

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA PARA EL AUMENTO EN LA  
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE EMPAQUE,  
EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MÉDICA  
EN ALAJUELA, DURANTE EL TERCER  
CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

SUSTENTANTE:

LUIS DIEGO CUBERO MÉNDEZ

TUTOR:

ING. LUIS JAVIER SALAS ROMERO

HEREDIA, JULIO, 2024

## DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Luis Diego Cubero Méndez mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 402370200, egresado de la carrera de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA PARA EL AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE EMPAQUE, EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA EN ALAJUELA, DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 11 días del mes de abril del año dos mil 24.

Luis Diego Cubero Méndez -  
402370200  
I am the author of this document  
2024.04.11 11:14:34 -06'00'

---

Firma del estudiante

Cédula 402370200

## CARTA DEL TUTOR

### CARTA DEL TUTOR

San José, 11 de abril de 2024

**Destinatario**  
**Carrera Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Luis Diego Cubero Mendez, cédula de identidad número 4-0237-0200, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **PROPUESTA PARA EL AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL AREA DE EMPAQUE, EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA EN ALAJUELA, DURANTE L EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023**, el cual ha elaborado para optar por el gradoacadémico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	30%	29%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	29%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	10%	10%
	TOTAL		97%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

  
**Ing. Luis Salas Romero**  
**Ced. 1-1014-0116**

**LUIS JAVIER** Digitally signed  
**SALAS** by LUIS JAVIER  
**ROMERO** SALAS ROMERO  
**(FIRMA)** (FIRMA)  
 Date: 2024.04.11  
 00:03:57 -06'00'

## CARTA DEL LECTOR

### CARTA DEL LECTOR

Cartago 9 de junio de 2024

*señores*  
**Departamento de registro**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante Luis Diego Cubero Méndez titulado "Propuesta para el aumento en la productividad del área de empaque en una empresa de industria médica en Alajuela, durante el tercer cuatrimestre del año 2023", para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado a la siguiente etapa del proceso.

Atentamente,

**ROLANDO**  
**JOSE MOLINA**  
**SOLIS**

Firmado digitalmente  
por ROLANDO JOSE  
MOLINA SOLIS  
Fecha: 2024.06.09  
09:23:07 -06'00'

**Ing. Rolando José Molina Solís**  
**Cédula identidad 1-0957-0454**

## CARTA DE AUTORIZACIÓN CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 11 abril 2024

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Luis Diego Cubero Méndez con número de identificación 402370200 autor (a) del trabajo de graduación titulado PROPUESTA PARA EL AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE EMPAQUE, EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA EN ALAJUELA, DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023 presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

Luis Diego Cubero Méndez -  
402370200  
I am the author of this document  
2024.04.11 11:20:09 -06'00'  

---

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

## DEDICATORIA

A Jessica, mi novia,

Por estar a mi lado en cada paso de esta carrera.

Gracias por apoyo incondicional desde el primer día que comencé a estudiar hasta el momento en que defendí mi tesina ha sido fundamental.

Sin ella, nada de esto hubiera sido posible.

Gracias por creer en mí, por la paciencia y por ser mi fuerza en los momentos más difíciles.

Este logro también es suyo.

Con todo mi amor y gratitud.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Luis Javier Salas, mi tutor, sin el acompañamiento, la paciencia y la disposición que me dio nada de esto hubiera sido posible.

A Jessica, mi novia, por estar siempre junto a mí en cada paso,

A mi tía Haydee, ella estuvo junto a mi en momentos muy importantes de esta carrera, definitivamente hoy no estaría aquí si no hubiera sido por ella y por eso le voy a estar eternamente agradecido.

## EPÍGRAFES

“Si miras hacia arriba ya no ves límites”

- Thomas Müller.

## Índice

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción general del proyecto.....	2
1.2 Identificación de la empresa o institución.....	3
1.2.1 Misión de la Empresa .....	4
1.2.2 Visión de la empresa .....	4
1.2.3 Política de Calidad .....	4
1.3 Planteamiento del problema .....	5
1.3.1 Definición y medición del problema .....	5
1.3.2 Justificación del proyecto .....	6
1.4 Objetivos del proyecto.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos .....	8
1.5 Alcances y limitaciones .....	9
1.5.1 Alcances .....	9
1.5.2 Limitaciones.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera .....	11
2.1.1 Ingeniería.....	11
2.1.2 Ingeniería industrial.....	12
2.1.3 Tipos de procesos industriales que existen actualmente:.....	12
2.1.4 Proceso de manufactura.....	13
2.1.5 Producción.....	13
2.1.6 Análisis de proceso.....	14
2.1.7 Productividad .....	14
2.1.8 Eficiencia .....	15
2.1.9 Eficacia .....	15
2.1.10 Catéter .....	16
2.1.11 Línea de producción .....	16
2.1.12 Costos de producción .....	16
2.1.13 Gráfico de barras .....	17
2.1.14 Diagrama de flujo de procesos .....	17

2.1.15	Lluvia de Ideas.....	21
2.1.16	Diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa .....	21
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	25
2.2.1	DMAIC .....	25
2.2.2	Metodología DMAIC.....	26
2.3	El marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	32
2.3.1	Impacto Económico. ....	32
2.3.2	Análisis Costo – Beneficio. ....	32
2.3.3	Capacidad de producción. ....	33
2.3.4	Impacto en tiempos.....	33
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes .....	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		35
3.1	Metodología para la definición del problema.....	36
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....	37
	Fuente: Elaboración propia.....	38
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	38
	Fuente: Elaboración propia.....	39
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.....	40
	Fuente: Elaboración propia.....	40
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados .....	41
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....		42
4.1	Diagrama de flujo del proceso productivo. ....	43
4.2	Análisis de capacidad .....	45
4.3	Mapeo de proceso .....	46
4.4	Tiempos del proceso.....	59
4.5	Cantidad de retrabajos en el proceso .....	61
4.6	Gráficos de demanda vs capacidad actual. ....	64
4.7	Análisis del costo de materiales.....	65
4.8	Lluvia de ideas .....	68
4.9	Diagrama de Ishikawa.....	70
4.10	Diagrama de Pareto .....	77

4.11	Conclusiones de la situación actual .....	79
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....		81
5.1	Identificar áreas de mejora.....	82
5.1.1	Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras: .....	83
5.1.2	Apertura de un tercer turno:.....	85
5.1.3	Cambio en el tipo de material de empaque utilizado: .....	87
5.2	Costo beneficio .....	99
Fuente: Elaboración propia.....		109
5.3	Implementación de mejoras .....	110
5.3.1	Opción 1: Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras.....	110
5.3.2	Opción 3: Cambio en el tipo de material de empaque utilizado .....	112
5.4	Plan de control .....	117
5.4.1	Opción 1: Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras.....	117
5.4.2	Opción 3: Cambio en el tipo de material de empaque utilizado .....	118
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		120
6.1	Conclusiones .....	121
6.2	Recomendaciones .....	124
BIBLIOGRAFÍA.....		126
Anexos.....		127

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Fachada del edificio Abbott .....	3
<b>Figura 2</b> Gráfico de aumento de la demanda .....	6
<b>Figura 3</b> Representación gráfica de ingeniería .....	11
<b>Figura 4</b> Representación gráfica de productividad .....	15
<b>Figura 5</b> Ejemplo de un diagrama de flujo .....	20
<b>Figura 6</b> Representación gráfica de un cuello de botella .....	25
<b>Figura 7</b> Fases de DMAIC .....	26
<b>Figura 8</b> Diagrama de flujo del proceso .....	44
<b>Figura 9</b> Diseño de la cartulina de empaque actual.....	47
<b>Figura 10</b> Doblado de la cartulina.....	47
<b>Figura 11</b> Alineado de laterales de la cartulina.....	48
<b>Figura 12</b> Levantamiento de fijaciones .....	48
<b>Figura 13</b> Cartulina con las fijaciones levantadas.....	49
<b>Figura 14</b> Levantamiento de fijación .....	49
<b>Figura 15</b> Colocación de la correa de cartulina .....	50
<b>Figura 16</b> Limpieza de la unidad.....	51
<b>Figura 17</b> Colocación de la unidad .....	52
<b>Figura 18</b> Ajuste de la unidad en la cartulina.....	52
<b>Figura 19</b> Correas sujetadoras de la unidad.....	53
<b>Figura 20</b> Cierre de correas sujetadoras .....	53
<b>Figura 21</b> Unidad montada en la cartulina .....	54
<b>Figura 22</b> Equipo de limpieza estática.....	55
<b>Figura 23</b> Limpieza estática de la unidad .....	55
<b>Figura 24</b> Unidad etiquetada .....	56
<b>Figura 25</b> Ingreso de la unidad en el pouch .....	57
<b>Figura 26</b> Selladora .....	57
<b>Figura 27</b> Sellado de la unidad.....	58
<b>Figura 28</b> Verificación del sellado.....	59
<b>Figura 29</b> Gráfico de medición de tiempos .....	60
<b>Figura 30</b> Gráfico de cantidad de retrabajos .....	63
<b>Figura 31</b> Gráficos de demanda vs capacidad actual.....	65

<b>Figura 32</b> Diagrama de Ishikawa del proyecto.....	70
<b>Figura 33</b> Diagrama de Pareto de los tiempos del proceso.....	78
<b>Figura 34</b> Diagrama de flujo del proceso actualizado.....	113
<b>Figura 35</b> Gráfico de la nueva capacidad del proceso.....	117

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Símbolos del diagrama de flujo .....	19
<b>Tabla 2</b> Etapa Definir de la metodología DMAIC .....	36
<b>Tabla 3</b> Etapa Medir de la metodología DMAIC .....	37
<b>Tabla 4</b> Etapa Analizar de la metodología DMAIC .....	39
<b>Tabla 5</b> Etapa mejorar de la metodología DMAIC .....	40
<b>Tabla 6</b> Etapa Controlar de la metodología DMAIC .....	41
<b>Tabla 7</b> Análisis de capacidad .....	46
<b>Tabla 8</b> Análisis del costo de materiales .....	67
<b>Tabla 9</b> Resultados de la gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras .....	84
<b>Tabla 10</b> Resultados de la apertura de un tercer turno .....	86
<b>Tabla 11</b> Tiempos de empaque de procesos similares .....	89
<b>Tabla 12</b> Análisis de tiempo con la implementación de la nueva bandeja .....	91
<b>Tabla 13</b> Resultados de capacidad luego de la implementación de la nueva bandeja .....	93
<b>Tabla 14</b> Costos de empaque usados como referencia .....	94
<b>Tabla 15</b> Análisis de costos actual del producto empacado .....	96
<b>Tabla 16</b> Análisis de costos del producto empacado con la nueva bandeja .....	96
<b>Tabla 17</b> Costos de implementación del plan de horas extras Turno A .....	100
<b>Tabla 18</b> Costos de implementación del plan de horas extras Turno B .....	100
<b>Tabla 19</b> Costos de implementación de un tercer turno .....	104
<b>Tabla 20</b> Costos de implementación de una nueva bandeja de empaque .....	107
<b>Tabla 21</b> Resumen del análisis costo beneficio .....	109
<b>Tabla 22</b> Resultados de la implementación de un plan de horas extra .....	111
<b>Tabla 23</b> Validación de oportunidad de mejora en el cambio de material de empaque .....	115

## **Acrónimos y siglas**

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

SIX SIGMA: Metodología para eliminar defectos en cualquier producto o servicio

## Resumen ejecutivo y artículo publicable

### Resumen

Cubero Méndez, Luis Diego, abril 2024. Propuesta para el aumento en la productividad del área de empaque, en una empresa de industria médica en Alajuela, durante el tercer cuatrimestre del año 2023, Proyecto de graduación para optar por bachillerato en ingeniería industrial, Universidad Hispanoamericana, Luis Javier Salas Romero.

Esta investigación trata el desafío crítico de eficiencia en los procesos de empaque de una empresa de dispositivos médicos, generado por la creciente demanda de catéteres en su línea de producción, para resolver este problema, se establecieron los objetivos de mejorar la productividad, reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia operativa.

La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) fue aplicada para identificar y optimizar los procesos clave, así como para analizar exhaustivamente los materiales utilizados, las principales causas raíz detectadas fueron el tiempo de producción y la optimización del proceso de empaque mediante cambios en los materiales. Como resultado, se diseñó un plan de horas extras que permitan solventar la brecha entre la capacidad actual y la nueva demanda junto con la implementación de una nueva bandeja de empaque que permita aumentar la productividad y reducir costos de empaque, esto con el fin de cumplir con la meta de empaque de 500 unidades adicionales por semana, generando un beneficio económico anual de \$12,90,000.00 de dólares. Además, se estimó un ahorro de

\$195,221.25 dólares anuales gracias a la implementación de una nueva bandeja de empaque.

Los resultados demuestran un enfoque efectivo para optimizar la eficiencia operativa y satisfacer las necesidades del mercado en crecimiento. La implementación de soluciones diseñadas y medidas de control establecidas permitirán a la empresa alcanzar la nueva demanda de producción de 1,750 unidades semanales. Este estudio destaca la importancia de la estandarización de procesos para maximizar la eficiencia operativa y la rentabilidad en un entorno empresarial competitivo.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Descripción general del proyecto**

En el ámbito de la industria, uno de los problemas más comunes y desafiantes a los que se enfrentan las empresas es la necesidad de reducir los tiempos de producción y los costos asociados. Esta situación se presenta debido a diversos factores, como la competencia creciente, la demanda del mercado y la búsqueda constante de la eficiencia operativa.

El exceso de tiempo en los procesos de producción puede generar retrasos en la entrega de productos, lo que impacta negativamente en la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa. Además, los altos costos de producción pueden afectar directamente los márgenes de ganancia, dificultando la competitividad y la supervivencia en un entorno empresarial cada vez más exigente.

Un problema relacionado con la reducción de tiempos de producción y costos es la falta de optimización en los procesos. Esto se traduce en una utilización ineficiente de los recursos, como el tiempo de los trabajadores, la maquinaria y los materiales. Asimismo, la falta de planificación y coordinación adecuada entre los diferentes departamentos puede generar cuellos de botella y demoras innecesarias en la producción.

La reducción de tiempos de producción y costos se ha convertido en un desafío crítico para las empresas en la actualidad.

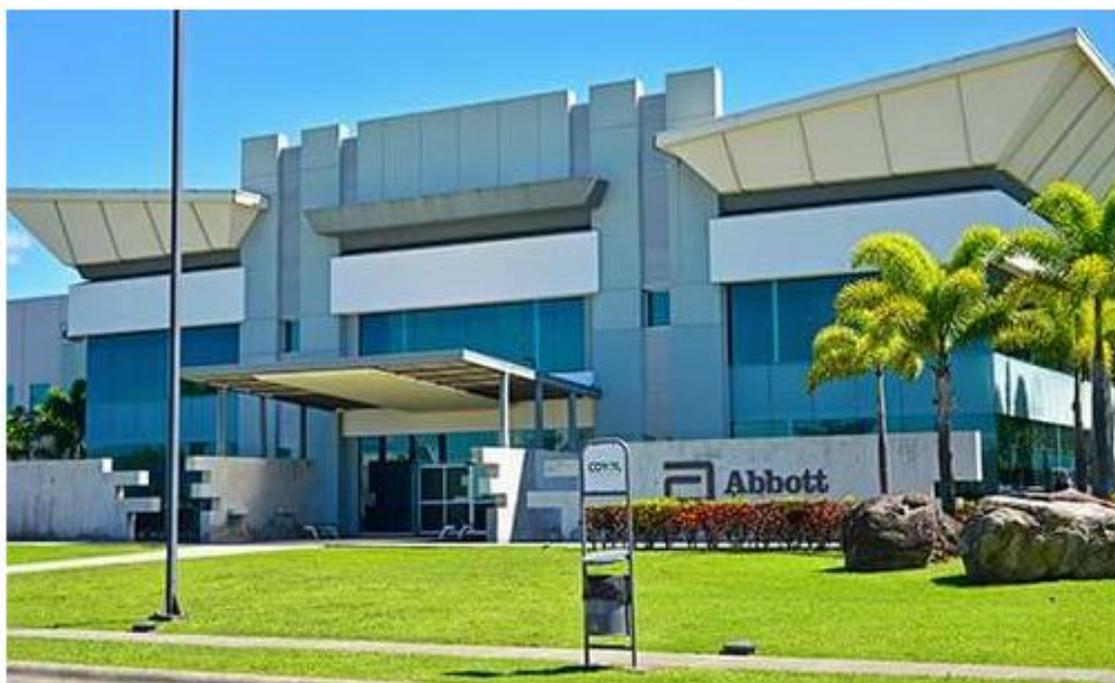
Es necesario identificar las áreas de mejora, como la optimización de procesos, la planificación eficiente, la incorporación de tecnología avanzada y el uso de otros materiales. Al abordar este problema de manera efectiva, la empresa podrá

mejorar su productividad y generar una reducción de costos en el proceso y con esto obtener mejores niveles de rentabilidad.

## 1.2 Identificación de la empresa o institución

### *Figura 1*

*Fachada del edificio Abbott*



Fuente: (Coyol , 2023)

La empresa farmacéutica estadounidense en la que se lleva a cabo este proyecto fue establecida en Chicago en 1888 por Wallace Calvin Abbott.

En la actualidad, cuenta con alrededor de 90,000 empleados, la sede central de esta compañía se encuentra en el estado de Minnesota, Estados Unidos. Sus productos y tecnologías son conocidos por mantener altos estándares de calidad y

están respaldados por procesos altamente innovadores y tecnológicos. La empresa opera en la Zona Franca Coyol de Alajuela, Costa Rica desde el año 2012, emplea a más de 5,000 personas. En esta ubicación, se realizan diversas actividades, incluyendo la fabricación de diversos dispositivos médicos, productos para el cuidado vascular, abordando temas como fibrilación auricular, control de la frecuencia cardíaca, válvulas cardíacas, neuro modulación, entre otros.

### **1.2.1 Misión de la Empresa**

La misión de Abbott establece que:

En Abbott, lo que más nos importa es ayudarte a vivir la mejor vida posible manteniendo una buena salud. Te ayudamos a nutrir tu cuerpo en cada etapa de la vida, y proporcionamos información y medicamentos para cuidar de tu salud. Cada día, en todo el mundo, descubrimos nuevas maneras de mejorar la vida. (Abbott, 2024)

### **1.2.2 Visión de la empresa**

“Ayudar a las personas a llevar la mejor calidad de vida posible con un mejor estado de salud”. (Abbott, 2024)

### **1.2.3 Política de Calidad**

“Fabricado como si fuera para la familia” (Abbott, 2024)

Abbott se dedica a mejorar el cuidado de la salud proporcionando productos de alta calidad, seguros y eficaces y garantizando el cumplimiento de las reglamentaciones. Esto se logra a través del compromiso con la calidad y la continua efectividad del sistema de gestión para cumplir con los requisitos de los clientes, de las partes interesadas, de las normativas y otros aplicables.

### **1.3 Planteamiento del problema**

Debido a la alta demanda de catéteres en una línea de producción de una empresa de dispositivos médicos, la empresa se enfrenta un desafío crítico relacionado con la eficiencia en los procesos de empaque. A medida que la demanda de los productos incrementa, la empresa se ha encontrado con dificultades para mantener el ritmo de producción necesario para cumplir con las metas semanales requeridas y así satisfacer las necesidades del mercado, debido a que la capacidad máxima actual de la línea de empaque es de 1,250 unidades semanales, contra la nueva demanda de 1,750 unidades semanales, lo que provoca un incumplimiento en las metas de producción ya que la línea de empaque no es capaz de solventar las necesidades de la nueva demanda.

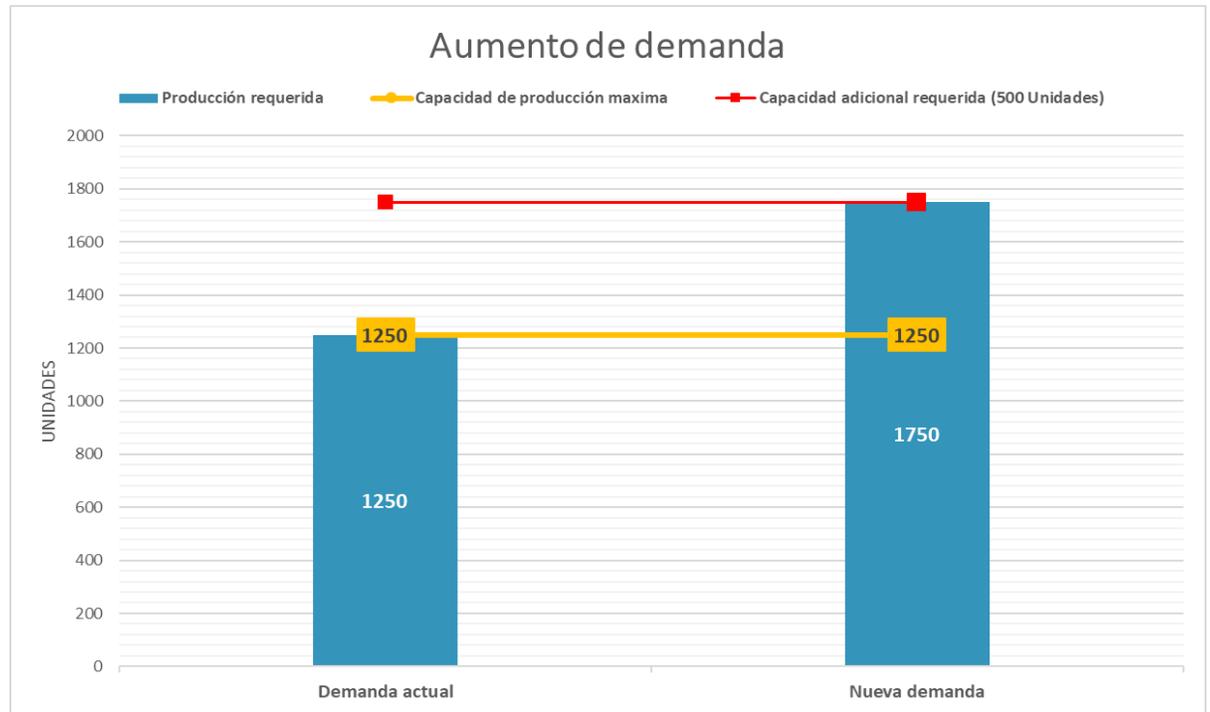
#### **1.3.1 Definición y medición del problema**

La definición y medición del problema se centra en la brecha entre las capacidades actuales del proceso de empaque y la demanda del mercado. Luego de un análisis detallado de la capacidad actual y porcentaje de capacidad utilizado, se determinó que el proceso de empaque estaba operando a su máxima capacidad, alcanzando solo 1,250 unidades semanales, mientras que la demanda actual de capacidad requerida es de 1,750 unidades semanales.

Esta diferencia muestra una clara falta de capacidad productiva de la empresa para satisfacer la demanda del mercado. Este análisis pone de relieve la urgente necesidad de tomar medidas correctoras para cerrar la brecha entre las capacidades actuales y la demanda del mercado, asegurando así la competitividad y el desempeño de la empresa en el futuro.

**Figura 2**

Gráfico de aumento de la demanda



Fuente: Elaboración propia

### 1.3.2 Justificación del proyecto

El fundamento del proyecto se basa en una brecha entre las capacidades actuales del proceso de empaque y la demanda del mercado. Luego de un análisis integral, se determinó que el proceso de empaque estaba operando a su máxima capacidad, alcanzando solo 1,250 unidades por semana, mientras que la demanda actual requiere de 1,750 unidades por semana, esta brecha muestra claramente la falta de capacidad de producción de la empresa para satisfacer la demanda del mercado, lo que podría provocar pérdidas económicas importantes de \$12,904,000,00 dólares debido a la imposibilidad de vender las 500 unidades adicionales necesarias por semana.

La implementación de este proyecto es necesaria para eliminar la brecha entre las capacidades actuales y las nuevas necesidades, reduciendo a la vez los costos de producción y aumentando la productividad de la empresa.

Además, los resultados del proyecto beneficiarán a muchas partes interesadas, incluidos los resultados finales de la empresa y los operadores, quienes experimentarán una carga de trabajo reducida debido a los cambios en el proceso de cierre.

Este proyecto aborda cuestiones específicas como la falta de capacidad de empaque y el aumento de la productividad, al tiempo que proporciona una oportunidad estratégica para la organización al aumentar los beneficios económicos al satisfacer la demanda del mercado.

En definitiva, implementar este proyecto no sólo resuelve problemas inmediatos, sino que también contribuye al crecimiento a largo plazo y a la competitividad de la empresa en el mercado.

## **1.4 Objetivos del proyecto**

### **1.4.1 Objetivo general**

Mejorar la productividad y reducir los costos de producción en la empresa, mediante la identificación y optimización de procesos clave, el análisis exhaustivo de los materiales utilizados en la producción y la implementación de medidas estratégicas para aumentar la eficiencia operativa y maximizar la rentabilidad en un lapso de 12 meses a partir de la implementación de las mejoras propuestas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Definir el problema de la empresa relacionado con la falta de capacidad para alcanzar las metas de producción, identificando sus causas principales y estableciendo oportunidades de mejora en el proceso.
- Medir y recopilar datos relevantes sobre los tiempos de producción, los costos y los indicadores claves de rendimiento actuales para tener una base sólida y objetiva sobre la situación actual del proceso.
- Analizar áreas de mejora en el proceso de producción para optimizar el uso de recursos, como el tiempo de los trabajadores, la maquinaria y los materiales, por medio de análisis de datos y el uso de herramientas de DMAIC.
- Mejorar los procesos mediante la implementación de soluciones efectivas, como la optimización de los flujos de trabajo y la eliminación de actividades innecesarias.
- Controlar y monitorear continuamente los cambios implementados para garantizar que se mantengan los niveles de producción deseados y se cumplan los objetivos de capacidad.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de dicho proyecto afecta únicamente el proceso del área empaque del producto FLEX de la empresa Abbott Medical. No contempla las áreas de empaque de otros productos, debido a que cada uno de ellos cuenta con un empaque específico.

El proyecto se llevará a cabo desde el mes de septiembre de 2023 hasta diciembre de 2023. De acuerdo con el desarrollo del proyecto, gerencia determinará la continuación e implementación de este en dicho producto.

### **1.5.2 Limitaciones**

Por temas de confidencialidad de la empresa, no se podrán utilizar nombres reales de la empresa, producto, líneas de producción, materiales ni costos reales.

Asimismo, los documentos oficiales donde consten datos o procesos no podrán ser compartidos, por lo que, para efectos del proyecto, los cambios en el proceso, especificaciones y correcta implementación de estos se realizarán de forma simulada, pero sin afectar su contenido original.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

A lo largo de esta sección, el objetivo es brindarle al lector una idea más clara de los temas tratados, de los principales tópicos y conceptos relacionados con la ingeniería industrial que brindan un gran sustento para el desarrollo del proyecto.

La demanda del mercado mundial; Obliga a las empresas a mantener una ventaja competitiva que les permita mantener altos estándares de calidad, procesos que permitan una entrega de productos fluida al menor costo posible. La gestión de procesos a través de la ingeniería industrial y la búsqueda constante de oportunidades de mejora es fundamental para crear empresas con buen desempeño.

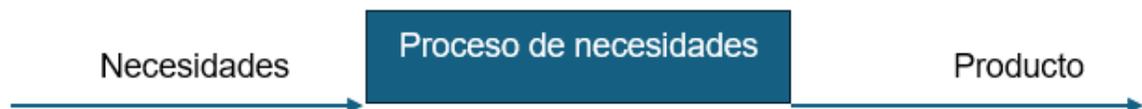
### 2.1.1 Ingeniería

Se refiere a la aplicación de métodos analíticos de todos los principios de las ciencias sociales y físicas y del proceso creativo a los procesos de transformación en respuesta a las necesidades humanas. (Abraham, 2008)

En pocas palabras, la ingeniería se podría representar gráficamente de la siguiente manera:

#### **Figura 3**

*Representación gráfica de ingeniería*



Fuente: Elaboración propia

### **2.1.2 Ingeniería industrial**

La Ingeniería Industrial abarca el diseño, la mejora e instalación de sistemas integrados de hombre, materiales y equipo. Con sus conocimientos especializados y el dominio de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, juntamente con los principios y métodos del diseño y análisis de ingeniería, permite predecir, especificar y evaluar los resultados a obtener de tales sistemas. (ACOFI-ICFES, 1996)

De acuerdo con varias interpretaciones, un profesional en ingeniería industrial actúa como un impulsor de la eficiencia, por lo tanto, es esencial que participe en una variedad de procedimientos industriales con el propósito de maximizar el desempeño del sistema.

En un proceso industrial se realizan diversas etapas dentro de una gran operación, para la elaboración de un producto, por lo que podemos decir que los procesos industriales son un conjunto de operaciones, llevadas a cabo para poder crear, producir o transformar un gran número de productos.

### **2.1.3 Tipos de procesos industriales que existen actualmente:**

Proceso de Operaciones continuas: Son procesos de producción que se ejecutan continuamente sin interrupciones ni arranques y no son ininterrumpidos excepto para reparaciones y mantenimiento de la máquina con el fin de mantener un alto rendimiento.

Proceso de Operaciones discontinuas: Similar a la operación continua, pero el proceso de conversión es más rápido porque el producto se puede cambiar con mayor frecuencia y facilidad.

Proceso de Operaciones por lotes: Este proceso se ejecuta en un orden bien definido. Se trata de mezclar materias primas y transformarlas en condiciones específicas o requeridas. Cabe destacar que este es el proceso más antiguo que existe.

Proceso de operaciones discretas: Se encargan de crear un producto a la vez. Normalmente, se trata de productos de gran tamaño, como vehículos o aviones, donde se realizan múltiples procesos de deformación en el mismo lugar.

#### **2.1.4 Proceso de manufactura**

Un proceso es una secuencia ordenada y secuencial de acciones, pasos o etapas realizadas con el objetivo de lograr una meta o resultado particular. Los procesos pueden ser sistemáticos y repetibles y, a menudo, implican convertir una entrada o entrada en una salida o resultado deseado.

Un proceso se refiere a la parte del negocio que recibe información y se convierte en productos que espera que tengan un valor más alto que el insumo original. (JACOBS & CHASE, 2014)

#### **2.1.5 Producción**

La producción es la actividad económica encargada de convertir los insumos en productos. Por tanto, la producción es cualquier actividad que utiliza recursos y materias primas para permitir el desarrollo o la producción de bienes y servicios para satisfacer la demanda.

También se puede decir que la producción es una actividad encaminada a satisfacer las necesidades humanas mediante la conversión de materias primas

hasta la creación de productos o bienes que puedan ser intercambiados en el mercado.

### **2.1.6 Análisis de proceso**

Comprender cómo funcionan los procesos es crucial para mantener la competitividad de una empresa. Un proceso que no se ajusta a las necesidades del negocio lo dañará cada minuto de su vida. (JACOBS & CHASE, 2014)

El análisis de procesos es una revisión detallada y sistemática de los pasos, actividades y elementos del proceso para comprender cómo funciona el proceso, identificar posibles mejoras, detectar ineficiencias y tomar decisiones informadas sobre cómo optimizar los procesos para obtener resultados más eficientes y efectivos.

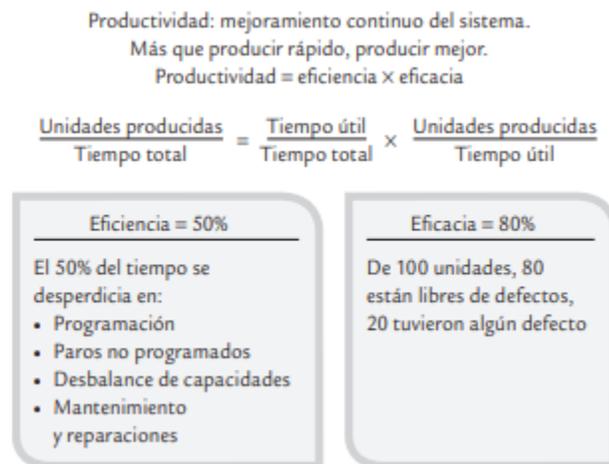
### **2.1.7 Productividad**

En general, se entiende por productividad la relación entre lo que se produce y los medios utilizados; por lo que se mide en cociente: resultados obtenidos entre los recursos utilizados. Los resultados se pueden medir en unidades de producción, unidades vendidas, clientes atendidos o ganancias. Mientras que los recursos utilizados se cuantifican a través del número de trabajadores, tiempo total de trabajo, horas máquina, costes, etc. Por lo tanto, mejorar la productividad significa optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. Por lo tanto, la productividad a menudo se divide en dos componentes: eficiencia y eficacia. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

Por lo que podemos interpretar productividad como la capacidad de producir resultados utilizando ciertos recursos. Se incrementa maximizando resultados y/u optimizando recursos.

#### **Figura 4**

##### *Representación gráfica de productividad*



Fuente: (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

#### **2.1.8 Eficiencia**

La relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados. Se mejora optimizando los recursos y reduciendo el tiempo perdido por paradas de equipos, escasez de materiales, retrasos, etcétera. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

#### **2.1.9 Eficacia**

Grado con el cual las actividades planificadas y los resultados previstos son logrados. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

### **2.1.10 Catéter**

Un catéter es un dispositivo médico delgado y alargado que se puede insertar a través de una vena, principalmente la vena femoral, o a través de tejidos para diversos fines, como un catéter guía, que se utiliza como guía para la colocación de otros catéteres, como su nombre lo indica.

También puede diseñarse para implantar otros dispositivos como válvulas o expansores, para inyecciones de fármacos y drenaje de líquidos.

### **2.1.11 Línea de producción**

Por la línea de producción entendemos todas las actividades secuenciales en las que se organiza el proceso de producción del producto.

Para producir un gran número de unidades de un mismo producto, es necesario organizar una serie de operaciones diferentes necesarias para convertirlo de materias primas en productos. Esto implica organizar el proceso en etapas y actividades asignadas individualmente o en grupos de trabajo.

Se realizan asignaciones a trabajadores y/o máquinas y/o herramientas en cada fase o actividad. Como resultado, la producción en línea también requiere de operadores especializados en diferentes etapas u operaciones. Otra característica de la línea de producción es que las operaciones se realizan por separado hasta el montaje final de todo para completar la producción del producto.

### **2.1.12 Costos de producción**

Son los que se generan durante el proceso de transformar las materias primas en el producto final. El concepto de costos de producción incluye

valoraciones monetarias que incluyen todos los desembolsos que ha realizado una empresa para determinar la producción de un artículo o la prestación de un servicio.

Este conjunto de costos está entrelazado en parte de la infraestructura comercial e incluye varios factores, como materias primas, mano de obra, tecnología utilizada y otros componentes esenciales.

### **2.1.13 Gráfico de barras**

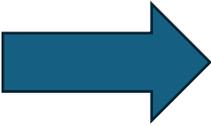
Un gráfico de barras es una herramienta visual utilizada para representar datos de manera comparativa mediante barras rectangulares. Cada una de estas barras representa una categoría o variable específica, y la longitud de la barra es proporcional al valor numérico que representa. Este tipo de representación gráfica es especialmente útil para comparar diferentes cantidades, valores o categorías de forma rápida y efectiva. Los gráficos de barras pueden ser utilizados en una variedad de contextos, desde análisis estadísticos hasta presentaciones de negocios, ayudando a visualizar patrones, tendencias y disparidades entre distintos conjuntos de datos de manera clara y concisa. Además, pueden ser diseñados de manera flexible para mostrar información adicional, como etiquetas, colores o agrupamientos, con el fin de resaltar aspectos específicos de los datos y facilitar su interpretación por parte del público.

### **2.1.14 Diagrama de flujo de procesos**

Es una representación gráfica de la secuencia de pasos o actividades en un proceso. A través de este diagrama, es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se vinculan las diferentes actividades; Asimismo, es útil para el análisis y mejora de procesos. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

Los diagramas de flujo usan rectángulos, óvalos, rombos y muchas otras formas para definir tipos de pasos, junto con flechas de conexión para establecer el flujo y la secuencia. Pueden ir desde diagramas simplemente dibujados manual a diagramas integrales generados por computadora que representan muchas etapas y rutas.

**Tabla 1***Símbolos del diagrama de flujo*

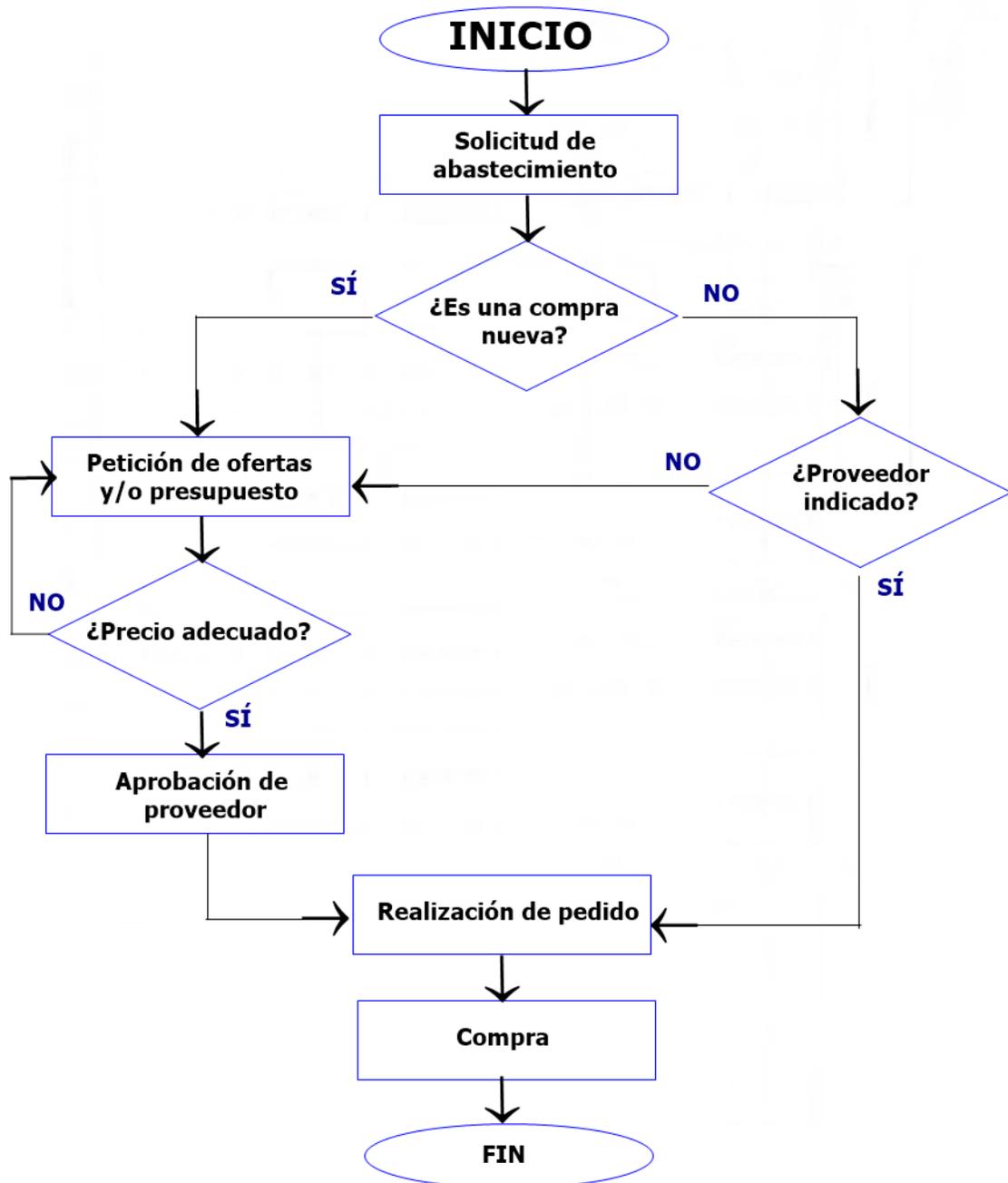
Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el fin de cada proceso.
	Línea de flujo	Indicador del orden de los diferentes pasos que conforman el proceso.
	Operación	Indica y representa cualquier tipo de operación.
	Inspección	Utilizado para identificar una inspección en el proceso
	Demora	Utilizado para identificar una sección del proceso el que está conformado por una acción que genera un tiempo de espera.
	Almacenaje	Identificación de almacenaje durante el proceso.
	Transporte	Se utiliza para identificar el movimiento del proceso de un lugar a otro
	Decisión	Se permite analizar una situación, con base en lo valores verdadero y falso.

Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Ejemplo de un diagrama de flujo

## Diagrama de flujo de proceso de compra a proveedores



Fuente: (Rodrigues, 2024)

### **2.1.15 Lluvia de Ideas**

La lluvia de ideas es una técnica muy útil para el trabajo en equipo porque permite el análisis, el diálogo y la discusión en torno a un problema, este tipo de actividad grupal genera ideas creativas y originales. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

Esta técnica le permite intercambiar ideas con otros miembros del equipo y, al analizarlas, crear una solución ideal para mejorar el proceso auditado.

### **2.1.16 Diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa**

También llamado diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, este enfoque se utiliza para recopilar información acerca del problema o las razones que lo originan. La utilización de esta representación gráfica impulsa la exploración de diversas causas que inciden en el problema en análisis, evitando la equivocación de buscar soluciones directas sin cuestionar cuál o cuáles son las causas reales.

El diagrama de Ishikawa se basa en el método de las 6 M y consiste en clasificar las posibles causas en seis categorías principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, máquina, medición y medio ambiente. Estos seis aspectos engloban de manera completa cualquier proceso final, lo que sugiere de manera natural que las causas de un problema tienen vínculos con una o varias de estas 6M. (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2013)

Los elementos para considerar al clasificar las 6M son los siguientes:

**Mano de obra**

Conocimiento (¿los individuos tienen conocimiento de su labor?).

Entrenamiento (¿han sido capacitados los operarios?).

Habilidad (¿han demostrado los trabajadores habilidades en sus tareas?).

Capacidad (¿se prevé que todo empleado realice su labor eficazmente?).

¿Existe motivación entre los empleados? ¿Son conscientes de la relevancia de su trabajo para la calidad?

**Métodos**

Estandarización (¿las tareas y los métodos de trabajo están establecidos de forma precisa y apropiada, o dependen de la interpretación de cada individuo?).

Excepciones (¿cuándo no es viable llevar a cabo el proceso estándar, se tiene un método alternativo claramente definido?).

Definición de operaciones (¿se han determinado las operaciones que componen los procedimientos?, ¿cómo se determina si una operación se ha realizado correctamente?).

**Máquinas**

Capacidad (¿han demostrado las máquinas ser capaces de generar la calidad requerida?).

Condiciones de operación (¿las circunstancias de operación en términos de variables de entrada son las apropiadas?, ¿se cuenta con un respaldo de estudios al respecto?).

¿Existen disparidades? (realizar contrastes entre máquinas, líneas de producción, estaciones, instalaciones, etc. ¿Se han identificado marcadas discrepancias?).

Herramientas (¿se efectúan cambios de herramientas de forma regular?, ¿son adecuados?).

Ajustes (¿se disponen de criterios claros y apropiados para calibrar las máquinas?).

Mantenimiento (¿se ejecutan planes de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

## **Material**

Variabilidad (¿se comprende el impacto de la variabilidad de los insumos o materias primas con relación al problema?).

Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los componentes materiales?).

Proveedores (¿cuál es el efecto de contar con diversos proveedores?, ¿se tiene conocimiento de diferencias notables y su influencia?).

Tipos (¿se entiende el modo en que los diferentes tipos de materiales influyen?).

## **Mediciones**

Disponibilidad (¿se cuentan con las mediciones necesarias para identificar o prevenir el problema?).

Definiciones (¿se han definido de manera operativa las características que se miden?).

Tamaño de la muestra (¿se han medido suficientes unidades?, ¿representan adecuadamente la situación para respaldar las decisiones?).

Repetibilidad (¿hay evidencia de que el instrumento de medición puede repetir las mediciones con la precisión necesaria?).

Reproducibilidad (¿se dispone de pruebas de que los métodos y criterios de medición empleados por los operarios son apropiados?).

Calibración o sesgo (¿se presenta algún sesgo en las mediciones del sistema de medición?).

## **Medio ambiente**

Ciclos (¿se observan pautas o repeticiones en los procedimientos relacionados con las condiciones ambientales?).

Temperatura (¿la temperatura del entorno afecta las operaciones?).

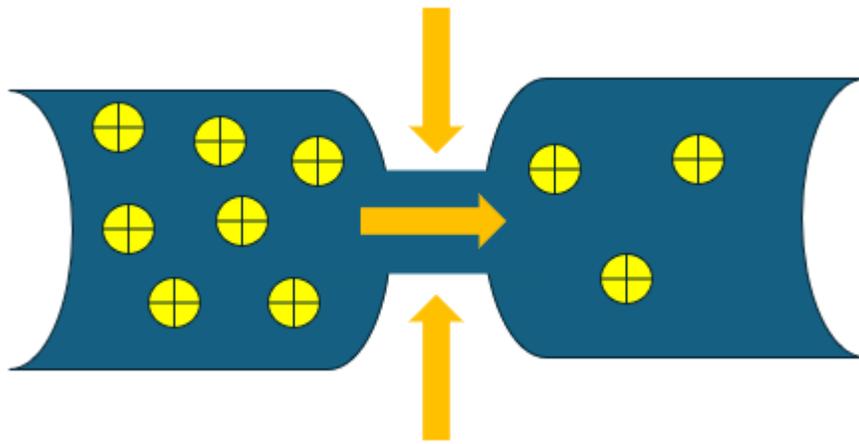
## **Cuello de botella**

El término "cuello de botella" se refiere a procesos que son ineficientes o tienen bajos niveles de productividad, lo que resulta en retrasos significativos en las

operaciones y limita el avance en una línea de producción. Estos cuellos de botella pueden surgir debido a diversos factores, como una máquina averiada, la falta de un material específico o errores en la distribución de los procesos. Identificar y resolver estos cuellos de botella es crucial para optimizar la eficiencia y el rendimiento general de la producción.

**Figura 6**

*Representación gráfica de un cuello de botella*



Fuente: Elaboración propia

## **2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto**

### **2.2.1 DMAIC**

Como parte de la filosofía Six Sigma, utilizaremos un enfoque científico y metódico, basado en datos y la aplicación de herramientas de ingeniería para resolver los problemas del sistema de productividad de la línea de empaque de la empresa de dispositivos médicos Abbott Medical, con el fin de proponer soluciones basadas en el análisis de la situación. Mediante la aplicación del ciclo DMAIC, hemos propuesto una metodología general de proyectos.

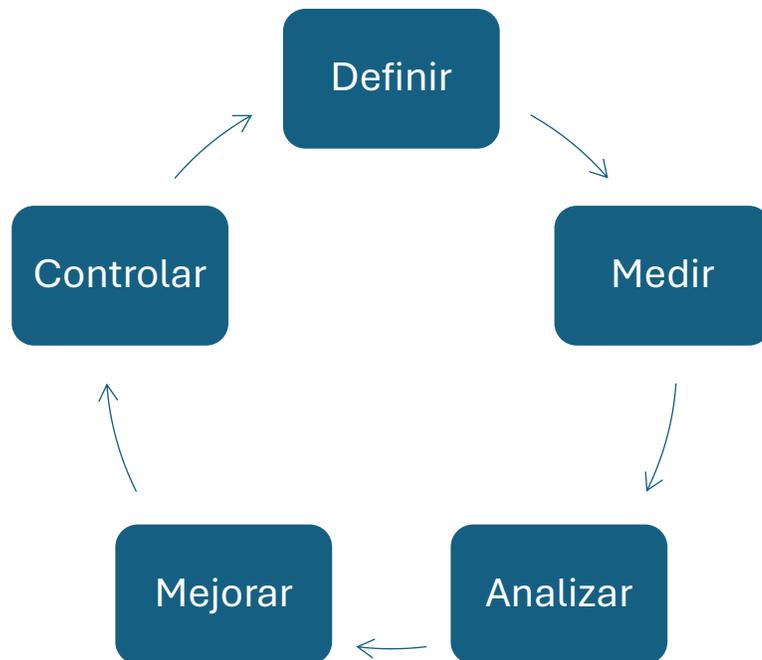
### 2.2.2 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es un acrónimo que representa las cinco fases clave del proceso Seis Sigma:

Define (definir), Measure (medir), Analyze (analizar), Improve (mejorar), y Control (controlar)

#### **Figura 7**

*Fases de DMAIC*



Fuente: Elaboración propia

## **Define (definir)**

En esta fase se define claramente el problema o meta del proyecto. Se establecen objetivos medibles y se identifican los clientes y sus requisitos. Además, se crea un equipo de proyecto y se establece un plan de trabajo.

Esta etapa constituye el interés del proyecto y mantiene la orientación de la estrategia Six sigma a los requerimientos del cliente:

### ¿QUÉ?

1. Definir los requerimientos del cliente.
2. Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios.
3. Definir los recursos.
4. Evaluar sustento organizacional clave.
5. Desarrollar el propósito del proyecto.
6. Descripción del proceso

### ¿CÓMO?

1. Carta de equipo (Project Charter)
2. Reuniones con los Team member del proceso.
3. Flujograma del proceso
4. Tablas de historial

## **Measure (medir)**

Durante esta fase, se recopilan datos relevantes para comprender el proceso actual y determinar su desempeño. Se identifican puntos clave de medición y se recopilan datos para cuantificar el problema y evaluar su impacto en el proceso.

### ¿QUÉ?

1. Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica.
2. Mapear el proceso a evaluar.
3. Planificar recolección de datos.
4. Definir el sistema de medición.
5. Recolectar información.
6. Determinar la capacidad del proceso y nivel sigma

### ¿CÓMO?

1. Diagrama flujo de proceso.
2. Plan de recolección de datos.
3. Caminata o Gemba walk
4. Análisis del sistema de medición.

## **Analyze (analizar)**

Una vez recopilados los datos, se analizarán para identificar patrones, tendencias y posibles causas de problemas. Las herramientas estadísticas se utilizan para identificar las fuentes de variación y comprender cómo afectan el proceso.

### ¿QUÉ?

1. Definir los objetivos de desempeño.
2. Identificar paso de valor agregado y de no valor agregado del proceso.
3. Identificar fuentes de variación.
4. Determinar la(s) causa(s) raíz.

### ¿CÓMO?

1. Diagrama de Pareto
2. Multivoto
3. Diagrama espagueti
4. Series de tiempo
5. Diagrama de Ishikawa/ Causa y efecto.
6. 5 porqués.
7. Análisis estadísticos
8. FMEA (Análisis de Modo y Efecto de Falla)

## **Improve (mejorar)**

Durante esta fase, se generan y evalúan posibles soluciones para abordar las causas fundamentales identificadas en la fase de análisis. La mejor solución es seleccionada y probada para verificar su efectividad.

### ¿QUÉ?

1. Generación de soluciones para cada causa raíz.
2. Realizar matriz de prioridades para elección de la mejor solución.
3. Definir tolerancias operacionales del sistema.
4. Evaluar modos de falla que afectarían a la solución propuesta.
5. Validar mejoras con estudios y pruebas.
6. Correcciones y validación de soluciones potenciales.

### ¿CÓMO?

1. Técnica de lluvias de ideas.
2. Métodos heurísticos de prueba y error.
3. Diseño de experimentos.
4. Matrices de prioridades.
5. Análisis de modo de falla y efectos

## **Control (controlar)**

Una vez que se implementa una solución, esta fase se enfoca en mantener las mejoras a lo largo del tiempo. Se establecen sistemas de control y se monitorean los procesos para garantizar que se mantengan las mejoras y que los problemas no se repitan.

### ¿QUÉ?

1. Estandarización en el proceso.
2. Documentar y formalizar el plan de control.
3. Monitorear el proceso.
4. Actualizar y difundir el proyecto.

### ¿CÓMO?

1. Cálculos y niveles de Sigma del proceso.
2. Cartas de control estadísticos por variables o atributos.
3. Cálculo de ahorros y costos.
4. Plan de control.
5. Diagrama Gantt

## **2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto**

El proyecto se enfoca en mejorar la productividad y reducir los costos de producción en la industria mediante la implementación de estrategias eficientes y la optimización del proceso. Esto implicará la identificación de áreas clave de mejora, el uso de tecnologías innovadoras y la adopción de métodos más efectivos para aumentar la eficiencia en todas las etapas del proceso de fabricación.

El impacto esperado será el aumento de la productividad y la reducción de los costos operativos. Además, estas mejoras contribuirán a la sostenibilidad económica y medioambiental de la empresa y del sector en su conjunto.

### **2.3.1 Impacto Económico.**

Un estudio de impacto económico se lleva a cabo para evaluar los efectos tanto negativos como positivos de una inversión o cambio realizado en un área de trabajo específica. Estos efectos pueden incluir desde el aumento de las ventas hasta la reducción de los gastos de inventario, entre otros. Identificar y comprender estos impactos es crucial para evaluar adecuadamente el retorno de la inversión y tomar decisiones informadas sobre futuras estrategias empresariales.

### **2.3.2 Análisis Costo – Beneficio.**

El análisis costo-beneficio es un proceso crucial en el que se comparan los beneficios, representados por el aumento del bienestar de la empresa, con los costos, que implican la disminución del bienestar de la misma, al implementar un proyecto específico. Su utilidad radica en determinar de manera clara y precisa el balance entre los beneficios obtenidos y los costos incurridos por la empresa, lo que permite evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto en cuestión. Este análisis

proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y la asignación eficiente de recursos.

### **2.3.3 Capacidad de producción.**

Se entiende por capacidad productiva el máximo volumen de producción posible de determinada nomenclatura y surtido o de procesamiento de materias primas en la unidad de tiempo, generalmente un año, con la utilización más racional de los medios y áreas de trabajo disponible y empleando adecuados métodos de organización del trabajo y la producción, que garanticen la calidad de los productos fabricados. (González, 1990).

### **2.3.4 Impacto en tiempos.**

Mediante el análisis de los procesos de producción, se busca alcanzar una gestión eficiente de las operaciones dentro de la empresa. El objetivo principal es optimizar la secuencia de trabajo y el flujo de materiales en la línea de producción. Esto implica reducir los tiempos de espera entre cada etapa del proceso, asegurando una distribución adecuada de recursos y minimizando los cuellos de botella. Al mejorar la eficiencia de los procesos de producción, se puede aumentar la productividad y la rentabilidad global de la empresa.

## **2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes**

El primer proyecto que se puede destacar es el de Sánchez, 2020 quien realizó, la investigación titulada “Mejora de la eficiencia en la línea de producción de botellas número 1 en la presentación de 3 litros, planta refrescos en rio segundo de Alajuela durante el primer cuatrimestre 2020”.

De acuerdo con el autor, el problema principal radica en la alta cantidad de paros que se generan en el proceso de embazado, por lo cual, una de sus metas en su investigación pretende la disminución de paros en la línea y aumentar la capacidad y eficiencia de esta, para lograrlo hizo uso de herramientas ingenieriles, lo cual le llevo a desarrollar una investigación y presentar una propuesta donde evidencia se podrían alcanzar los objetivos deseados.

La segunda investigación analizada es la de Vargas, 2019, titulada “Reducción de la improductividad relacionada a materia prima en la empresa Cotomate S.A, en Alajuela Costa Rica, en el año 2019” este proyecto es realizado para optar por el grado de bachillerato en ingeniería industrial y tiene como objetivo principal hacer un análisis del proceso productivo en la empresa Cotomate S.A, para determinar cuáles factores están directamente ligados con el productividad de la línea de producción de tomate que se genera en la planta de San Rafael de Alajuela. Gracias al análisis que se realiza, se determina que las responsabilidades y roles no estaban bien definidas, además se evidencia que no se cuenta con un proceso claro que determine como realizar el proceso.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 Metodología para la definición del problema

Durante el desarrollo de este proyecto se aplicó la metodología DMAIC para identificar mejoras en los procesos establecidos, reducir tiempos de procesamiento, reducir costos y aumentar la productividad.

Antes de identificar el problema era necesario entender claramente el proceso que necesita mejorar, por lo que el diagrama es una herramienta adecuada por su sencillez, para que tanto el desarrollador del proyecto como el lector puedan tener una visión general e ideas claras.

**Tabla 2**

*Etapa Definir de la metodología DMAIC*

<b>Etapa Definir de la metodología DMAIC</b>	
<b>Objetivo</b>	<b>Herramienta</b>
Se realizó un diagrama de flujo del proceso de empaque para obtener una representación visual de los distintos pasos que componen el proceso.	Diagrama de flujo del proceso productivo actual.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

En la etapa de medir, se analizó los datos existentes como la capacidad del proceso, tiempos de procesamiento análisis de costos con el fin que nos ayuden a conocer la situación en la que se encuentra el problema por resolver.

**Tabla 3**

*Etapa Medir de la metodología DMAIC*

<b>Etapa Medir de la metodología DMAIC</b>	
<b>Objetivo</b>	<b>Herramienta</b>
Se realizó la medición de la capacidad de empaque actual mediante la representación gráfica	Análisis de capacidad
Se realizó un mapeo de procesos para visualizar y comprender cómo se lleva a cabo un proceso.	Mapeo de proceso
Se realizó un análisis de los tiempos del proceso para identificar cuanto tiempo toma ejecutar cada paso del proceso.	Tiempos del proceso
Se realizó identificó y cuantificó la cantidad de retrabajos en el proceso de empaque.	Cantidad de retrabajos en el proceso
Se generó y analizó un gráfico de demanda y capacidad actual con el fin de realizar una comparación entre la capacidad actual con	Gráficos de demanda vs capacidad actual.

la demanda requerida que permita identificar si la capacidad actual es suficiente para satisfacer la demanda, o si se necesitan ajustes.	
Se analizaron los costos asociados al material utilizado en el proceso de empaque.	Análisis de costos

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio**

Como parte de la propuesta de mejora, se trabajó en identificar las posibles soluciones para solucionar la causa raíz del problema de falta de capacidad de la línea de empaque.

Se Identificó, cuál de las soluciones encontradas pueden ser implementadas y cuáles serán registradas para su seguimiento e implementación futura a cargo del equipo funcional de trabajo del área.

**Tabla 4***Etapa Analizar de la metodología DMAIC*

<b>Etapa Analizar de la metodología DMAIC</b>	
<b>Objetivo</b>	<b>Herramienta</b>
Se realizó una lluvia de ideas con el fin de recopilar una amplia gama de posibles soluciones o enfoques para un problema o situación particular.	Lluvia de ideas
Se desarrolló un diagrama de Ishikawa para visualizar las posibles causas del problema, con el fin de buscar las posibles soluciones.	Diagrama de Ishikawa.
Se desarrolló un diagrama de Pareto para determinar de manera gráfica las causas más significativas en las que se debería de enfocar los esfuerzos de mejora.	Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Para la realización de este proyecto, se definió una serie de actividades que nos permitirán gestionar los recursos en la forma y el tiempo adecuados, buscando el cumplimiento de los objetivos establecidos.

**Tabla 5**

*Etapa mejorar de la metodología DMAIC*

<b>Etapa mejorar de la metodología DMAIC</b>	
<b>Objetivo</b>	<b>Herramienta</b>
Se identificaron áreas de mejora donde se pueda optimizar el rendimiento o eliminar ineficiencias.	Identificar áreas de mejora
Se realizó un análisis costo-beneficio de las acciones requeridas para lograr los objetivos esperados en torno a la capacidad del área de empaque.	Costo beneficio
Desarrollar una serie de mejoras que permitan solventar los problemas del proyecto	Implementación de mejoras

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Si la empresa decide implementar las propuestas que se planteen a lo largo de este documento como complemento del plan de implementación y como parte de la etapa de control se aplicó la herramienta de plan de control. La misma se desarrolló manera en conjunto con el dueño del proceso y los expertos del proceso.

**Tabla 6**

*Etapa Controlar de la metodología DMAIC*

<b>Etapa Controlar de la metodología DMAIC</b>	
<b>Objetivo</b>	<b>Herramienta</b>
Desarrollar propuestas de control que permitan identificar cumplimiento de los objetivos e identificar si es requerido realizar alguna mitigación durante el proceso.	Plan de control

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

#### **4.1 Diagrama de flujo del proceso productivo.**

En la industria de dispositivos médicos, el empaque juega un papel importante para garantizar la calidad y seguridad del producto, y del paciente, un proceso de empaque meticuloso es esencial para proteger los dispositivos médicos de contaminantes y daños durante el almacenamiento y el transporte.

Lograr esto requiere un método preciso y eficaz que aborde sistemáticamente cada paso del proceso, el diagrama de flujo del proceso de empaque proporciona una representación visual de los distintos pasos que componen el proceso. Desde la preparación inicial del material hasta las inspecciones del producto, cada paso se determina cuidadosamente para garantizar la calidad y seguridad del producto final.

**Figura 8**

Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia

## **4.2 Análisis de capacidad**

Al evaluar la capacidad de producción actual, se encontró que la empresa opera con dos turnos diarios, lo que resulta en un total de 23.6 horas disponibles para producción durante una jornada laboral típica, cada equipo está formado por dos operadores, lo que representa una mano de obra continua y estable durante la producción, este enfoque de dos turnos con dos operadores por turno le permite mantener un flujo de trabajo continuo y maximizar el tiempo de producción disponible dentro de los límites de tiempo establecidos logrando empacar como capacidad máxima 1,250 unidades semanalmente unidades utilizando el 100% de la capacidad de la línea de empaque.

Este análisis servirá como base fundamental para identificar áreas de mejora y optimización que puedan potenciar la eficiencia y la capacidad productiva de la empresa en el futuro.

**Tabla 7***Análisis de capacidad*

Turnos laborados	Estructura de tiempos por turno		
	Turno A (L-V)	Turno B (L-V)	Turno B (S)
Cantidad de operarios	2	2	2
Total de tiempo pagado (horas)	9.6	6.5	7.5
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450
Desayuno	20	-	20
Almuerzo	40	-	40
Cena	-	40	-
Estiramientos	10	5	5
Ingreso al área limpia	15	8	8
Limpieza	7	7	7
Reuniones	5	5	5
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85
Total de tiempo productivo (Minutos)	479.00	325.00	365.00
Total de tiempo productivo (Horas)	7.98	5.42	6.08
Total de tiempo productivo (Segundos)	143700.00	97500.00	21900.00
Tiempo por unidad (Segundos)	210.44	210.44	210.44
Total de unidades empacadas por turno	682.85	463.31	104.07
Total de unidades empacadas por semana		1250	
Producción total con extras		1250	
Delta (Nueva demanda 1750 unidades)		-500	

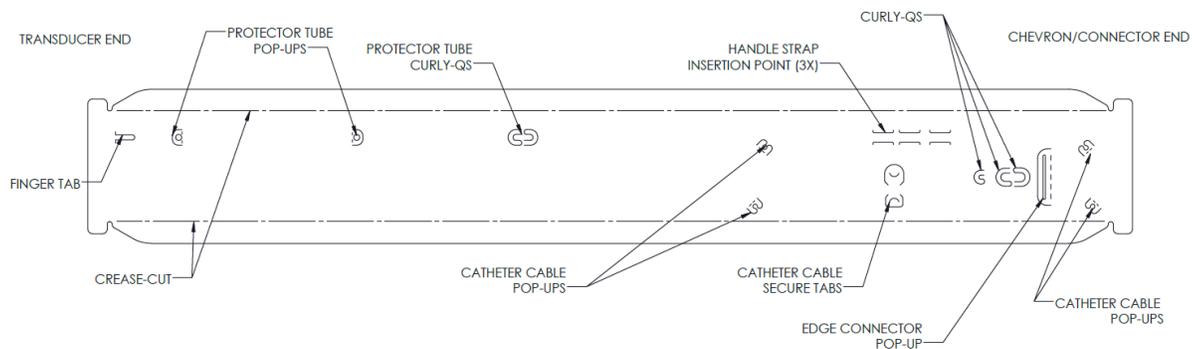
Fuente: Elaboración propia

**4.3 Mapeo de proceso****Limpiar Partes de la Cartulina:**

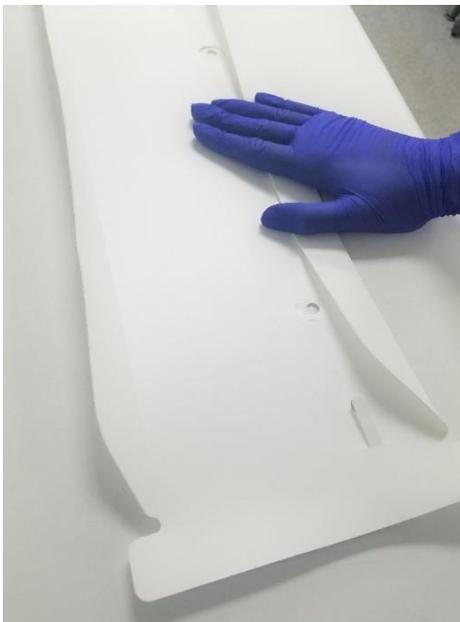
Antes de utilizar la cartulina para empaque, es importante limpiar cuidadosamente las piezas de cartulina para eliminar residuos o contaminantes que puedan afectar la integridad o afectar la esterilidad del producto final.

**Preparación Cartulina:**

Una vez limpias, las piezas de cartulina se preparan adecuadamente para su uso en el proceso de empaque, esto incluye doblar, levantar, enganchar u otras formas de preparación según las especificaciones de empaque requeridas para el dispositivo médico.

**Figura 9***Diseño de la cartulina de empaque actual*

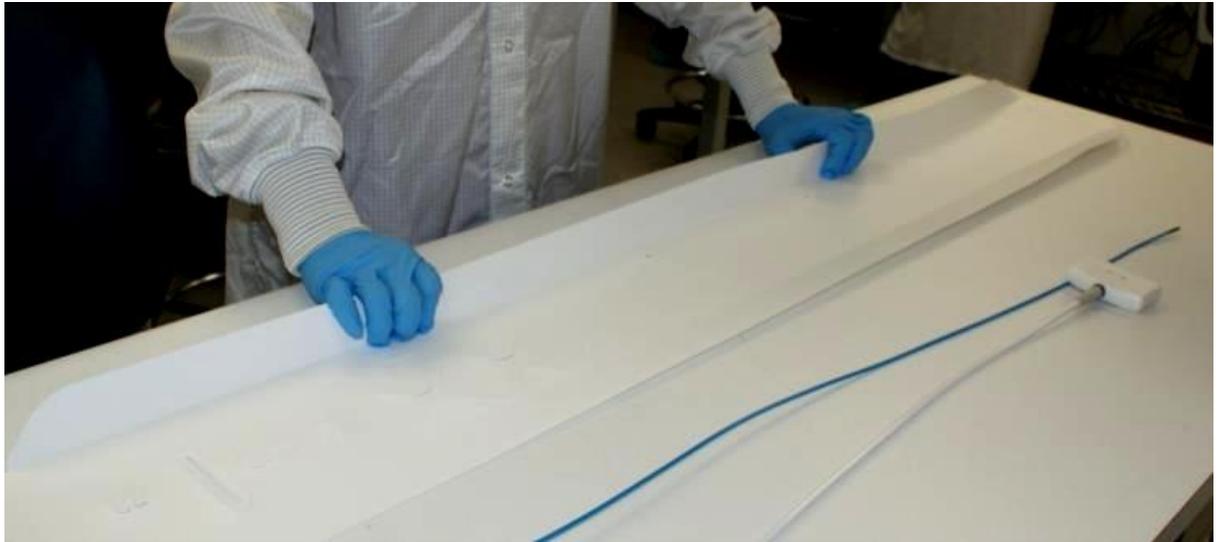
Fuente: Elaboración propia

**Figura 10***Doblado de la cartulina*

Fuente: Elaboración propia

**Figura 11**

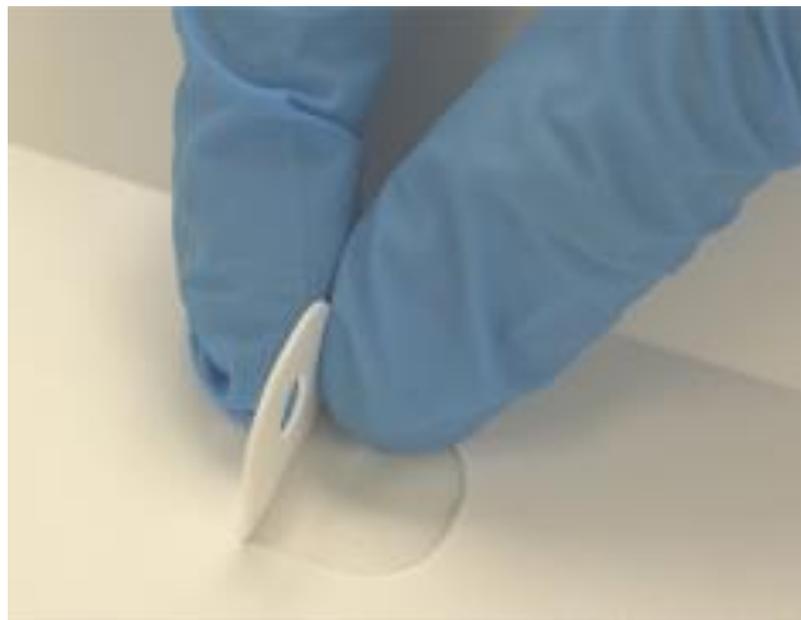
*Alineado de laterales de la cartulina*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 12**

*Levantamiento de fijaciones*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13**

*Cartulina con las fijaciones levantadas*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 14**

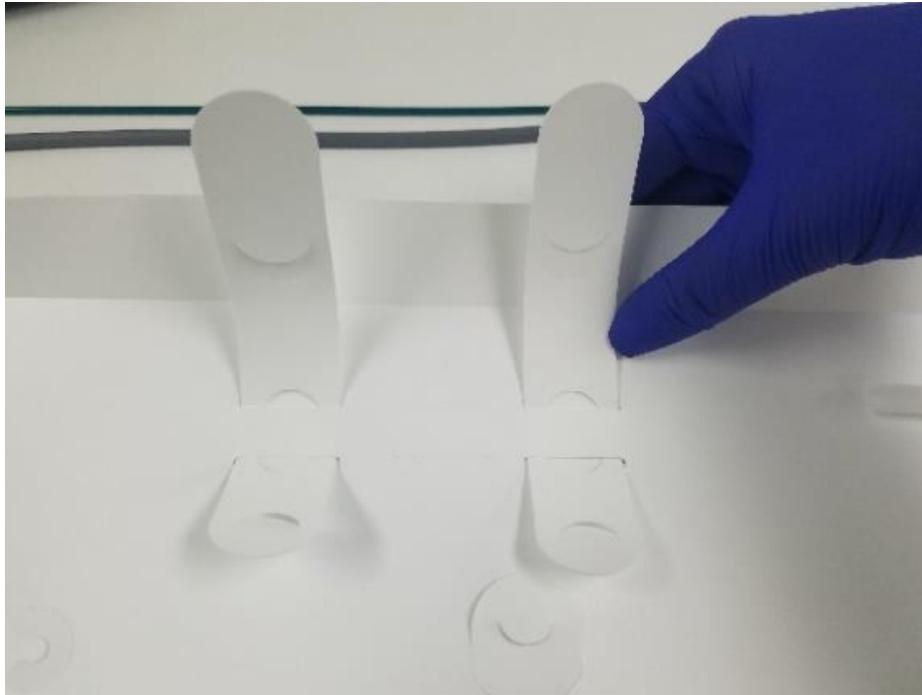
*Levantamiento de fijación*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15**

*Colocación de la correa de cartulina*



Fuente: Elaboración propia

**Limpiar Piezas:**

Antes de ser empaquetadas, los dispositivos médicos deben someterse a un riguroso proceso de limpieza para eliminar cualquier contaminante que pueda afectar su integridad y funcionamiento. Esto garantiza que el producto esté libre de impurezas y listo para un uso seguro.

**Figura 16**

*Limpieza de la unidad*



Fuente: Elaboración propia

**Montar pieza:**

Una vez el dispositivo está limpio se procede al montaje de acuerdo con el diseño y especificaciones establecidas, este paso es importante para garantizar que el dispositivo funcione correctamente una vez que se complete el proceso de empaquetado.

**Figura 17**

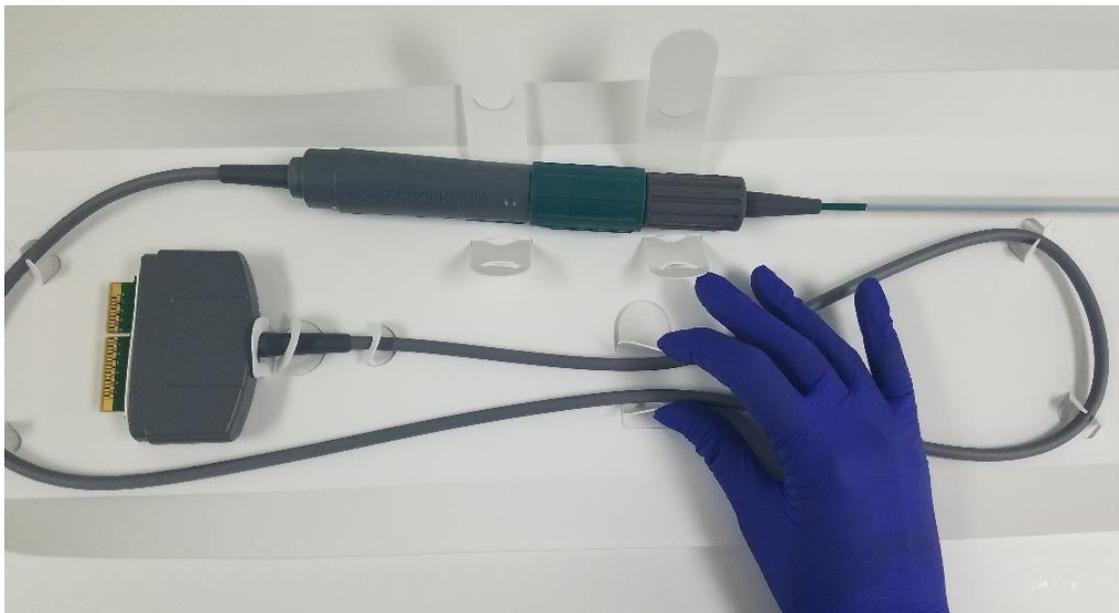
*Colocación de la unidad*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18**

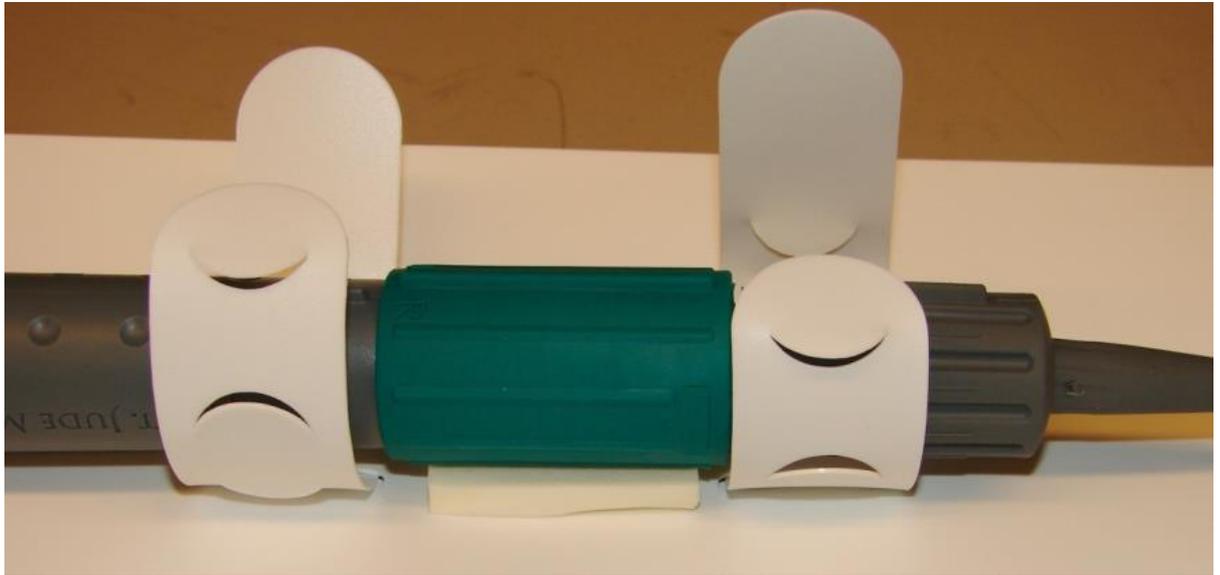
*Ajuste de la unidad en la cartulina*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19**

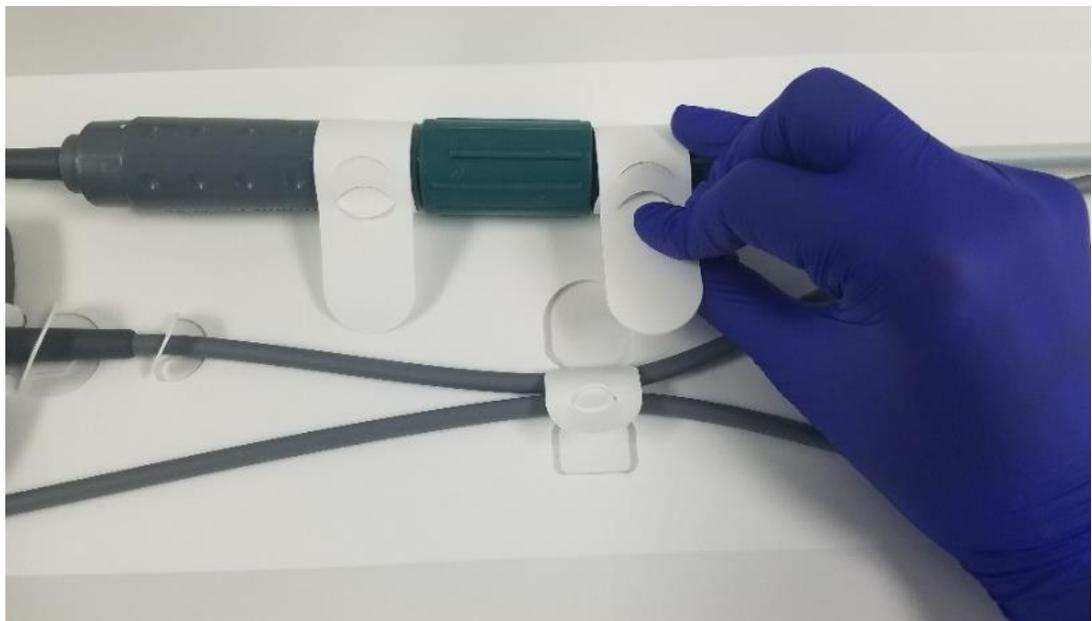
*Correas sujetadoras de la unidad*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**

*Cierre de correas sujetadoras*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 21**

*Unidad montada en la cartulina*



Fuente: Elaboración propia

### **Inspección de Partículas:**

Se realiza una inspección exhaustiva de los dispositivos para detectar cualquier partícula o contaminante que pueda estar presente antes del empaque, esto ayuda a garantizar la calidad y seguridad del producto final, evitando la introducción de contaminantes en el empaque.

### **Limpieza Estática:**

Para remover todas aquellas partículas que no son visibles a simple vista se procede a introducir en un controlador de estática la cartulina con el dispositivo ya ensamblado, sometiendo la unidad a un flujo de electricidad y aire que se encargan de remover partículas que no fueron removidas en procesos anteriores, además, esto minimiza el riesgo de atraer partículas no deseadas durante el empaque.

**Figura 22**

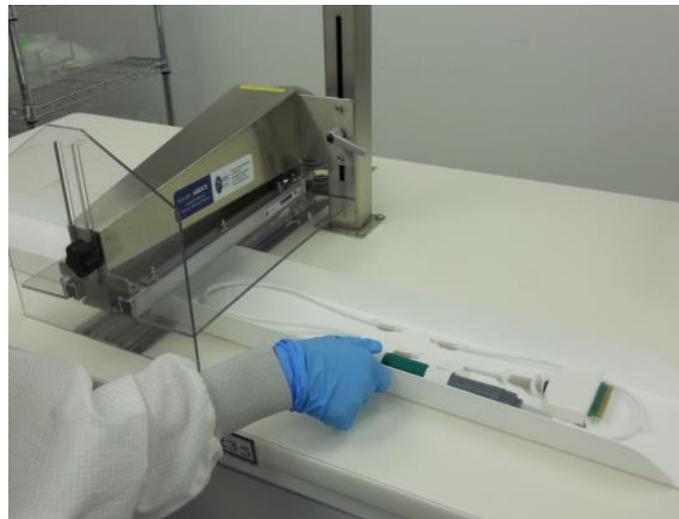
*Equipo de limpieza estática*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 23**

*Limpieza estática de la unidad*



Fuente: Elaboración propia

**Etiquetar Pouches:**

Cada pouch o bolsa de empaque está debidamente etiquetada con información relevante, como nombre del producto, número de lote y fecha de vencimiento, esto proporciona información importante para la identificación y trazabilidad del producto.

**Figura 24**

*Unidad etiquetada*



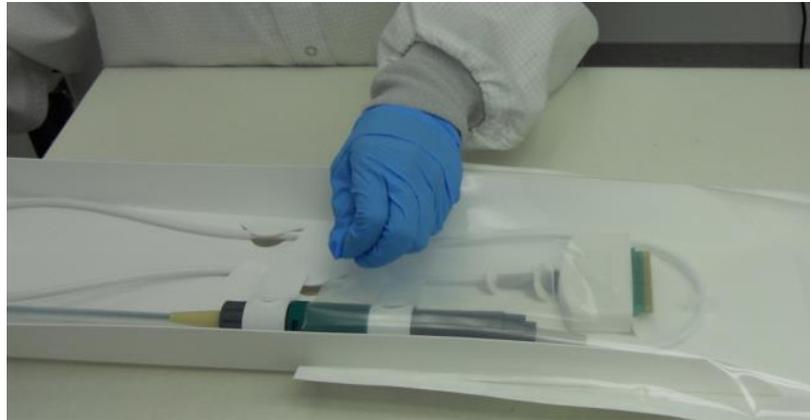
Fuente: Elaboración propia

**Empacar en el Pouch:**

El dispositivo previamente ensamblado en la cartulina es empacado cuidadosamente dentro del pouch de empaque, siguiendo procedimientos específicos para garantizar una colocación ordenada y segura para evitar daños durante el proceso de transporte y almacenamiento.

**Figura 25**

*Ingreso de la unidad en el pouch*



Fuente: Elaboración propia

### **Sellado del Pouch:**

Los pouch se sellan herméticamente utilizando métodos adecuados para garantizar la integridad del paquete y proteger el contenido del dispositivo médico de la contaminación externa.

**Figura 26**

*Selladora*



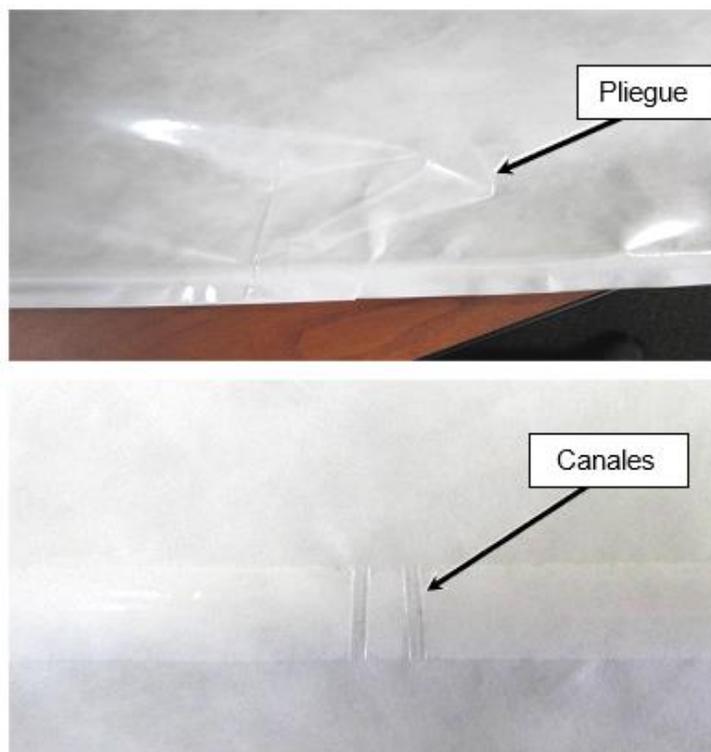
Fuente: Elaboración propia

**Figura 27***Sellado de la unidad*

Fuente: Elaboración propia

**Verificación del Sellado y Presencia de Partículas:**

Finalmente se realiza una revisión exhaustiva de la unidad empacada y sellada para asegurar la integridad del sello y además, se inspecciona la presencia de partículas que puedan afectar la calidad del producto final, garantizando así la seguridad e integridad del producto.

**Figura 28***Verificación del sellado*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4 Tiempos del proceso**

Para evaluar la eficiencia y la consistencia del proceso de empaque en el cual está establecido un tiempo de 210.44 segundos por unidad empaçada, se llevó a cabo una medición detallada de los tiempos de ejecución de siete operarios distintos. Cada operario completó el empaque de 10 unidades, y los resultados arrojaron las siguientes medias de tiempo de proceso:

**Operario 1:** 208.87 segundos

**Operario 2:** 211.13 segundos

**Operario 3:** 210.68 segundos

**Operario 4:** 210.00 segundos

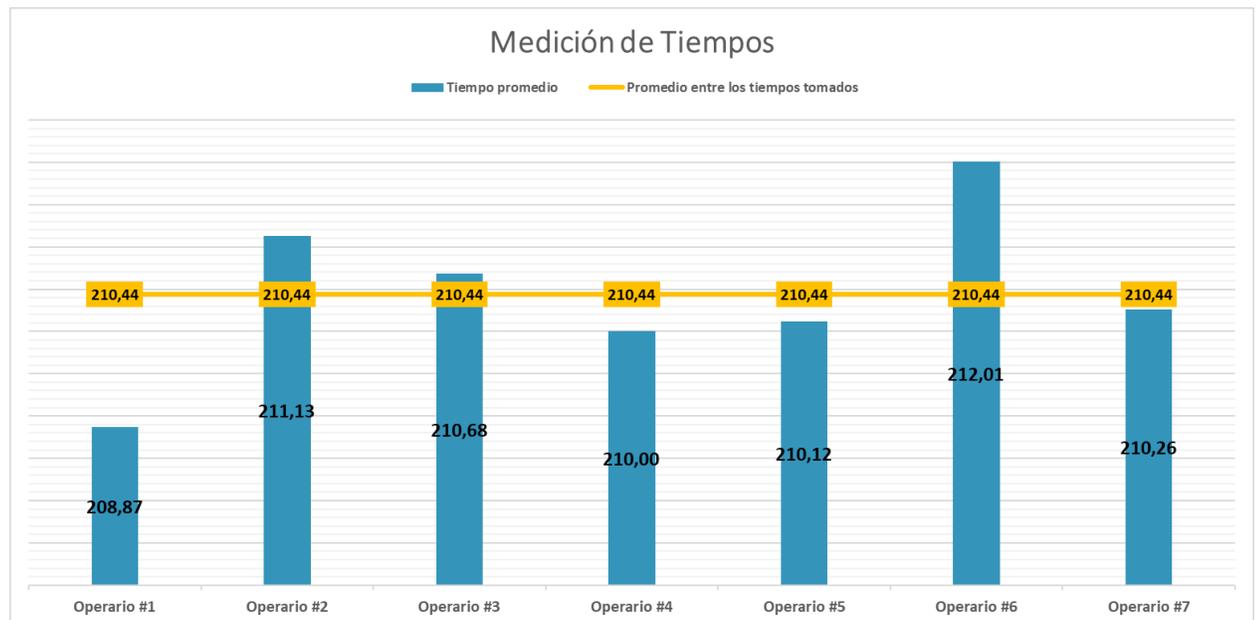
**Operario 5:** 210.12 segundos

**Operario 6:** 212.01 segundos

**Operario 7:** 210.28 segundos

**Figura 29**

Gráfico de medición de tiempos



Fuente: Elaboración propia

Estos datos revelan una variabilidad mínima en los tiempos de proceso entre los distintos operarios, lo que sugiere una consistencia relativamente alta en el desempeño del empaque. Sin embargo, se observa una ligera discrepancia en los tiempos de ejecución, con el operario #6 registrando el tiempo más alto y el operario #1 el tiempo más bajo, esto se debe a que el operario #1 es el más experimentado en el proceso y el operario #6 quien cuenta con menos tiempo y experiencia en la operación.

Esta información es fundamental para identificar posibles áreas de mejora en el proceso de empaque, así como para optimizar la distribución de tareas y recursos entre los operarios. Además, permite establecer estándares de desempeño y ofrecer capacitación adicional o ajustes en el proceso para mejorar la eficiencia y la productividad general del equipo de empaque.

#### **4.5 Cantidad de retrabajos en el proceso**

Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de comprender el impacto de los retrabajos en el tiempo y los recursos dedicados al proceso, durante el período de estudio, se registró un total de 150 unidades retrabajadas, este número constituye una parte significativa del proceso de producción y merece una atención especial para identificar áreas de mejora y optimización.

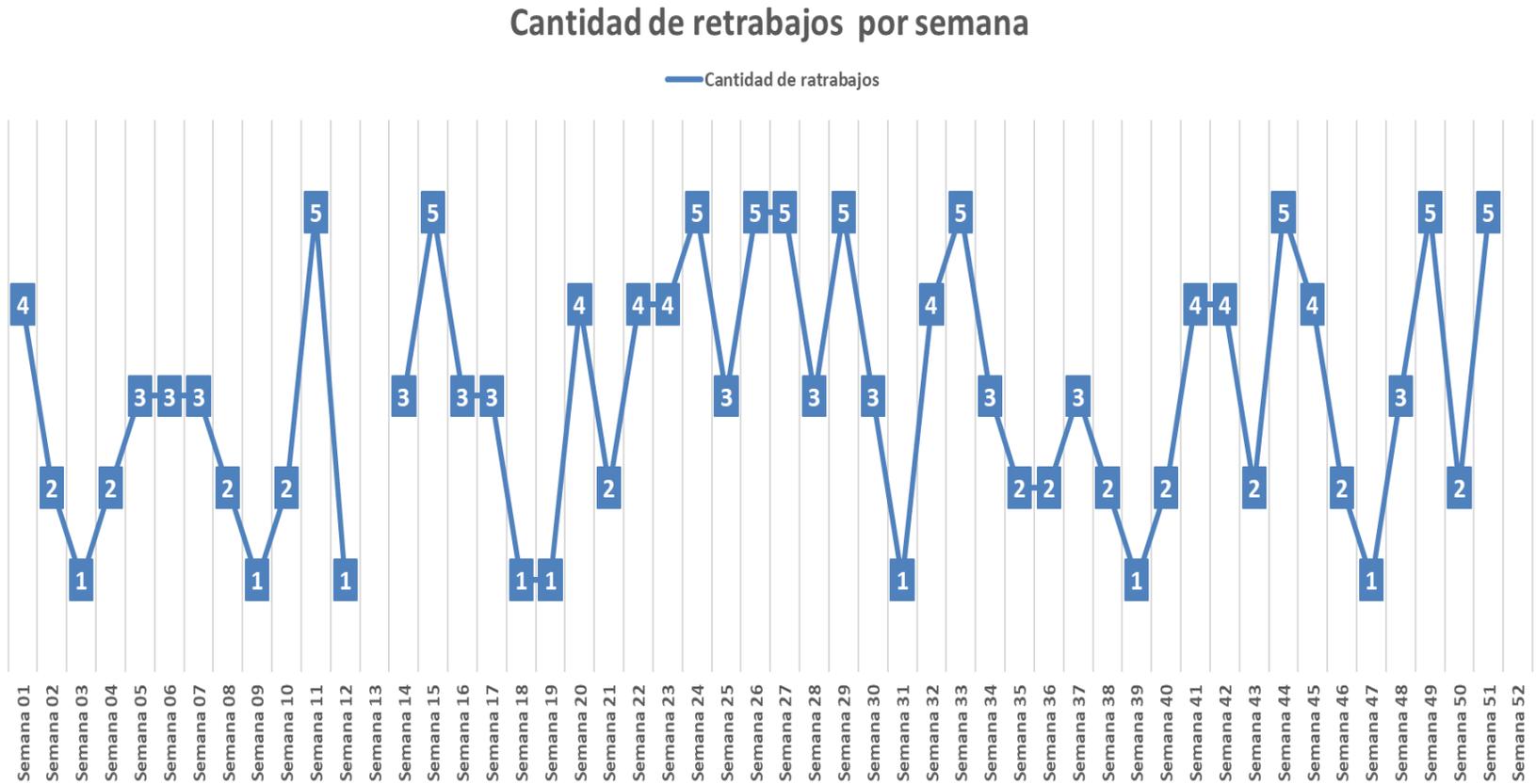
Para comprender mejor el impacto de estos retrabajos en términos de tiempo total dedicado al reproceso de empaque se calculó en 8.768 horas durante 50 semanas de producción, este cálculo incluye el tiempo necesario para abrir las unidades con partículas, así como el tiempo requerido para volver a empacarlas adecuadamente, además, se consideró el tiempo asociado con la reintegración de las

órdenes en la línea de producción, para estimar este tiempo de reintegración de órdenes, se asumió que todas las unidades retrabajadas durante la semana pertenecían a una sola orden dado que no se dispone de información sobre la distribución de las unidades entre órdenes, se utilizó un tiempo estándar de 10 minutos por orden para calcular este valor, esto resultó en un total de 8.3 horas dedicadas semanalmente a la reintegración de órdenes. Además, se identificó que el proceso de reintegración de órdenes en el flujo de empaque del área final implica un tiempo adicional de 10 horas. Este tiempo se suma al tiempo total dedicado al reproceso de empaque, lo que refleja el impacto significativo de los retrabajos en la eficiencia y la productividad del proceso, lo que da como resultado una pérdida de recursos en cuanto a materiales desechados y uso de 27.06 horas productivas en un año

La cantidad de retrabajos en el proceso de producción representa no solo una pérdida de recursos materiales, sino también una carga significativa en términos de tiempo y esfuerzo. Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar medidas proactivas para reducir la incidencia de retrabajos y mejorar la eficiencia operativa en el proceso de empaque

Figura 30

Gráfico de cantidad de retrabajos



Fuente: Elaboración propia

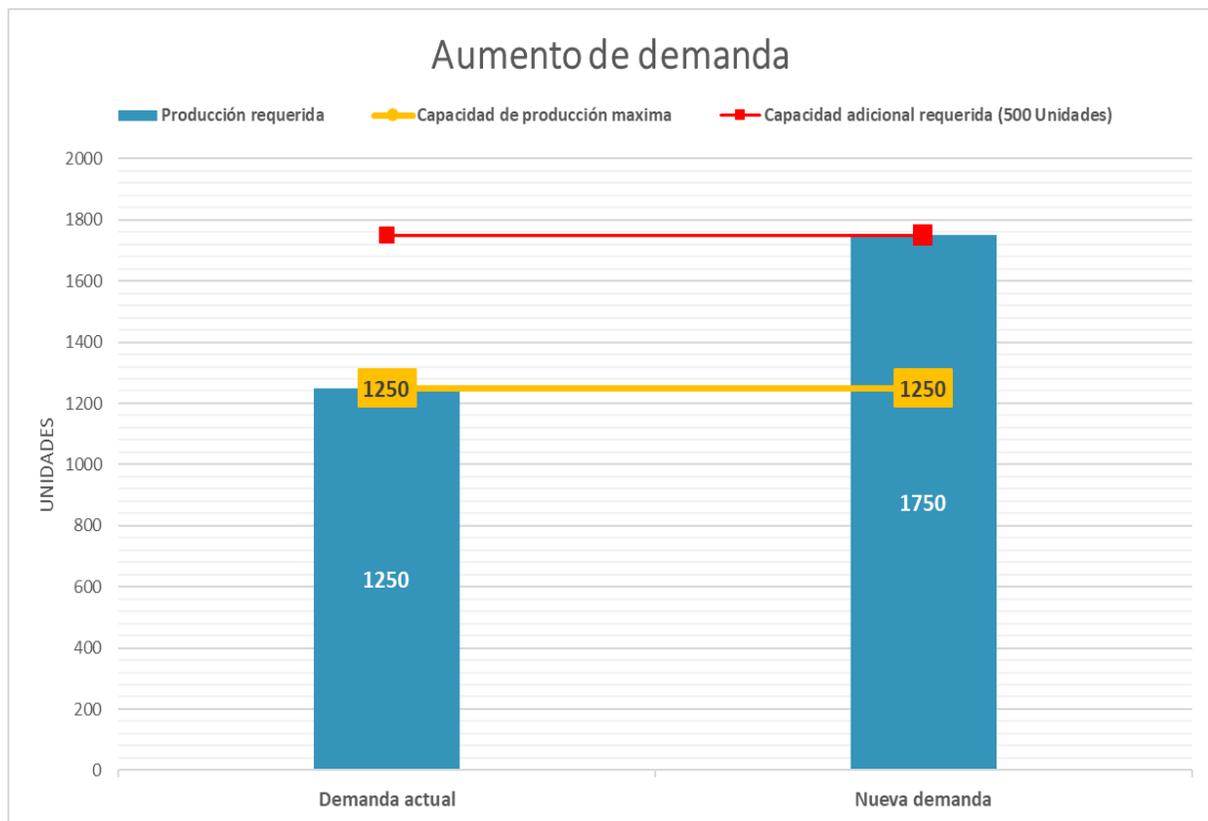
#### **4.6 Gráficos de demanda vs capacidad actual.**

El análisis de capacidad reveló una brecha significativa entre la capacidad de empaque actual de la línea de producción, fijada en 1,250 unidades por semana, y la nueva demanda del mercado, hasta 1,750 unidades por semana. con esta creciente demanda, se hizo urgente aumentar la capacidad de unidades que deben ser empacadas en 500 unidades por semana para satisfacer la demanda del mercado, además, se encontró que actualmente se utiliza el 100% de la capacidad del área de empaque, lo que resalta la importancia de optimizar este proceso para atender efectivamente la creciente demanda.

Este aumento de capacidad se considera un desafío importante que la empresa debe afrontar para seguir siendo competitiva y satisfacer eficazmente las necesidades de los clientes.

**Figura 31**

Gráficos de demanda vs capacidad actual



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7 Análisis del costo de materiales

Como parte de las mediciones requeridas para la establecer el rendimiento actual del proceso de manejo de materiales utilizados para el proceso de empaque, se realizará un análisis de consumo para los materiales utilizados basados en una demanda de 1,750 unidades semanales, incluyendo los datos de costo por unidad.

Esta medición, se utilizará como base para establecer un costo de la demanda actual y las cantidades de materiales por utilizar con respecto a la nueva demanda, lo

que nos permitirá medir el impacto de las mejoras que se estarán desarrollando en la etapa de implementación de este proyecto.

En proceso de empaque utilizan seis tipos diferentes de materiales, el costo total por unidad de empacada es de \$8.46 dólares, el material “Cartulina de empaque” con un costo de \$4.92 dólares es el que tiene mayor impacto en el costo de empaque de la unidad.

Los costos totales del empaque de las 1,750 unidades semanales teniendo en cuenta el costo por unidad empacada de \$8.67 dólares es de \$15,165.68 dólares, en este costo total, el costo del material de la “Cartulina de empaque” juega un papel importante ya que conforma un 56.77% (\$ 8,610.00) del costo total del empaque.

Mientras que el costo de cada unidad lista para ser distribuida tiene un costo de \$ 516.16 dólares.

Este análisis nos da una visión clara de los costos asociados al proceso de empaque, destacando el gasto total de producción semanal y el impacto de las materias primas más caras en sus costos operativos.

**Tabla 8***Análisis del costo de materiales*

Descripción	Cantidad de Material Requerida por Unidad	Precio por Unidad de Material	Cantidad de unidades semanales	Cantidad de unidades semanales
Correa de cartulina	2	\$ 0.21	1750	\$ 726.25
Tubo protector	1	\$ 0.74	1750	\$ 1,295.00
Cartulina de empaque	1	\$ 4.92	1750	\$ 8,610.00
Pouch	1	\$ 2.53	1750	\$ 4,427.50
Bloque de espuma	1	\$ 0.02	1750	\$ 36.93
Etiquetas	1	\$ 0.04	1750	\$ 70.00
				\$ <b>15,165.68</b>
			<b>Costo Unitario</b>	\$ <b>8.67</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.8 Lluvia de ideas

Después de reconocer la urgencia de afrontar el desafío de la falta de capacidad de producción debido a la nueva demanda de catéteres requerida, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas de ideas con un equipo multidisciplinario que incluía personal de producción, manufactura, calidad y operarios del producto analizado. Además, se invita a personas ajenas al producto a aportar una perspectiva nueva y diversa a la discusión, con el objetivo de identificar áreas de posible mejora en el proceso.

Durante esta sesión de lluvia de ideas, se creó un entorno colaborativo en el que se animó a todos los participantes a compartir abiertamente sus ideas y sugerencias.

Se exploraron las diversas áreas involucradas en el proceso de empaque de catéteres médicos y se consideraron todos los aspectos que podrían contribuir al problema de la falta de capacidad de empaque.

Después de un análisis exhaustivo, se identificaron las siguientes áreas clave de mejora:

Personal Insuficiente

Falta de Estandarización del Trabajo

Variabilidad en la ejecución del procedimiento

Procesos ineficientes en el empaque

Tiempo de empaque de la unidad demasiado largo

Materiales Inadecuados

Máquinas Obsoletas

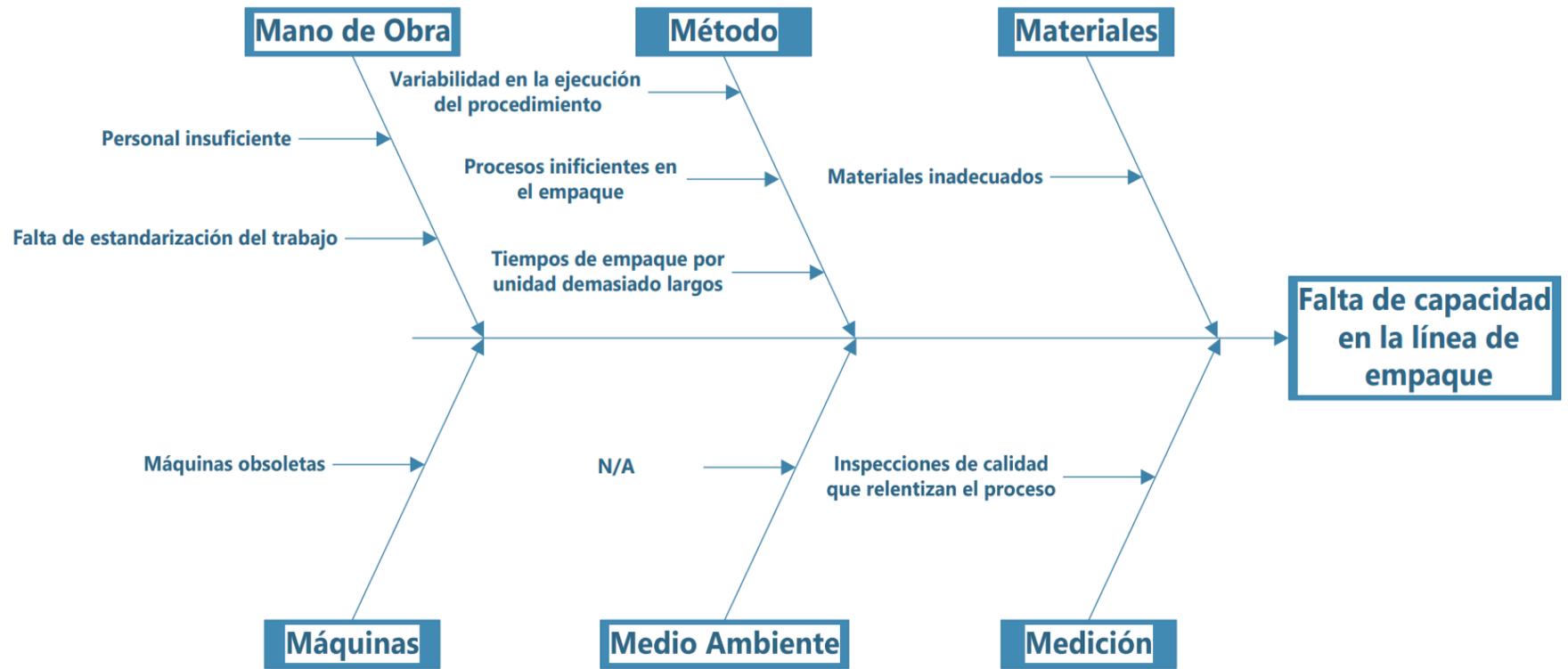
Inspecciones de calidad ralentizan el proceso

Estos puntos identificados servirán como base para desarrollar un plan de acción integral para mejorar la eficiencia del proceso de empaque de catéteres médicos y satisfacer eficazmente las necesidades del mercado. Línea

## 4.9 Diagrama de Ishikawa

Figura 32

Diagrama de Ishikawa del proyecto



Fuente: Elaboración propia

**Mano de obra:****Personal Insuficiente:**

La falta de suficiente personal en la línea de empaque puede resultar en una capacidad insuficiente para manejar la demanda creciente de catéteres. Esto puede llevar a una mayor carga de trabajo para los empleados existentes, aumentando la probabilidad de errores y fatiga, lo que a su vez puede afectar negativamente la eficiencia y la calidad del empaque.

**Conclusión:**

Después de una revisión exhaustiva con el Departamento de Ingeniería Industrial, se confirmó que se cuenta con personal suficiente para realizar las tareas de empaque de manera eficiente y efectiva. Esta evaluación nos permite identificar posibles brechas en nuestro equipo de personal y tomar medidas proactivas para cerrarlas, al garantizar que contamos con la cantidad de personal adecuada, minimizamos el riesgo de fatiga y errores, al tiempo que mejoramos la calidad y la eficiencia del proceso de empaque de catéteres.

**Falta de Estandarización del Trabajo:**

Cuando no hay procedimientos estandarizados o un entrenamiento adecuado para los trabajadores, pueden surgir discrepancias en la forma en que se realizan las tareas. Esto puede resultar en tiempos de ciclo variables, falta de consistencia en la calidad del empaque y dificultades para mantener un ritmo de producción constante.

**Conclusión:**

Después de un análisis exhaustivo del proceso de empaque, tanto en la ejecución como en la documentación escrita, se determinó que los procesos actuales son procesos sólidos para realizar estas tareas de manera eficiente, eficiente y consistente, este análisis nos permite identificar cualquier falta de estandarización y desarrollar procesos claros y precisos para guiar a nuestros empleados, al garantizar la coherencia en la forma en que se realizan las tareas, minimizamos la variación y garantizamos tiempos de ciclo constantes y una calidad de empaque constante.

**Método:****Variabilidad en la ejecución del procedimiento:**

La falta de estructura en los métodos de trabajo puede generar inconsistencias en la forma en que se realizan las tareas de empaque. Esto puede resultar en una mayor variabilidad en los tiempos de ciclo, una mayor probabilidad de errores y una falta de optimización en la secuencia de trabajo, lo que a su vez podría afectar la eficiencia general del proceso.

**Conclusión:**

Después de evaluar la variación en la ejecución del proceso, se determinó que los métodos están estructurados e implementados adecuadamente de acuerdo con los procedimientos establecidos, este resultado indica que se están siguiendo los

lineamientos establecidos y elimina esta causa como factor de preocupación en el proceso de empaque.

Al mantener una ejecución consistente de acuerdo con los protocolos establecidos, se asegura la constante cantidad de producto que se empaca.

### **Proceso de empaque ineficientes:**

El proceso de empaque puede ser ineficiente debido a un diseño no optimizado de la estación de trabajo, un flujo de trabajo mal diseñado, materiales que dificultan el proceso o falta de estandarización del proceso.

### **Conclusión:**

Luego de analizar la posibilidad de un proceso de empaque ineficiente, se concluyó que el puesto de trabajo es adecuado y el flujo de trabajo seguía los procedimientos actuales, además, se determinó que el proceso se encontraba estandarizado eliminando la posible variabilidad en la ejecución del proceso, sin embargo, se determinó que el material utilizado podría ser un factor que necesita ser mejorado para optimizar aún más el proceso. Por lo cual, se determina que hay suficientes estaciones de trabajo, flujos de trabajo adecuados y procesos estandarizados, y que para mejorar la eficiencia general del empaque es requerido evaluar un cambio en los materiales como un enfoque en la mejora de la productividad.

**Tiempo de empaque de la unidad demasiado largo:**

El tiempo de empaque de la unidad puede ser demasiado largo debido a una serie de factores, como la complejidad del empaque, la falta de automatización, la manipulación manual intensiva o problemas de ajuste del dispositivo.

**Conclusión:**

Después de estudiar los tiempos de empaque unitario, se identificaron la complejidad del empaque y la falta de automatización como factores clave que contribuyen a los largos tiempos de procesamiento, el tiempo que toma el limpiar y la dificultad al preparar la cartulina de empaque para posteriormente montar la unidad son factores que deben ser mejorados.

**Materiales:****Materiales Inadecuados:**

Utilizar materiales de empaque que no sean los más adecuados para el producto o el proceso puede ocasionar una serie de problemas. Esto podría incluir dificultades en la manipulación o el almacenamiento de los materiales, generación de partículas por sobre manipulación, así como una menor eficacia en la protección del producto durante el transporte y el almacenamiento y una reducción en la productividad del proceso.

**Conclusión:**

Luego de examinar los materiales utilizados en el empaque, se concluyó que si bien son efectivos para proteger el producto, podían mejorarse para aumentar la productividad del proceso, es esencial encontrar un equilibrio entre la protección del producto y la eficiencia del proceso, al mejorar los materiales de empaque para optimizar la productividad, podemos garantizar una mayor eficiencia en la manipulación, el almacenamiento y la protección del producto, también contribuye a la reducción de partículas por sobre manipulación lo que contribuirá a la mejora general del rendimiento del proceso de empaque y un aumento en la productividad.

**Máquinas:****Máquinas Obsoletas:**

El uso de equipos de empaque obsoletos puede resultar en una menor eficiencia y confiabilidad del proceso. Las máquinas más antiguas pueden requerir más mantenimiento, ser menos flexibles en términos de ajustes y configuraciones, y tener una capacidad de producción menor en comparación con las últimas tecnologías disponibles en el mercado.

**Conclusión:**

Luego de analizar el estado de las máquinas empacadoras, se confirmó que todos los equipos se encontraban en buenas condiciones, Esta revisión indica que estas máquinas son suficientes para mantener la eficiencia y confiabilidad del proceso

de empaque, aunque se trata de equipos con más de 3 años de estar en producción, su buen estado demuestra que todavía son capaces de satisfacer eficazmente las necesidades de producción.

### **Medio ambiente:**

Sin posibles causas asociadas a esta sección, cada año, el Departamento de Salud, Seguridad y Medio Ambiente (EHS) lleva a cabo investigaciones sobre trabajo y ergonomía. Estos estudios tienen como objetivo identificar y reducir cualquier factor del entorno de trabajo que pueda afectar la salud del personal de producción y la productividad, como el ruido, la iluminación, el espacio de trabajo y la ergonomía. Estos estudios no han reportado ninguna afectación a la productividad relacionada con el entorno de trabajo. Por lo tanto, el equipo multidisciplinario se centró en causas más directamente impactantes y controlables, lo que garantiza una respuesta más eficaz y enfocada al problema de la falta de capacidad de producción de catéteres.

### **Medición:**

#### **Los controles de calidad ralentizan el proceso:**

Los controles de calidad pueden llevar más tiempo durante el proceso de empaque, especialmente si son demasiado frecuentes o detallados, esto puede provocar retrasos en la producción y afectar la capacidad de la línea de empaque para satisfacer la demanda.

### **Conclusión:**

Después de analizar el impacto de los controles de calidad en el proceso de empaque, se determinó que, aunque estos controles pueden llevar mucho tiempo, son esenciales para garantizar que los productos cumplan con los estándares necesarios para los pacientes, las actividades de inspección, como la inspección de sellado y la inspección de partículas, desempeñan un papel importante para garantizar la calidad del producto final.

Aunque pueden ralentizar el proceso, no se puede subestimar su importancia para la seguridad y la calidad del producto. Por lo tanto, es esencial lograr un equilibrio entre la eficiencia del proceso y la integridad del producto mediante la realización de inspecciones necesarias pero efectivas.

#### **4.10 Diagrama de Pareto**

El análisis de Pareto se utilizó para identificar y priorizar los problemas o áreas de mejora más importantes dentro de un proceso, en este caso se analizó el tiempo empleado en cada paso del proceso y su contribución al tiempo total, expresado en porcentaje, el análisis de Pareto basado en los datos obtenidos se presenta de la siguiente manera:

Preparación Cartulina (29.75%): Este paso representa casi el 30% del tiempo total del proceso, lo que demuestra que es la actividad que contribuye más al tiempo total.

Es importante revisar la preparación de la cartulina para identificar oportunidades de reducción de tiempo y optimización de procesos.

Limpiar partes de la cartulina (17.54%): Aunque ocupa un porcentaje importante del tiempo total, es el segundo paso más largo del proceso.

Reducir el tiempo dedicado a esta actividad puede tener un impacto notable en la eficiencia general del proceso.

Montar de piezas (11.86%): Aunque este es el tercer paso en términos de tiempo, su contribución al tiempo total es relativamente pequeña.

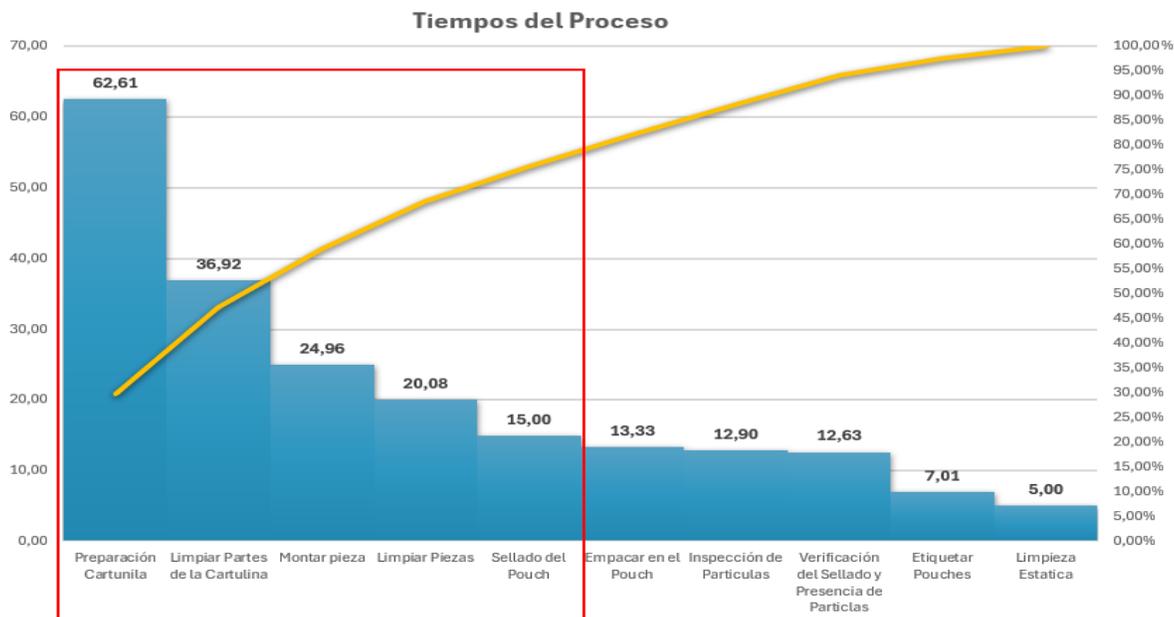
Sin embargo, esta sigue siendo un área importante por considerar para posibles mejoras de eficiencia.

Limpiar piezas (9.54%) y Sellado del pouch (7.13%): Estas dos partes del proceso ocupan una parte importante del tiempo total y, pero sin embargo estas dos partes del proceso no serán analizadas ni se brindaran propuestas de mejora debido a que el tiempo de sellado está regido por el tiempo que tarda la selladora en realizar el sellado y por otro lado la limpieza de las unidades es un proceso fundamental para la integridad del producto por lo cual el tiempo que toma este proceso no debe de ser reducido.

Con estos datos, se puede concluir que aproximadamente el 80% del tiempo total del proceso se concentra en los primeros cinco pasos, de los cuales únicamente los primeros tres serán evaluados para su mejora.

### **Figura 33**

*Diagrama de Pareto de los tiempos del proceso*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.11 Conclusiones de la situación actual

A través del capítulo se logran comprobar las deficiencias existentes en el proceso que impactan directamente la capacidad de empaque de la empresa, el diagnóstico realizado para la empresa de dispositivos médicos concluye como se amplía a continuación:

##### **Tiempo de producción:**

Es esencial maximizar el tiempo operativo completo del proceso de empaque para aumentar la producción esto con el fin de mejorar la eficiencia en la secuencia de actividades y adoptar métodos de trabajo más eficientes.

**Optimización del proceso de empaque a través de cambios en los materiales utilizados:**

Una mejora en el proceso de empaque a través del cambio en los materiales de empaque podría contribuir significativamente a lograr la capacidad requerida utilizando materiales de empaque más eficientes para ayudar a acelerar el proceso sin comprometer la calidad del empaque.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## **5.1 Identificar áreas de mejora**

Después de un análisis en profundidad del proceso de empaque, los costos asociados y los tiempos del proceso, así como de identificar posibles áreas de mejora para abordar la falta de capacidad en el proceso de empaque, se identificó determinado los enfoques clave para optimizar la eficiencia operativa. El análisis muestra que el proceso actual está utilizando el 100% de la capacidad para empacar procesando 1,250 unidades por semana, mientras que la nueva capacidad requerida es 1,750 unidades por semana. Considerando esta brecha en la capacidad y basándonos en los hallazgos del diagrama de Ishikawa y el Pareto de tiempos de proceso, se identificaron dos áreas prioritarias de mejora: el tiempo de producción y la optimización del proceso de empaque a través de cambios en los materiales utilizados.

En primer lugar, es esencial maximizar el tiempo operativo completo del proceso de empaque para aumentar la producción, se trata de eliminar cuellos de botella, mejorar la eficiencia en la secuencia de actividades y adoptar métodos de trabajo más eficientes.

En segundo lugar, se determinó que una mejora en el proceso de empaque, particularmente a través del cambio en los materiales de empaque, podría contribuir significativamente a lograr la capacidad requerida utilizando materiales de empaque más eficientes para ayudar a acelerar el proceso sin comprometer la calidad del empaque.

Al enfocarnos en estas áreas críticas de mejora, tenemos como objetivo cerrar las brechas de capacidad identificadas y alcanzar un proceso de empaque más eficiente y productivo. En este sentido, se proponen tres medidas de mejora: la gestión

de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras, la implementación de un tercer turno, y, por último, la consideración de un cambio en el tipo de material de empaque utilizado. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo y una evaluación detallada de estas propuestas para determinar cuál es la más adecuada para abordar el desafío actual de falta de capacidad en el proceso de empaque.

#### **5.1.1 Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras:**

Esta opción permite una respuesta rápida y flexible para cubrir la capacidad de empaque requerida, utilizando el personal existente en horas adicionales de trabajo además de que no requiere cambios significativos en los procesos o infraestructuras existentes.

**Tabla 9**

*Resultados de la gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras*

Turnos laborados	Estructura de tiempos por turno			Estructura de tiempos extra	
	Turno A (L-V)	Turno B (L-V)	Turno B (S)	3:30 am a 6:00 am	10:00 pm a 3:30 am
Total de tiempo pagado (horas)	9.6	6.5	7.5	2.5	5.5
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450	150	330
Desayuno	20	-	20	-	-
Almuerzo	40	-	40	-	-
Cena	-	40	-	-	40
Estiramientos	10	5	5	-	5
Ingreso al área limpia	15	8	8	4	4
Limpieza	7	7	7	7	7
Reuniones	5	5	5	-	-
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85	11	56
Total de tiempo productivo (Minutos)	479	325	365	139	274
Total de tiempo productivo (Horas)	<b>7.98</b>	<b>5.42</b>	<b>6.08</b>	<b>2.32</b>	<b>4.57</b>
Total de tiempo productivo (Segundos)	<b>143700.00</b>	<b>97500.00</b>	<b>21900.00</b>	<b>41700.00</b>	<b>65760.00</b>
Tiempo por unidad (Segundos)	<b>210.44</b>	<b>210.44</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
Total de unidades empacadas por turno	<b>683</b>	<b>463</b>	<b>104</b>	<b>198</b>	<b>312</b>
Total de unidades empacadas por semana		<b>1250</b>			<b>511</b>
Producción total con extras			<b>1761</b>		
Delta (producción requerida 1750 unidades)			<b>11</b>		

Fuente: Elaboración propia

La implementación del plan de gestión de la nueva demanda de unidades mediante la realización de horas extras arrojaría resultados significativos dado que de las 34.5 horas extras que serían pagadas, 29.85 horas se utilizarían de manera productiva, lo que resultaría en un aumento de la producción de 511 unidades por semana, sumadas a las 1,250 unidades que se pueden empacar según la capacidad actual, se lograría cubrir la una nueva demanda de 1,750 unidades, dejando un delta positivo de 11 unidades.

#### **5.1.2 Apertura de un tercer turno:**

Esta opción ofrece una solución estructural para abordar la capacidad de empaque requerida, permitiendo una distribución más equitativa de la carga de trabajo y una mayor flexibilidad operativa.

**Tabla 10***Resultados de la apertura de un tercer turno*

Turnos laborados	Estructura de tiempos por turno			Estructura de tiempos extra
	Turno A (L-V)	Turno B (L-V)	Turno B (S)	Turno C (L-V)
Total de tiempo pagado (horas)	9.6	6.5	7.5	8
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450	480
Desayuno	20	-	20	-
Almuerzo	40	-	40	-
Cena	-	40	-	60
Estiramientos	10	5	5	10
Ingreso al área limpia	15	8	8	15
Limpieza	7	7	7	7
Reuniones	5	5	5	5
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85	97
Total de tiempo productivo (Minutos)	479	325	365	383
Total de tiempo productivo (Horas)	7.98	5.42	6.08	6.38
Total de tiempo productivo (Segundos)	143700.00	97500.00	21900.00	114900.00
Tiempo por unidad (Segundos)	210.44	210.44	210	210
Total de unidades empacadas por turno	683	463	104	546
Total de unidades empacadas por semana		1250		546
Producción total con extras			1796	
Delta (producción requerida 1750 unidades)			46	

Fuente: Elaboración propia

La implementación de un tercer turno puede ayudar a aumentar significativamente la producción dado que, de 40 horas pagadas en horario nocturno, se obtienen 31,9 productivas, lo cual reflejaría un aumento en la producción de 546 unidades semanales, esto sumado a las 1,250 unidades que se pueden empacar según la capacidad actual, se lograría cubrir la una nueva demanda de 1,750 unidades, generando un delta positivo de 46 unidades.

### **5.1.3 Cambio en el tipo de material de empaque utilizado:**

Este enfoque busca mejorar la eficiencia y reducir costos a través de la optimización del material de empaque, lo que puede tener beneficios a largo plazo en términos de costos y calidad del producto.

Debido a la falta de un diseño definitivo para medir los tiempos de proceso, se tomarán como referencia los tiempos de empaque de otros productos. Esta estrategia se basa en el principio de que, aunque los diseños de productos pueden variar en complejidad y configuración, el proceso de empaque en sí tiene muchas similitudes fundamentales en pasos, procedimiento y diseño. Por ejemplo, independientemente del diseño específico del producto, el proceso de empaque normalmente incluye pasos como preparar el material de empaque, limpiar el material, colocar el producto en una bandeja y el sellado o cierre del empaque. Estos pasos son esenciales en la mayoría de los procesos de empaque y suelen ser aplicables a una amplia variedad de productos

Es importante enfatizar que una vez que se cuente con el diseño definitivo del producto, se pueden hacer ajustes a los tiempos de procesamiento calculados inicialmente a partir de puntos de referencia de otros productos. Estos ajustes se

basarán en diferencias específicas en el diseño del nuevo producto que pueden afectar el proceso de empaque, asegurando una mayor precisión en las estimaciones.

Además, una vez que el proceso de empaque cuente con la nueva bandeja para el producto se pueden recopilar datos reales sobre el tiempo de procesamiento para verificar y ajustar aún más las estimaciones iniciales. Esta validación con datos reales permitirá una mejor comprensión y refinamiento de los tiempos de procesamiento en función de las condiciones específicas de la producción real.

Usar como referencia los tiempos de procesamiento de empaque de otros productos es una estrategia práctica para estimar tiempos de procesamiento cuando el diseño final aún no está disponible. Esto permite la planificación inicial del proceso de empaque y los ajustes posteriores basados en datos reales a medida que estén disponibles, lo que garantiza una mayor precisión en la estimación y optimización del proceso de empaque.

**Tabla 11***Tiempos de empaque de procesos similares*

<b>Producto</b>	<b>Tiempo de preparación de la bandeja (Segundos)</b>	<b>Tiempo de limpieza de la bandeja (Segundos)</b>	<b>Tiempo de colocación de la unidad en la bandeja (Segundos)</b>	<b>Tiempo total (Segundos)</b>
<b>Catéter AGL</b>	12	11	22	45
<b>Catéter Tact</b>	15	13	25	53
<b>Catéter FL</b>	15	13	23	51
<b>Catéter G1</b>	14	13	20	47
<b>Aguja transversal</b>	12	11	23	46
<b>Tiempo promedio</b>	13.6	12.2	22.6	48.4

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis de tiempos de empaque de otros productos con el objetivo de utilizarlos como referencia para calcular los tiempos de empaque de la nueva bandeja. En este análisis, se puso especial énfasis en los tiempos de preparación y limpieza de las bandejas y la colocación de la unidad ya estos pasos del proceso fueron identificados como momentos críticos del proceso que debían reducirse según el análisis de Pareto.

Los resultados muestran lo siguiente:

El tiempo promedio de preparación de la bandeja es de 13.6 segundos por unidad.

El tiempo promedio de limpieza de la bandeja es de 12.2 segundos por unidad.

El tiempo promedio de montaje de la unidad de 22.6 segundos por unidad.

Esto da como resultado una duración promedio total de 48.4 segundos por unidad para estos tres pasos del proceso en los que los dos primeros pasos conforman el paso del proceso “preparación, inspección y limpieza de la bandeja”, por lo tanto, estos tiempos nos servirán de referencia para calcular el tiempo de procesamiento utilizando la nueva bandeja.

Este razonamiento se basa en el principio de que los procesos de preparación, limpieza y colocación son fundamentales para el proceso de empaque y, por lo tanto, deben considerarse cuidadosamente al estimar el tiempo requerido para el proceso del nuevo empaque.

**Tabla 12***Análisis de tiempo con la implementación de la nueva bandeja*

<b>Pasos del proceso</b>	<b>Tiempo (Segundos)</b>
<b>Preparación, inspección y limpieza de la bandeja</b>	25.8
<b>Limpiar Piezas</b>	20.08
<b>Montar pieza</b>	22.6
<b>Inspección de partículas</b>	12.9
<b>Limpieza estática</b>	5.00
<b>Etiquetar pouches</b>	7.01
<b>Empacar en el pouch</b>	13.33
<b>Sellado del pouch</b>	15.00
<b>Verificación del Sellado y Presencia de partículas</b>	12.63

Fuente: Elaboración propia

Al sumar el tiempo de la nueva actividad combinada "preparación, inspección y limpieza de la bandeja", que tiene una duración de 25.80 segundos, junto con 22.6 segundos de montaje de la unidad en la nueva bandeja y el tiempo de las otras partes

del proceso sin modificación de tiempo, el tiempo total obtenido es de 135.35 segundos.

Esto representa una mejora significativa, con una reducción de tiempo del 36% en comparación con el procedimiento original, para una duración total de 210.44 segundos.

**Tabla 13***Resultados de capacidad luego de la implementación de la nueva bandeja*

<b>Estructura de tiempos por turno</b>			
<b>Turnos laborados</b>	<b>Turno A (L-V)</b>	<b>Turno B (L-V)</b>	<b>Turno B (S)</b>
Total de tiempo pagado (horas)	9,6	6,5	7,5
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450
Desayuno	20	-	20
Almuerzo	40	-	40
Cena	-	40	-
Estiramientos	10	5	5
Ingreso al área limpia	15	8	8
Limpieza	7	7	7
Reuniones	5	5	5
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85
Total de tiempo productivo (Minutos)	479	325	365
Total de tiempo productivo (Horas)	7,98	5,42	6,08
Total de tiempo productivo (Segundos)	143700,00	97500,00	21900,00
Tiempo por unidad (Segundos)	134,35	134,35	134
Total de unidades empacadas por turno	1070	726	163
Total de unidades empacadas por semana		1958	
Delta (producción requerida 1750 unidades)		208	

Fuente: Elaboración propia

Cambiar el tipo de material de empaque utilizado puede optimizar enormemente el proceso. Al introducir la nueva bandeja, se elimina la necesidad de incurrir en el pago de horas extra o de abrir un tercer turno para satisfacer la nueva demanda de 1,750 unidades semanales. Esta implementación conlleva una reducción en el tiempo de proceso de 75.09 segundos por unidad. Por lo tanto, si se mantienen los dos turnos y la cantidad de personal laborando las 80 horas semanales en conjunto, se estima una producción de 1958 unidades, lo que resulta en un delta positivo de 208 unidades.

**Tabla 14**

*Costos de empaque usados como referencia*

<b>Producto</b>	<b>Costo de la bandeja de empaque</b>	
<b>Cateter AGL</b>	\$	3,00
<b>Cateter Tact</b>	\$	3,87
<b>Cateter FL</b>	\$	3,17
<b>Cateter G1</b>	\$	3,17
<b>Aguja transversal</b>	\$	2,37

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis del costo de las bandejas de empaque de otros productos, mostrando que la bandeja de empaque del catéter Tact, con un precio de \$3.87 dólares por unidad, tiene mayor similitud con la tabla que se debe diseñar y cuenta con el costo más alto, por tanto, el precio de esta bandeja se utilizará como punto de referencia de la nueva bandeja a la hora de realizar un análisis de costos. Este fundamento se basa en el hecho de que la bandeja de empaque del catéter Tact tiene características y especificaciones similares a las requeridas para la nueva bandeja a diseñar.

Tomando como referencia el precio de esta bandeja, se establece una base sólida para estimar el coste de fabricación de la nueva bandeja, permitiendo una planificación financiera más precisa y una mejor comprensión de los recursos necesarios para producirla.

Es importante tener en cuenta que, además del beneficio económico generado por la implementación de una nueva bandeja de empaque, también se deben considerar los costos asociados con la fabricación del molde necesario para su producción. Este proceso conlleva un costo aproximado de \$20,000 dólares. Sin embargo, es importante señalar que, debido a consideraciones de confidencialidad por parte del proveedor y la empresa, el diseño y la cotización de la nueva bandeja de empaque no pueden ser compartidos en este momento.

**Tabla 15***Análisis de costos actual del producto empacado*

Descripción	Cantidad de Material Requerida por Unidad	Precio por Unidad de Material	Cantidad de unidades semanales	Cantidad de unidades semanales
Catheter Strap ViewFlex VF-04	2	\$ 0,21	1750	\$ 726,25
Protective ViewFlex tube	1	\$ 0,74	1750	\$ 1 295,00
Catheter Card ViewFlex VF 04X	1	\$ 4,92	1750	\$ 8 610,00
Unprinted Nylon/Tyvek/Chevron Peel Pouch	1	\$ 2,53	1750	\$ 4 427,50
FOAM BLOCK FOR PACKAGING	1	\$ 0,02	1750	\$ 36,93
Blank Label Stock	1	\$ 0,04	1750	\$ 70,00
				<b>\$ 15 165,68</b>
			<b>Costo Unitario</b>	<b>\$ 8,67</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16***Análisis de costos del producto empacado con la nueva bandeja*

Descripción	Cantidad de Material Requerida por Unidad	Precio por Unidad de Material	Cantidad de unidades semanales	Cantidad de unidades semanales
Nueva bandeja	1	\$ 3,87	1750	\$ 6 772,50
Unprinted Nylon/Tyvek/Chevron Peel Pouch	1	\$ 2,53	1750	\$ 4 427,50
Blank Label Stock	1	\$ 0,04	1750	\$ 70,00
				<b>\$ 11 270,00</b>
			<b>Costo Unitario</b>	<b>\$ 6,44</b>

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar un análisis exhaustivo de los materiales que necesitarían ser reemplazados para iniciar con el uso de las nuevas bandejas de empaque, utilizando un costo estimado de \$3.87 dólares por bandeja, se determina una reducción de costos significativa, Esta reducción se traduce en un ahorro de \$3,904.43 dólares en el costo semanal total de empacar 1,750 productos.

Al proyectar estos ahorros en un período de un año, considerando 50 semanas de producción continua, el ahorro total estimado es de \$195,221.25 dólares, estos ahorros representarán una mejora significativa en los costos operativos y contribuirán significativamente al desempeño financiero de la empresa en el largo plazo.

Para abordar la cantidad de retrabajos en el proceso de empaque se seleccionará un nuevo proveedor definiendo estándares de calidad más rigurosos que aseguren material libre partículas, implementado puntos de inspección más estrictos en el área de recibo e inspección de la empresa. Al utilizar una bandeja de empaque de una sola pieza que requiera menos manipulación eliminando los pasos de ensamblar y manipular un empaque compuesto por múltiples piezas lo que se traducirá en una reducción en la cantidad de retrabajos, y en una mejora en la eficiencia, calidad del producto final, reducción de costos por materiales rechazados durante el retrabajo y reducir la pérdida de tiempo productivo en esta tarea de reproceso.

Como conclusión relacionada a esta opción de realizar cambios en el tipo de material de empaque utilizado brinda una valiosa oportunidad para optimizar el proceso y generar importantes beneficios económicos a largo plazo. Con la introducción de las nuevas bandejas se eliminará la necesidad de incurrir en costes adicionales relacionados con horas extras o abrir un tercer turno para atender la creciente demanda de 1,750 unidades semanales. Esta medida no sólo reduce la

presión sobre los recursos humanos, sino que también reduce el tiempo de procesamiento en 76,09 segundos por unidad, aumentando así la eficiencia operativa.

Además de los beneficios productivos y de eficiencia, cabe destacar el impacto financiero positivo derivado de este cambio. Al analizar los costos asociados a los materiales necesarios para elaborar las nuevas bandejas de empaque y considerar el costo estimado de \$3.87 dólares por bandeja, se espera un importante ahorro semanal de \$3,904.43 dólares sobre el costo total de empaque de 1,750 productos. Estos ahorros se acumulan con el tiempo y al proyectarlo en un período de un año, considerando 50 semanas de producción continua, el ahorro total estimado asciende a \$195,221.25 dólares. Estos ahorros representan una mejora significativa en los costos operativos y contribuirán significativamente al desempeño financiero general de la empresa. Sumado a esto se prevé una reducción de la cantidad de retrabajos que se generan en el producto.

En resumen, realizar cambios en el material de empaque no solo optimiza los procesos de producción y reduce los costos operativos, sino que también demuestra un compromiso con la innovación y la eficiencia en la gestión de recursos. Esta decisión refleja una visión estratégica para el futuro y establece una base sólida para el crecimiento sostenible y la rentabilidad a largo plazo de la empresa.

## 5.2 Costo beneficio

**Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras:**

### **Requerimientos:**

**Número de personal disponible:** Se requieren dos operadores para trabajar horas extras tanto en el turno de 10:00 PM a 3:30 AM como en el turno de 3:30 AM a las 10:00pm. Además, el personal de apoyo debe estar dispuesto a trabajar horas extras.

**Horas extras del personal de apoyo:** Para evitar contratar personal adicional, el personal de apoyo (Ingeniero de calidad, técnico de calidad, Ingeniero de manufactura, técnico de manufactura, líder de producción y supervisor) debe estar dispuesto a trabajar horas extras si es necesario durante el turno de noche. Esto garantizará la continuidad operativa y la capacidad de responder a situaciones imprevistas.

**Gasto por el pago de transporte privado:** Para el personal que no cuenta con transporte propio, se deben contabilizar los gastos adicionales relacionados con los desplazamientos hacia y desde el trabajo durante las horas extras nocturnas.

### **Costo:**

**Pago de horas extras nocturnas:** Se deben considerar costos adicionales por horas extras del operador, Ingeniero de calidad, técnico de calidad, Ingeniero de manufactura, técnico de manufactura, líder de producción y supervisor esto incluye el

pago extra por horas nocturnas, así como cualquier otro pago extra en virtud de las leyes laborales o convenios colectivos.

**Tabla 17**

*Costos de implementación del plan de horas extras Turno A*

3:30 am a 6:00 am	Operarios de producción	Técnico de calidad de manufactura	Ingeniero de calidad y de manufactura	Lider producción	Supervisor de producción
Horas laboradas	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Cantidad de personal	2	2	2	1	1
Salario base por hora	\$ 3,53	\$ 6,86	\$ 26,47	\$ 5,88	\$ 26,47
Multiplicador de horas	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Porcentaje por horas	33%	33%	33%	33%	33%
Días laborados	20	20	20	20	20
<b>Total a pagar</b>	<b>\$ 704,24</b>	<b>\$ 1 368,57</b>	<b>\$ 5 280,77</b>	<b>\$ 586,53</b>	<b>\$ 2 640,38</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18**

*Costos de implementación del plan de horas extras Turno B*

10:00 pm a 3:30 am	Operarios de producción	Técnico de calidad de manufactura	Ingeniero de calidad y de manufactura	Lider producción	Supervisor de producción
Horas laboradas	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Cantidad de personal	2	2	2	1	1
Salario base por hora	\$ 3,53	\$ 6,86	\$ 26,47	\$ 5,88	\$ 26,47
Multiplicador de horas	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Porcentaje por horas	33%	33%	33%	33%	33%
Días laborados	20	20	20	20	20
<b>Total a pagar</b>	<b>\$ 1 549,32</b>	<b>\$ 3 010,85</b>	<b>\$ 11 617,68</b>	<b>\$ 1 290,37</b>	<b>\$ 5 808,84</b>

Fuente: Elaboración propia

Los salarios anteriores se calcularon utilizando datos promedio proporcionados por el departamento financiero de la empresa. Los costos de nómina mensuales se determinaron utilizando los costos promedio porque los datos reales son confidenciales.

Además, se consideró que estas remuneraciones son pagadas multiplicadas por 1.5 además incluyen un porcentaje extra por horas nocturnas, por lo cual implican un aumento en el monto total a pagar por la empresa, con lo cual el costo total pagado por salarios en horas extra es de \$33,857.54 dólares mensuales.

**Gasto por el pago de transporte privado:** En promedio, el costo por viaje en transporte privado para el personal que no cuenta con transporte propio se estima en alrededor de 16 dólares. Teniendo en cuenta que el plan de cobertura semanal de horas extras abarca cinco días laborales y que hay un total de 16 personas que requieren este servicio de transporte para llegar al trabajo o a sus hogares, el cálculo mensual del gasto se eleva a \$5,120.00 dólares. Es importante considerar este costo al planificar y gestionar el presupuesto de horas extras, ya que representa un componente significativo en el desembolso mensual de la empresa.

**Beneficios:**

**Alcance para cumplir con la capacidad de empaque requerida:** Al trabajar horas extras, se puede cumplir de inmediato con la capacidad de empaque requerida, lo que ayuda a mantener los niveles de producción necesarios para satisfacer la demanda. Además, con la implementación de este plan de horas extra, se logra

obtener la cantidad de unidades empacadas faltante para alcanzar la nueva demanda de 1,750 unidades.

Durante las horas extras, se logra empacar 511 unidades adicionales a la cantidad empacada en la jornada normal, lo que proporcionaría un beneficio económico significativo de \$258,080.00 dólares por semana con respecto a las 500 unidades requeridas por el aumento en la demanda. Este aumento de producción no sólo satisface la demanda actual, sino que también fortalece la posición financiera de la empresa, garantizando competitividad a largo plazo.

**Empleados que no necesitan ser capacitados:** Se contará con operadores capacitados para trabajar horas extras para garantizar que puedan realizar sus tareas de manera efectiva, reduciendo minimizar la necesidad de capacitación adicional.

**Consideraciones adicionales:**

**Fatiga y productividad:** La fatiga del operador debido a las horas extras puede afectar su productividad y aumentar el riesgo de errores en el proceso. Es importante monitorear de cerca el desempeño de los empleados y tomar medidas para minimizar el impacto de la fatiga en la calidad del trabajo.

**Costos laborales:** Si bien las horas extras pueden ser una solución inmediata para cumplir con los requisitos de capacidad, es importante considerar los costos adicionales asociados con el pago de horas extras y el transporte, ya que pueden tener un impacto significativo en los costos operativos.

**Apertura de un tercer turno:****Requerimientos:**

**Contratación de Personal:** Necesidad de contratar 2 operadores más para hacerse cargo del turno de noche. Estos operadores deben tener las habilidades y experiencia necesarias para realizar las tareas asignadas de manera efectiva y segura.

**Horas extras del personal de apoyo:** Para evitar contratar personal adicional, el personal de apoyo (Ingeniero de calidad, técnico de calidad, Ingeniero de manufactura, técnico de manufactura, líder de producción y supervisor) debe estar dispuesto a trabajar horas extras si es necesario durante el turno de noche. Esto garantizará la continuidad operativa y la capacidad de responder a situaciones imprevistas.

**Costo:**

**Contratación y capacitación de personal:** Incluye el costo de reclutamiento, selección y capacitación de dos operadores adicionales para el turno de noche. Esto implica costos asociados con la publicación de ofertas de trabajo, entrevistas para puestos de trabajo, evaluación de habilidades y capacitación sobre seguridad en el lugar de trabajo y procedimientos operativos.

**Pago por horas trabajadas de noche:** Además del salario estándar, se debe considerar un pago adicional por horas trabajadas de noche, lo que puede aumentar los costos laborales.

**Tabla 19***Costos de implementación de un tercer turno*

Apertura de turno C	Operarios de producción	Técnico de calidad de manufactura	Ingeniero de calidad y de manufactura	Lider producción	Supervisor de producción
Horas laboradas	8	8	8	8	8
Cantidad de personal	2	2	2	1	1
Salario base por hora	\$ 3,53	\$ 6,86	\$ 26,47	\$ 5,88	\$ 26,47
Multiplicador de horas	0	0	0	0	0
Porcentaje por horas	33%	33%	33%	33%	33%
Días laborados	20	20	20	20	20
<b>Total a pagar</b>	<b>\$ 1 502,37</b>	<b>\$ 2 919,62</b>	<b>\$ 11 265,63</b>	<b>\$ 1 251,26</b>	<b>\$ 5 632,82</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tiempo de aprendizaje:** Durante las etapas iniciales, los nuevos empleados probablemente necesitarán tiempo para adaptarse al trabajo y alcanzar niveles óptimos de productividad, lo que puede resultar en una disminución temporal del desempeño.

**Beneficios:**

**Eliminar requerimiento de transporte privado:** Al trabajar en el turno de noche, los empleados que trabajan en otros turnos no necesitarán utilizar transporte privado pagado por la empresa, lo que reduce los costos de \$5,120 dólares relacionados con el transporte de personal.

**Flexibilidad de los empleados:** Una vez que los nuevos empleados estén capacitados y adquieran experiencia, tendrán más flexibilidad para cubrir turnos adicionales según sea necesario, lo que puede mejorar la eficiencia operativa y reducir la necesidad de contratar personal adicional.

**Alcance para cumplir con la capacidad de empaque requerida:** Mediante la implementación de un tercer turno se puede ir alcanzando gradualmente la capacidad de empaque requerida, ayudando a mantener los niveles de producción necesarios para satisfacer la demanda. Además, con la implementación de este turno nocturno se podrá obtener la cantidad de empaque faltante para atender la nueva demanda de 1,750 unidades.

Durante este turno, se logra empacar 546 unidades adicionales a la cantidad empacada en la jornada normal, lo que proporcionaría un beneficio económico significativo de \$258,080.00 dólares por semana con respecto a las 500 unidades requeridas por el aumento en la demanda. Este aumento de producción no sólo satisface la demanda actual, sino que también fortalece la posición financiera de la empresa, garantizando competitividad a largo plazo.

**Consideraciones adicionales:**

**Productividad a largo plazo:** Aunque la productividad puede reducirse temporalmente debido a un período de aprendizaje, es importante considerar el impacto a largo plazo en el desempeño cuando los nuevos empleados están completamente capacitados.

**Satisfacción de los empleados:** Comenzar un nuevo turno puede afectar la satisfacción y la moral de los empleados actuales, especialmente si implica cambios en el horario de trabajo temporal o la carga de trabajo del personal de apoyo adicional.

**Cambio en el tipo de material de empaque utilizado:****Requerimientos:**

**Diseñar una nueva bandeja para el producto:** Se requiere diseñar y desarrollar una nueva bandeja de empaque que sea compatible con el nuevo material seleccionado.

**Validación de material nuevo:** Es necesario realizar pruebas y validación de material del empaque nuevo para garantizar su idoneidad y seguridad durante el empaque.

**Costos:**

**Desarrollo y diseño de nuevas bandejas de empaque:** Incluye costos relacionados con el diseño y desarrollo de nuevas bandejas de empaque, tales como trabajos de ingeniería, compras de materiales y todos los costos asociados con la producción de prototipos abarcando un costo aproximado de \$20,000 dólares para su fabricación.

**Pruebas y validación de nuevos materiales:** Incluye los costos asociados con la realización de pruebas de calidad y la validación de nuevos materiales, que pueden incluir productos de prueba de resistencia, durabilidad y seguridad física, entre muchas otras cosas, se considera una inversión de \$63,528.00 dólares para realizar la implementación de los procesos de validación requeridos.

**Tabla 20***Costos de implementación de una nueva bandeja de empaque*

<b>Cambio en el tipo de material de empaque utilizado</b>	<b>Recursos de manufactura, calidad diseño y microbiología para ejecución de validaciones</b>	
<b>Horas laboradas</b>		8,00
<b>Cantidad de personal</b>		5
<b>Salario base por hora</b>	\$	26,47
<b>Días laborados</b>		60
<b>Total a pagar</b>	\$	63 528,00

Fuente: Elaboración propia

**Beneficios:**

**Elimina la necesidad de pago de horas extras nocturnas, transporte privado y elimina el requerimiento de abrir un tercer turno:** Utiliza nuevos materiales de empaque, eliminando la necesidad de horas extras o abrir un tercer turno para satisfacer necesidades de producción, reduciendo así los costos relacionados con el transporte de personal y actividades adicionales.

**Reducir el costo de los materiales utilizados:** Los nuevos materiales de empaque pueden ser más económicos que los materiales utilizados actualmente en el proceso, lo que lleva a reducir los costos de empaque del producto y aumentar las ganancias de la empresa sin reducir la calidad del empaque. Al proyectar estos ahorros en un período de un año, considerando 50 semanas de producción continua, el ahorro total estimado es de \$195,221,25 dólares.

**Facilita el empaque a los operadores:** Las nuevas bandejas de empaque pueden facilitar el empaque a los operadores, aumentando la eficiencia y reduciendo el tiempo necesario para empacar cada unidad permitiendo alcanzar la capacidad de empaque requerida, ayudando a mantener los niveles de producción necesarios para satisfacer la demanda. Además, con la implementación del nuevo diseño de bandeja se podrá obtener la cantidad de empaque faltante para atender la nueva demanda de 1,750 unidades incluso superando la capacidad requerida por 208 unidades ya que esta implementación alcanza un nivel productivo de 1,958 unidades semanales sin aumentar la cantidad de personal ni alterar los tiempos no productivos del proceso, esta mejora se debe a la reducción de 76.09 segundos en el proceso de empaque, esto proporcionaría un beneficio económico significativo de \$258,080.00 dólares por semana con respecto a las 500 unidades requeridas por el aumento en la demanda. Este aumento de producción no sólo satisface la demanda actual, sino que también fortalece la posición financiera de la empresa, garantizando competitividad a largo plazo.

**Reducción de partículas en componentes de empaque:** Los nuevos materiales pueden tener propiedades que reducen la generación de partículas durante el empaque, ayudando a mejorar la calidad del producto y reducir la cantidad de retrabajos procesados en el proceso empaque.

**Facilita el montaje del dispositivo en la bandeja de empaque:** La nueva bandeja especialmente diseñada puede facilitar el montaje del dispositivo en la bandeja de empaque, reduciendo así el tiempo y el esfuerzo requerido por el operador.

### Consideraciones adicionales:

**Tiempo de validación del material:** Si bien la implementación de nuevo empaque puede proporcionar beneficios a largo plazo, es importante considerar el tiempo necesario para validar y probar exhaustivamente el nuevo empaque antes de la implementación completa.

**Tabla 21**

*Resumen del análisis costo beneficio*

Opciones	Costo de implementación	Beneficio
Opción 1: Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras	\$406,290.53 dólares anuales por pago de horas extras \$61,440.00 dólares anuales por transporte privado	\$12,904,000.00 dólares Anuales por venta de unidades
Opción 2: Apertura de un tercer turno	\$270,860.35 dólares anuales por pago de horas nocturnas	\$12,904,000.00 dólares Anuales por venta de unidades
Opción 3: Cambio en el tipo de material de empaque utilizado	\$83,528.00 dólares por diseño y validación de la nueva bandeja	\$12,904,000.00 dólares Anuales por venta de unidades \$195,221.25 dólares anuales por ahorro en el costo de materiales

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Implementación de mejoras**

Con base en las opciones de mejora definidas, la estrategia óptima parece ser implementar la Opción 1 de manera inmediata, dado que permite una implementación rápida y aborda de inmediato el desafío de capacidad de producción. Sin embargo, es crucial reconocer que esta opción conlleva un mayor costo mensual y puede generar fatiga en los operadores, lo que podría resultar en errores en los procesos. Simultáneamente, se puede trabajar en la implementación de la Opción 3, la cual, aunque requiere un período de tres meses para su implementación, ofrece un ahorro considerable y evita la necesidad de contratar más personal o cargar de horas extra al personal actual.

Una vez que la Opción 3 esté plenamente implementada, se puede considerar la eliminación de la Opción 1 gradualmente, permitiendo así optimizar aún más los costos operativos y minimizar la fatiga del personal.

#### **5.3.1 Opción 1: Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras**

##### **Implementación de un plan de horas extra**

La implementación del plan de gestión de la nueva demanda de unidades mediante la realización de horas extras arrojaría resultados significativos dado que de las 34.5 horas extras que serían pagadas, 29.85 horas se utilizarían de manera productiva, lo que resultaría en un aumento de la producción de 511 unidades por semana, sumadas a las 1,250 unidades que se pueden empacar según la capacidad actual, se lograría cubrir la una nueva demanda de 1,750 unidades.

**Tabla 22***Resultados de la implementación de un plan de horas extra*

Turnos laborados	Estructura de tiempos por turno			Estructura de tiempos extra	
	Turno A (L-V)	Turno B (L-V)	Turno B (S)	3:30 am a 6:00 am	10:00 pm a 3:30 am
Total de tiempo pagado (horas)	9.6	6.5	7.5	2.5	5.5
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450	150	330
Desayuno	20	-	20	-	-
Almuerzo	40	-	40	-	-
Cena	-	40	-	-	40
Estiramientos	10	5	5	-	5
Ingreso al área limpia	15	8	8	4	4
Limpieza	7	7	7	7	7
Reuniones	5	5	5	-	-
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85	11	56
Total de tiempo productivo (Minutos)	479	325	365	139	274
Total de tiempo productivo (Horas)	<b>7.98</b>	<b>5.42</b>	<b>6.08</b>	<b>2.32</b>	<b>4.57</b>
Total de tiempo productivo (Segundos)	143700.00	97500.00	21900.00	41700.00	65760.00
Tiempo por unidad (Segundos)	210.44	210.44	210	210	210
Total de unidades empacadas por turno	683	463	104	198	312
Total de unidades empacadas por semana		1250		511	
Producción total con extras			1761		
Delta (producción requerida 1750 unidades)			11		

Fuente: Elaboración propia

### **5.3.2 Opción 3: Cambio en el tipo de material de empaque utilizado**

#### **Diagrama de flujo del proceso actualizado.**

Con la implementación de las nuevas bandejas de empaque, el desafío de la capacidad de producción no solo se aborda de manera efectiva, sino que también se obtienen mejoras significativas en el proceso de empaque en sí. Al eliminar la necesidad de realizar una limpieza exhaustiva de todos los componentes que componen el empaque existente, el flujo de trabajo se simplifica y agiliza significativamente, esta simplificación se refleja en la consolidación de dos pasos separados del proceso, la limpieza de partes de la cartulina y la preparación de la cartulina, en una sola tarea integrada denominada "preparación, inspección y limpieza de la bandeja".

Este nuevo flujo de proceso optimizado tarda 13.35 segundos por unidad, lo que supone una mejora significativa de 76.09 segundos con respecto al proceso anterior. Esta reducción en el tiempo de procesamiento no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que también permite un empaque más rápido y rentable de los dispositivos médicos.

Además de los beneficios de eficiencia y productividad, la implementación de nuevas bandejas de empaque también ayuda a mejorar la calidad del producto final al reducir la posibilidad de errores humanos asociados con la limpieza manual de las partes del empaque y consigo la reducción de retrabajos por partículas en las unidades empacadas. Esto, a su vez, fortalece la reputación y la posición de la empresa en el mercado.

**Figura 34**

Diagrama de flujo del proceso actualizado



Fuente: Elaboración propia

### **Validación de oportunidad de mejora en el cambio de material de empaque**

La implementación de nuevas bandejas de empaque ofrece importantes oportunidades de mejora, como lo confirman varios elementos clave del proceso productivo. En primer lugar, al introducir esta innovación, eliminamos la necesidad de pagar horas extras o abrir un tercer turno para satisfacer la creciente demanda de 1,750 unidades por semana. Esta validación se basa en un análisis de los tiempos del proceso, los recursos operativos disponibles y el tiempo productivo semanal lo que confirma que la implementación de la nueva bandeja es una solución viable y eficaz para cerrar la brecha entre la nueva demanda y la capacidad de producción actual.

Además, la implementación de la nueva bandeja reduce significativamente el tiempo de procesamiento, con una reducción medida de 76.09 segundos por unidad, esta reducción, confirmada por medición de tiempos y análisis de procesos similares, confirma que la nueva bandeja no solo mejora la eficiencia del proceso sino que también aumenta la capacidad de producción sin comprometer la calidad del producto final al contrario mejora la calidad del producto y proceso al reducir la cantidad de retrabajos por partículas en el producto. Esta validación está respaldada por datos concretos y observaciones empíricas, que respaldan la viabilidad y el impacto positivo de la mejora propuesta.

**Tabla 23***Validación de oportunidad de mejora en el cambio de material de empaque*

Turnos laborados	Estructura de tiempos por turno		
	Turno A (L-V)	Turno B (L-V)	Turno B (S)
Total de tiempo pagado (horas)	9,6	6,5	7,5
Total de tiempo pagado (Minutos)	576	390	450
Desayuno	20	-	20
Almuerzo	40	-	40
Cena	-	40	-
Estiramientos	10	5	5
Ingreso al área limpia	15	8	8
Limpieza	7	7	7
Reuniones	5	5	5
Total de tiempo no productivo (Minutos)	97	65	85
Total de tiempo productivo (Minutos)	479	325	365
Total de tiempo productivo (Horas)	7,98	5,42	6,08
Total de tiempo productivo (Segundos)	143700,00	97500,00	21900,00
Tiempo por unidad (Segundos)	134,35	134,35	134
Total de unidades empacadas por turno	1070	726	163
Total de unidades empacadas por semana		1958	
Delta (producción requerida 1750 unidades)		208	

Fuente: Elaboración propia

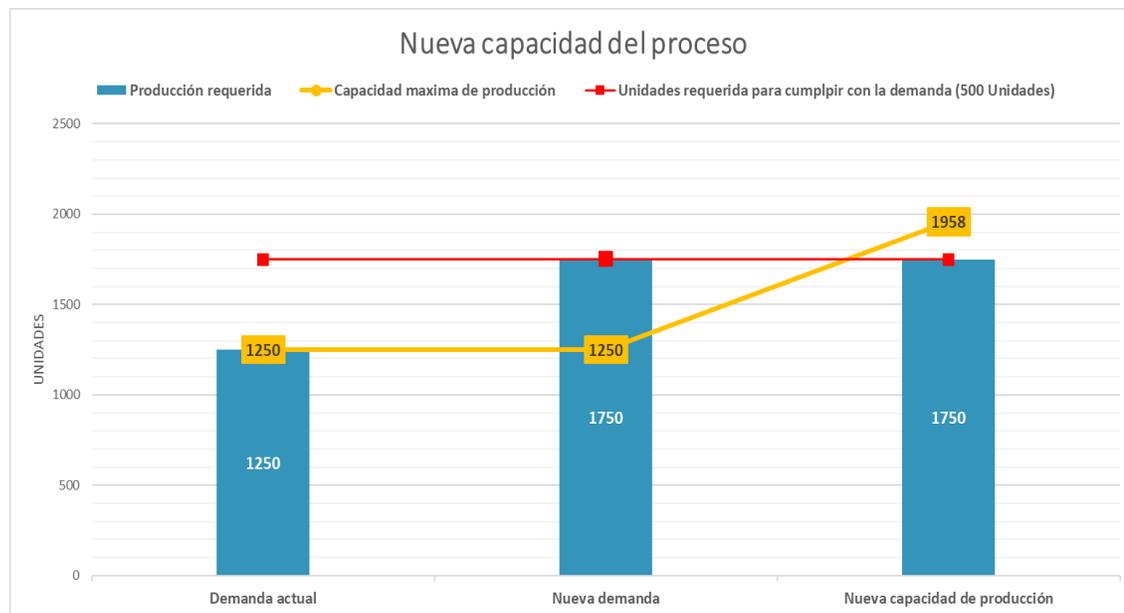
### **Gráficos de capacidad actual vs nueva demanda y capacidad.**

La capacidad máxima de producción actual de 1,250 unidades no es suficiente para satisfacer la nueva demanda de 1,750 unidades, lo que muestra una brecha significativa en la capacidad del proceso actual para satisfacer los requisitos del mercado. Esta discrepancia subraya la necesidad urgente de mejoras en el proceso de empaque para abordar esta discrepancia y garantizar la capacidad de la empresa para cumplir con las expectativas de los clientes y las demandas del mercado en evolución.

Tras la implementación de la nueva bandeja de empaque, la capacidad máxima de producción aumentaría a 1,958 unidades, lo que representaría un aumento significativo en la capacidad operativa. Esta mejora permitiría a la empresa atender una nueva demanda de 1,750 unidades, utilizando el 89.3% de la capacidad de la línea de empaque. Este aumento de la capacidad operativa demostraría la eficacia de las mejoras realizadas y la capacidad de cerrar la brecha entre la capacidad actual y la nueva demanda del mercado.

**Figura 35**

Gráfico de la nueva capacidad del proceso



Fuente: Elaboración propia

## 5.4 Plan de control

### 5.4.1 Opción 1: Gestión de la nueva demanda de unidades a través de un plan de horas extras

#### Monitoreo continuo del proceso durante las horas extra

Tarea: Monitorear el porcentaje de unidades empacadas durante las horas extras en comparación con los objetivos establecidos y revisar el indicador diariamente para tomar medidas correctivas si es necesario.

El seguimiento del cumplimiento de los objetivos de empaque durante las horas extras es esencial para evaluar la eficacia y eficiencia de estas horas de trabajo adicionales. Para cumplir con esta tarea, se establecerá un indicador específico que

muestre el porcentaje de unidades empacadas en horas extras respecto al objetivo establecido para ese período.

#### **5.4.2 Opción 3: Cambio en el tipo de material de empaque utilizado**

##### **Monitoreo de avance de diseño y validación**

Tarea: Establecer un sistema para el seguimiento continuo del progreso del diseño y la validación de la nueva bandeja de empaque.

Esto implica designar un equipo para monitorear de cerca cada paso del proceso de diseño y validación, desde la selección del material hasta la ejecución final en el proceso de empaque, monitorear el progreso y la validación del diseño es esencial para garantizar que el nuevo empaque cumpla con los estándares de seguridad y calidad requeridos, este proceso incluye un seguimiento detallado de cada etapa, desde la evaluación de proveedores hasta las pruebas piloto en un entorno de producción.

El equipo asignado será responsable de monitorear el progreso, identificar posibles desviaciones o problemas e implementar las acciones correctivas necesarias, esto garantizará que el diseño y la validación del nuevo material de empaque se lleve a cabo de manera eficiente y dentro de los plazos establecidos, facilitando la implementación exitosa de la nueva bandeja de empaque.

##### **Seguimiento de las metas de empaque**

Tarea: Una vez completadas las validaciones de la nueva bandeja, se llevará a cabo un monitoreo diario del cumplimiento de la meta semanal de empaque en

términos de la cantidad de unidades requeridas. Se revisará el indicador diariamente para identificar cualquier desviación y tomar medidas correctivas según sea necesario.

El cumplimiento de la meta de empaque es fundamental para garantizar que el proceso de empaque esté funcionando de manera efectiva y que se estén satisfaciendo las necesidades del cliente. Para monitorear este aspecto, monitorearán los indicadores clave de rendimiento para verificar la cantidad de unidades empacadas según la meta establecida.

### **Monitoreo de retrabajos presentados en el proceso**

Tarea: Utilizar gráficos de control para monitorear la cantidad de retrabajos a lo largo del tiempo. Establecer límites de control y tomar medidas si se observan variaciones significativas.

Monitorear el proceso de retrabajo es importante para evaluar la calidad y eficiencia del proceso de empaque y la implementación de la nueva bandeja, así como los resultados de las inspecciones más rigurosas.

Se registrará la cantidad de retrabajos a lo largo del tiempo, incluidas las causas y las acciones correctivas tomadas, mediante gráficos de control analizará el número de retrabajos que se presenten, los límites de control que se muestren en el gráfico ayudaran a identificar desviaciones significativas, que indican problemas de proceso que requieren atención inmediata. Esto permite tomar medidas correctivas para abordar las causas subyacentes y mejorar la eficiencia general del proceso de empaque.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **6.1 Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos y analizados en el Capítulo 4, se identificaron debilidades y carencias, esto debido a la etapa de diagnóstico que ayuda a esclarecer el panorama general del problema, se identifican aspectos relevantes que luego fueron de suma importancia en etapas posteriores, donde se requería entender los síntomas de la situación para medir los datos adecuados y realizar un análisis preciso.

El uso de tablas, gráficas, diagramas, diagramas de Pareto e Ishikawa, entre otros, incluidos en el método DMAIC utilizado, demuestra el correcto uso e interpretación de las herramientas utilizadas para las diferentes etapas del proceso.

En relación con los aportes generados por esta investigación, se contribuyó en el cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados dentro de los cuales se encuentran:

### **Objetivo general**

Mejorar la productividad y reducir los costos de producción en la empresa, mediante la identificación y optimización de procesos clave, el análisis exhaustivo de los materiales utilizados en la producción y la implementación de medidas estratégicas para aumentar la eficiencia operativa y maximizar la rentabilidad para así alcanzar la nueva demanda de producción.

### **Objetivos específicos**

- Definir el problema de la empresa relacionado con la falta de capacidad para alcanzar las metas de producción, identificando sus causas principales y estableciendo oportunidades de mejora en el proceso.
- Medir y recopilar datos relevantes sobre los tiempos de producción, los costos y los indicadores claves de rendimiento actuales para tener una base sólida y objetiva sobre la situación actual del proceso.
- Analizar áreas de mejora en el proceso de producción para optimizar el uso de recursos, como el tiempo de los trabajadores, la maquinaria y los materiales, por medio de análisis de datos y el uso de herramientas de DMAIC.
- Mejorar los procesos mediante la implementación de soluciones efectivas, como la optimización de los flujos de trabajo y la eliminación de actividades innecesarias.
- Controlar y monitorear continuamente los cambios implementados para garantizar que se mantengan los niveles de producción deseados y se cumplan los objetivos de capacidad.

Basándonos en los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el análisis del proceso de empaque, se pueden extraer conclusiones fundamentales sobre las áreas de mejora identificadas y las soluciones implementadas en la empresa Abbott Medical:

Ante la identificación de una brecha significativa entre la capacidad actual de producción, de 1,250 unidades por semana, y la nueva demanda del mercado, hasta

1,750 unidades por semana, se hizo evidente la necesidad urgente de aumentar la capacidad para empacar en 500 unidades adicionales por semana. En respuesta a este desafío, se abordó en análisis en el proceso para mejorar la productividad y reducir los costos de producción aumentar la eficiencia operativa y maximizar la rentabilidad para así alcanzar la nueva demanda de producción

En primer lugar, la implementación un plan de gestión de la nueva demanda de unidades a través de horas extras, resulta ser una medida efectiva para aumentar la capacidad de empaque y satisfacer la creciente demanda del mercado. Esta estrategia permitirá agregar 511 unidades adicionales por semana, cerrando la brecha entre la capacidad actual y la nueva demanda y aumentando las ganancias anuales en 12 904 000,00 dólares.

Además, el cambio de los materiales utilizados implementado una nueva bandeja de empaque que no solo abordara el desafío de la capacidad de producción, sino que también mejorara significativamente el proceso de empaque en sí generando un ahorro anual de 195 221,25 de dólares por la reducción en los costos de material de empaque. Al simplificar y agilizar el flujo de trabajo, esta mejora resultara en una reducción notable en el tiempo de procesamiento por unidad, aumentando la eficiencia operativa y permitiendo un empaque más rápido y rentable de los dispositivos médicos. La introducción de la nueva bandeja de empaque es capaz de cerrar la brecha entre la capacidad actual y la nueva demanda del mercado utilizando el 89,4% de la capacidad luego de la implementación, lo que proporciona una base sólida para la mejora continua del proceso y la competitividad de la empresa en el mercado.

Para garantizar que se mantengan los niveles de producción deseados y se cumplan los objetivos de capacidad, se establecieron medidas de control y monitoreo continuo. Estas medidas incluyen el seguimiento del porcentaje de unidades empacadas durante las horas extras, el monitoreo del progreso y la validación del diseño de la nueva bandeja de empaque, así como el cumplimiento de la meta semanal de empaque y la cantidad de retrabajos.

En conclusión, los resultados obtenidos a partir del análisis del proceso de empaque, junto con las soluciones diseñadas y las medidas de control establecidas, demuestran un enfoque efectivo para optimizar la eficiencia operativa y satisfacer las necesidades del mercado en crecimiento cumpliendo así el objetivo principal del proyecto el cual se centra en mejorar la productividad y reducir los costos de producción en la empresa para aumentar la eficiencia operativa y maximizar la rentabilidad para así alcanzar la nueva demanda de producción de 1,750 unidades semanales.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda al equipo funcional de la empresa Abbott Medical, dar seguimiento a las actividades del plan de control:

Monitoreo continuo del proceso durante las horas extra: Monitorear el porcentaje de unidades empacadas durante las horas extras en comparación con los objetivos establecidos y revisar el indicador diariamente para tomar medidas correctivas si es necesario.

Monitoreo de avance de diseño y validación: Establecer un sistema para el seguimiento continuo del progreso del diseño y la validación de la nueva bandeja de empaque.

Seguimiento de las metas de empaque: Una vez completadas las validaciones de la nueva bandeja, se llevará a cabo un monitoreo diario del cumplimiento de la meta semanal de empaque en términos de la cantidad de unidades requeridas. Se revisará el indicador diariamente para identificar cualquier desviación y tomar medidas correctivas según sea necesario

Monitoreo de retrabajos presentados en el proceso: Utilizar gráficos de control para monitorear la cantidad de retrabajos a lo largo del tiempo. Establecer límites de control y tomar medidas si se observan variaciones significativas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott. (2024). Obtenido de <https://www.medicine.abbott/ar/nosotros/quienes-somos.html>
- Abbott. (2024). Obtenido de <https://www.latam.abbott/about-us/abbott-at-a-glance.html>
- Abbott. (2024). Obtenido de <https://www.jobs.abbott/global/es/costa-rica>
- Abraham, C. J. (2008). *MANUAL DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS INGENIERÍA DE MÉTODOS*. Mexico: LIMUSA.
- ACOFI-ICFES. (1996). *ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN CURRICULAR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL*. Bogotá: ACOFI-ICFES.
- Coyol , F. (2023). Obtenido de <https://coyolfz.com/medical-manufacturing-companies-directory/>
- Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2013). *CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD Y SEIS SIGMA*. Mexico: McGraw Hill.
- JACOBS, F., & CHASE, R. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill.
- Rodrigues, N. (2024). *HubSpot*. Obtenido de HubSpot: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos>

## Anexos

### Medición de tiempos

	Operario #1										Media de Tiempos
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6	Unidad 7	Unidad 8	Unidad 9	Unidad 10	
Limpiar Partes de la Cartulina	34,06	36,94	35,35	34,29	38,11	34,23	38,53	37,52	35,10	38,56	36,27
Preparación Cartunila	60,88	62,20	63,59	63,01	61,77	62,19	62,19	61,23	65,00	63,50	62,56
Limpiar Piezas	19,62	19,67	20,37	20,91	19,00	19,57	20,38	19,97	20,64	20,67	20,08
Montar pieza	24,17	24,84	24,02	25,67	25,24	24,46	25,75	24,20	24,70	24,18	24,72
Inspección de Particulas	13,10	14,79	11,38	11,38	15,16	11,02	11,53	13,96	11,59	11,08	12,50
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	6,46	6,26	6,74	7,23	7,72	6,02	7,78	6,99	6,03	6,30	6,75
Empacar en el Pouch	12,73	12,91	12,37	12,41	13,20	12,45	13,20	13,57	14,33	12,68	12,99
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	13,34	11,68	14,68	11,17	14,06	13,88	12,79	12,62	13,02	12,83	13,01
<b>Total</b>	<b>204,36</b>	<b>209,29</b>	<b>208,50</b>	<b>206,07</b>	<b>214,26</b>	<b>203,82</b>	<b>212,15</b>	<b>210,06</b>	<b>210,41</b>	<b>209,80</b>	<b>208,87</b>

**Operario #2**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	39,75	35,37	37,15	35,37	36,33	34,14	38,95	36,31	34,28	36,53	36,42
Preparación Cartunila	61,18	64,90	63,96	62,74	60,23	62,36	64,25	62,80	62,34	64,85	62,96
Limpiar Piezas	20,69	20,30	19,58	20,01	20,05	20,46	20,89	21,00	19,89	19,89	20,28
Montar pieza	25,02	24,38	25,92	25,17	24,41	25,87	25,01	24,47	25,63	24,46	25,03
Inspección de Particulas	13,73	11,99	11,15	12,84	15,37	12,36	11,07	14,83	11,75	15,20	13,03
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	7,34	7,86	7,49	7,72	6,86	7,21	7,98	6,74	7,69	7,26	7,42
Empacar en el Pouch	12,63	14,02	13,20	14,15	13,60	13,18	13,87	13,23	12,46	13,78	13,41
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	10,91	14,78	10,66	12,05	14,87	12,16	13,11	11,19	14,85	11,26	12,58
<b>Total</b>	<b>211,25</b>	<b>213,60</b>	<b>209,11</b>	<b>210,05</b>	<b>211,72</b>	<b>207,74</b>	<b>215,13</b>	<b>210,57</b>	<b>208,89</b>	<b>213,23</b>	<b>211,13</b>

**Operario #3**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	36,46	38,62	39,15	35,80	34,61	37,09	36,10	39,36	37,83	35,61	37,06
Preparación Cartunila	61,12	61,85	61,91	64,83	60,87	62,20	63,48	60,89	61,45	61,96	62,06
Limpiar Piezas	19,97	19,49	19,91	20,82	20,68	20,53	20,92	19,55	20,99	19,05	20,19
Montar pieza	25,46	24,20	25,98	24,27	25,80	24,62	24,69	25,66	24,42	25,19	25,03
Inspección de Particulas	12,11	14,67	10,90	13,96	11,04	15,24	15,65	11,99	15,32	10,61	13,15
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	6,82	7,42	7,26	6,14	7,01	7,00	6,75	7,97	6,83	6,64	6,98
Empacar en el Pouch	12,11	14,29	12,88	13,42	14,09	14,19	13,62	13,55	14,05	14,49	13,67
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	12,02	13,66	12,90	13,64	12,56	13,90	11,87	12,07	11,17	11,62	12,54
<b>Total</b>	<b>206,07</b>	<b>214,20</b>	<b>210,89</b>	<b>212,88</b>	<b>206,66</b>	<b>214,77</b>	<b>213,08</b>	<b>211,04</b>	<b>212,06</b>	<b>205,17</b>	<b>210,68</b>

**Operario #4**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	39,14	39,26	35,96	37,04	35,80	34,29	37,16	37,04	37,14	34,10	36,69
Preparación Cartunila	60,47	64,91	63,03	64,43	63,95	60,64	64,42	64,23	64,03	64,94	63,51
Limpiar Piezas	19,63	19,38	20,21	20,91	20,40	20,49	19,46	20,02	20,50	19,11	20,01
Montar pieza	25,97	25,24	25,08	24,35	25,71	25,43	24,26	24,68	24,95	25,78	25,15
Inspección de Particulas	10,23	14,34	10,13	13,25	11,25	11,73	15,08	10,08	11,67	13,71	12,15
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	6,42	7,20	7,25	7,51	6,91	6,11	7,05	7,06	7,10	6,45	6,91
Empacar en el Pouch	12,98	13,70	14,29	12,53	12,85	13,19	12,73	12,03	14,15	12,39	13,08
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	11,20	14,08	11,28	13,75	11,71	13,40	11,29	13,47	10,95	13,98	12,51
<b>Total</b>	<b>206,04</b>	<b>218,11</b>	<b>207,23</b>	<b>213,77</b>	<b>208,58</b>	<b>205,28</b>	<b>211,45</b>	<b>208,61</b>	<b>210,49</b>	<b>210,46</b>	<b>210,00</b>

**Operario #5**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	39,43	39,60	35,04	34,10	38,70	34,32	39,08	39,13	37,35	38,61	37,54
Preparación Cartunila	64,09	60,45	62,10	60,40	62,36	61,40	62,41	61,56	61,20	64,14	62,01
Limpiar Piezas	20,79	19,88	19,29	19,20	20,31	19,75	20,64	20,59	19,28	20,57	20,03
Montar pieza	24,41	25,59	25,75	25,57	24,83	24,15	24,62	25,52	24,16	25,13	24,97
Inspección de Particulas	13,59	15,65	11,09	10,15	15,89	14,54	13,06	10,18	14,68	12,78	13,16
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	6,06	7,59	7,48	7,48	6,97	6,70	7,45	7,08	6,18	7,06	7,01
Empacar en el Pouch	13,79	12,88	12,27	14,37	13,92	13,64	13,97	12,29	13,85	13,65	13,46
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	10,34	12,44	10,64	13,21	14,74	10,62	11,58	12,44	10,59	12,79	11,94
<b>Total</b>	<b>212,50</b>	<b>214,08</b>	<b>203,66</b>	<b>204,48</b>	<b>217,72</b>	<b>205,12</b>	<b>212,81</b>	<b>208,79</b>	<b>207,29</b>	<b>214,73</b>	<b>210,12</b>

**Operario #6**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	39,91	38,11	36,19	37,82	37,43	37,74	39,80	36,22	35,49	35,61	37,43
Preparación Cartunila	64,67	61,55	62,65	61,07	62,26	60,44	64,89	63,17	64,36	64,29	62,94
Limpiar Piezas	19,80	20,25	19,96	19,96	19,96	19,99	19,84	20,45	20,77	20,89	20,19
Montar pieza	25,74	25,23	24,82	24,52	24,02	24,11	24,50	25,09	25,25	24,32	24,76
Inspección de Particulas	12,83	15,74	11,13	13,69	14,13	15,13	11,72	11,61	12,11	13,86	13,20
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	6,28	7,99	6,23	7,01	7,28	7,20	7,05	6,41	7,17	6,49	6,91
Empacar en el Pouch	13,93	13,55	13,34	12,64	13,22	12,73	14,03	14,46	13,82	12,44	13,42
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	10,47	13,20	14,79	13,49	14,32	14,43	11,99	13,24	11,78	14,04	13,18
<b>Total</b>	<b>213,63</b>	<b>215,62</b>	<b>209,11</b>	<b>210,20</b>	<b>212,62</b>	<b>211,77</b>	<b>213,82</b>	<b>210,65</b>	<b>210,75</b>	<b>211,94</b>	<b>212,01</b>

**Operario #7**

	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>	<b>Unidad 4</b>	<b>Unidad 5</b>	<b>Unidad 6</b>	<b>Unidad 7</b>	<b>Unidad 8</b>	<b>Unidad 9</b>	<b>Unidad 10</b>	<b>Media de Tiempos</b>
Limpiar Partes de la Cartulina	37,22	37,37	34,38	39,47	37,11	34,19	39,51	39,94	35,78	35,39	37,04
Preparación Cartunila	61,59	62,79	61,85	62,82	61,97	61,51	60,93	63,76	62,37	63,04	62,26
Limpiar Piezas	19,39	19,71	19,98	19,22	19,72	20,74	19,18	19,09	20,31	20,29	19,76
Montar pieza	25,39	24,70	24,65	24,64	24,62	25,97	25,06	25,37	24,70	25,19	25,03
Inspección de Particulas	11,71	10,51	14,90	15,78	12,32	10,93	14,07	12,82	14,64	13,29	13,10
Limpieza Estatica	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Etiquetar Pouches	7,46	7,21	7,19	7,77	7,96	6,85	7,07	7,07	6,09	6,43	7,11
Empacar en el Pouch	13,50	12,31	13,84	13,96	12,15	13,43	14,45	12,13	14,32	13,03	13,31
Sellado del Pouch	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Verificación del Sellado y Presencia de Particlas	12,38	14,84	12,44	13,56	13,17	11,22	11,02	12,38	13,08	12,38	12,65
<b>Total</b>	<b>208,64</b>	<b>209,44</b>	<b>209,23</b>	<b>217,22</b>	<b>209,02</b>	<b>204,84</b>	<b>211,29</b>	<b>212,56</b>	<b>211,29</b>	<b>209,04</b>	<b>210,26</b>