?	Cultura de calidad en los procesos
¿Cómo identifica un problema?	A la hora de ejecutar el proceso del etiquetado.
¿Qué considera que se puede arreglar?	Atención al detalle para no cometer errores de etiquetado o en el ensamble de las tapas
¿Qué considera que no se puede arreglar?	N/A
¿A quién le comunica sus problemas al ejecutar procesos?	Encargado, Supervisor
Observaciones y recomendaciones	Las cajas de los titanes presentan descoloración hablar con almacenamiento Almacenamiento puede preparar la Kit de soporte de los titanes, para minimizar tiempos de producción
Firma del inspector / Fecha de caminata Gemba	Kendall Aguilera / 24-05-24

**ANEXO 2: Fotografías del proceso actual de fabricación del calentador Titan.**

Recepción de materiales y preparación de pipas



Armado Total:

Armado de carcasa y limpieza



Espumado de carcasa



Ensamble de calentadores



Bancos de prueba



**ANEXO 3: Fotografías de la propuesta de fabricación del calentador Titan.**

Fotos de área designada





Recepción de materiales



Preparación de pipas



Armado total:

Armado de carcasa y limpieza



Espumado



Ensamble



Bancos de prueba



Área designada para inspecciones de calidad

