

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE  
MEJORA EN EL SISTEMA DE MEDICIÓN  
DEL DEPARTAMENTO DE MOLDEO DE  
LA EMPRESA TEGRA MEDICAL PARA  
DISMINUIR LOS TIEMPOS DE ENTREGA,  
DURANTE EL ÚLTIMO CUATRIMESTRE  
DEL 2019

TESINA PARA OPTAR POR EL  
BACHILLERATO EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL

KARINA GUADAMUZ CÓRDOBA

LIC. OSCAR CHAVARRIA CALDERON

HEREDIA, MARZO 2020

# ACTA DE APROBACIÓN TUTOR

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 01 de marzo de 2020.

**Sres.**  
**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Estimados señores:

La estudiante **KARINA GUADAMUZ CÓRDOBA**, cédula de identidad número 402200616, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE MATERIAL DEL DEPARTAMENTO DE MOLDING DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL, DURANTE EL ÚLTIMO CUATRIMESTRE DEL 2019"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico 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%	<b>10</b>
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	<b>18</b>
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	<b>27</b>
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	<b>19</b>
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	<b>18</b>
	TOTAL		<b>92</b>

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

Atentamente,

OSCAR ALBERTO  
 CHAVARRIA  
 CALDERON (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
 OSCAR ALBERTO CHAVARRIA  
 CALDERON (FIRMA)  
 Fecha: 2020.03.01 17:05:45  
 -06'00'

**ING. ÓSCAR ALBERTO CHAVARRÍA CALDERÓN**  
**CÉDULA 109650295, CARNET # II-31443**

# ACTA DE APROBACIÓN LECTOR

## CARTA DE LECTOR

San José, 24 de abril del 2020

Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

La estudiante Karina Guadamuz Córdoba, cédula de identidad N°4-0220-0616, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de medición del departamento de moldeo de la empresa Tegra Medical para disminuir los tiempos de entrega, durante el último cuatrimestre del 2019", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma


Nombre: Roberto Sánchez Morales  
Cédula: 900810622

## DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Karina Guadamuz Córdoba, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 402200616 egresado de la carrera de 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:

Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de medición del departamento de Moldeo de la empresa Tegra Medical para disminuir los tiempos de entrega, durante el último cuatrimestre del 2019, 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 cuatro días del mes de marzo del año dos mil veinte.

 402200616

Firma del estudiante

Cédula

**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, 03 de setiembre del 2020


Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Karina Guadamuz Córdoba con número de identificación 4-0220-0616 autor (a) del trabajo de graduación titulado Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de medición del departamento de moldeo de la empresa Tegra Medical para disminuir los tiempos de entrega, durante el último cuatrimestre del 2019 presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Bachillerato; ~~(SI~~ / NO) 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,

 4-0220-0616

Firma y Documento de Identidad

## **DEDICATORIA**

Primeramente, quiero dedicarle este triunfo a Dios por darme el don de la vida, de la salud, por darme las fuerzas cuando estaba cansada y por permitirme de cumplir una de mis metas.

A mis padres Maritza Córdoba y Marcos Guadamuz por todo el esfuerzo que han hecho para que yo pueda estudiar y crecer como persona, por todo su amor y apoyo por no dejar que me rinda y darme esos empujones cuando lo he necesitado.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a la empresa Tegra Medical por darme la oportunidad de realizar mi proyecto y a cada una de las personas que me brindaron ayuda para explicarme y brindarme información para poder obtener la información necesaria para concluirlo.

También agradezco a cada uno de los profesores que fueron parte de este proceso y que me enseñaron y formaron para llegar culminar esta etapa.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.2.1 Misión.....	17
1.2.2 Visión.....	17
1.2.3 Estructura Organizacional.....	18
1.2.4 Descripción general del proceso.....	19
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Definición del problema .....	20
1.3.2 Justificación del problema .....	25
<b>1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>26</b>
1.4.1 Objetivo general .....	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	26
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>27</b>
1.5.1 Alcances.....	27
1.5.2 Limitaciones .....	28
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....</b>	<b>30</b>
2.1.1 Ingeniería Industrial.....	30
2.1.2 Medición del trabajo.....	30
2.1.3 Calidad .....	30
2.1.4 Indicadores de desempeño .....	31
2.1.5 Muestreo.....	31
2.1.6 Muestreo de aceptación .....	33
2.1.7 Proceso.....	34
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>34</b>
2.2.1 DMAIC .....	34
• Definir .....	35
• Medir .....	36

• Analizar .....	36
• Mejorar .....	36
• Controlar.....	37
2.2.2 SIPOC .....	37
2.2.3 Diagrama de Pareto .....	38
2.2.4 Estudio de tiempos.....	39
2.2.5 Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa).....	39
2.2.6 Diagrama de Flujo.....	40
2.2.7 Entrevista .....	41
2.2.8 Lluvia de ideas .....	42
2.2.9 Ciclo de Deming .....	42
2.2.10 Estandarización de procesos. ....	44
2.2.11 Plan de capacitación.....	45
2.2.12 Diagrama de Gantt .....	45
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	46
2.3.1 Costo.....	46
2.3.2 Reducción de costos. ....	47
2.3.3 Optimización. ....	48
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.....	49
<b>CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>51</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>53</b>
<b>3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO.....</b>	<b>54</b>
<b>3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO PRODUCTO O SERVICIO.....</b>	<b>56</b>
<b>3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO. ....</b>	<b>57</b>
<b>3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS. ....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Diagnóstico de la situación actual. ....</b>	<b>62</b>
<b>4.2 Medición de la situación actual.....</b>	<b>81</b>
<b>4.3 Análisis causa raíz.....</b>	<b>88</b>
4.3.1 Análisis de causas que conforman el 80% .....	93

<b>5.1</b>	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	100
5.1.1	Planificación de las propuestas.....	101
5.1.2	Hacer (Prueba Piloto).....	131
5.1.3	Medir (Resultados del lote Piloto).....	132
5.1.4	Actuar (Definición de fechas para implementación).....	133
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		135
<b>6.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	136
<b>6.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	137
<b>7.0</b>	<b>Bibliografía</b> .....	138
<b>8.0</b>	<b>Anexos</b> .....	139
	ANEXO I.....	139
	Anexo II.....	140
	Anexo III.....	141
	Anexo IV.....	142
	Anexo V.....	143
	Anexo VI.....	144
	Anexo VII.....	145

## Índice de Figuras

Figura 1	Organigrama de Tegra Medical.....	18
Figura 2	Proceso de producción área de moldeo .....	19
Figura 3	Representación del muestreo aleatorio simple.....	32
Figura 4	Representación del muestreo aleatorio sistemático .....	32
Figura 5	Representación del muestreo aleatorio estratificado.....	33
Figura 6	Representación del muestreo aleatorio por conglomerados .....	33
Figura 7	Ciclo DMAIC.....	35
Figura 8	Representación de un SIPOC .....	38
Figura 9	Diagrama de Pareto .....	39
Figura 10	Símbolos del diagrama de flujo.....	40
Figura 11	Ciclo PDCA de mejora continua o ciclo de Deming.....	42
Figure 12	Diagrama de Gantt.....	46
Figura 13	Demanda de unidades por producto.....	67
Figura 14	Porcentaje de producción de los componentes de moldeo.....	68
Figura 15	Diagrama de Flujo del componente Med3 .....	69
Figura 16	Diagrama de Flujo de componente Med4 .....	74
Figura 17	Diagrama de Flujo del área de moldeo.....	77
Figura 18	Diagrama de SIPOC del proceso de moldeo.....	79

*Figura 19* Porcentaje de lotes de producción ..... 82  
 Figure 20 Posibles causas de los atrasos en la entrega de los lotes de producción ..... 88  
 Figura 21 Diagrama de Ishikawa por atrasos en la entrega de lotes en el área de moldeo ..... 90  
 Figura 22 Diagrama de Pareto relacionado a las causas ..... 92  
 Figura 23 Diagrama de Flujo proceso actual ..... 111  
 Figura 24 Diagrama de flujo propuesto ..... 115  
 Figura 25 Tabla ANSI por AQL´s ..... 122  
 Figure 26 Diagrama de Gantt de actividades de implementación ..... 134

## Índice de Tablas

Tabla 1 ..... 22  
 Tabla 2 ..... 24  
 Tabla 3 ..... 52  
 Tabla 4 ..... 54  
 Tabla 5 ..... 55  
 Tabla 6 ..... 57  
 Tabla 7 ..... 58  
 Tabla 8 ..... 60  
 Tabla 9 ..... 62  
 Tabla 10 ..... 63  
 Tabla 11 ..... 64  
 Tabla 12 ..... 65  
 Tabla 13 ..... 66  
 Tabla 14 ..... 67  
 Tabla 15 ..... 82  
 Tabla 16 ..... 84  
 Tabla 17 ..... 86  
 Tabla 18 ..... 89  
 Tabla 19 ..... 91  
 Tabla 20 ..... 98  
 Tabla 21 ..... 100  
 Tabla 22 ..... 102  
 Tabla 23 ..... 103  
 Tabla 24 ..... 108  
 Tabla 25 ..... 110  
 Tabla 26 ..... 112  
 Tabla 27 ..... 113  
 Tabla 28 ..... 115  
 Tabla 29 ..... 116  
 Table 30 ..... 116  
 Tabla 31 ..... 117  
 Tabla 32 ..... 117  
 Tabla 33 ..... 118

Tabla 34.....	118
Tabla 35.....	119
Tabla 36.....	119
Tabla 37.....	121
Tabla 38.....	123
Tabla 39.....	123
Tabla 40.....	124
Tabla 41.....	125
Tabla 42.....	125
Tabla 43.....	127
Tabla 44.....	127
Tabla 45.....	128
Tabla 46.....	129
Tabla 47.....	130
Tabla 48.....	132

## **ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

ANSI: American National Standards Institute (Instituto de Estándares Nacional Americano).

AQL: Acceptable Quality Limit (Limite Acceptable de Calidad).

CTW: CTW Inc

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Definir, Medir, Analizar, mejorar y Controlar).

FDA: Food and Drug Administration (Administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos de América).

ISO: International Organization for Standardization (Organización para la estandarización)

OTD: On Time Delivery (Entregas a Tiempo).

SIPOC: Suppliers, inputs, process, outputs and customers diagram (Diagrama de suplidores, entradas, procesos, salidas y clientes.

WEDM: Wire Electrical discharge Machining (Maquinado con hilo usando descarga eléctrica).

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Guadamuz Córdoba, K. (2020). *Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de medición del departamento de moldeo de la empresa Tegra medical para disminuir los tiempos de entrega, durante el último cuatrimestre del 2019*. Universidad Hispanoamericana Heredia, Costa Rica.

El presente proyecto tiene la finalidad de mejorar los tiempos de entrega de las órdenes a los clientes en el área de Moldeo. La Meta de la compañía es un 92% de los lotes entregados a tiempo, pero el área de moldeo está en un 81.48% de los lotes.

Se realizó un análisis de los distintos componentes del proceso de moldeo y se evaluaron los tiempos de cada uno de los pasos a diagnosticar del problema. Para esto se utilizaron herramientas como SIPOC, diagramas de proceso, entrevistas a los involucrados y revisión de los tiempos de los lotes producidos durante el 2019 en el área de moldeo.

De forma global en el proyecto se utiliza la herramienta DMAIC y específicamente para la implementación se utiliza el ciclo de Deming. Otras herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de causa-efecto y el gráfico de Pareto se utilizan para evidenciar cuales son las principales causas de los atrasos en producción. En líneas generales estos resultados evidencian que el proceso que debe atacarse con prontitud para mejorar los tiempos de entrega es el proceso de inspección por manufactura. Con base en esto se hacen propuestas donde se mejora el tiempo de entrega a un 45% y se presenta un beneficio de dinero del 1.22%.

Por lo cual se puede apreciar que el proyecto es viable para aplicarlo en la empresa Tegra Medical.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.**

La investigación tiene como fin brindar varias propuestas que mejore los tiempos de entrega de los lotes en el departamento de moldeo y calidad en proceso del mismo departamento, mejorando la forma en que se inspecciona el material, aumentando la eficiencia de tiempos en entrega, mejorando la calidad de los productos y cumpliendo los indicadores de la empresa.

La línea de investigación es sobre calidad, ya que lo que se desea lograr es crear un sistema de medición más eficiente y controlado y que a su vez ayude a la reducción de tiempos de entrega de los lotes, desperdicios de material y reducción de costos. El proceso con el cual se da la aceptación del material es de suma importancia ya que es lo que garantiza que el material que van a entregar a los clientes es conforme por lo que no se puede dejar de lado.

Para este proyecto se va a conocer el proceso de producción y la forma en que se mide cada lote por parte de manufactura y calidad de proceso, analizar tiempos en cada operación, basado en los resultados se van a generar propuestas eficientes y que cumplan los requisitos regulatorios.

Además, se va a elaborar un costo beneficio para la empresa donde se pueda apreciar los resultados con el proceso actual versus las propuestas.

Tomando en cuenta el historial que se tiene en la empresa Tegra Medical se espera reducir el tiempo de entrega a los clientes, pero manteniendo un alto nivel de calidad en el proceso.

## 1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Tegra Medical es una empresa que se centra exclusivamente en servicios de fabricación por contrato para la industria de dispositivos médicos, produciendo componentes y dispositivos de uso quirúrgico e intervenciones. Los servicios abarcan desde la producción de componentes metálicos, componentes sobre moldeados hasta dispositivos médicos terminados.

Fundada en octubre del 2007 por Riverside Partners, adquiriendo New England Precision Grindig (NEPG), Accumet Laser y American Medical Instruments que reunían procesos de precisión, mecanizado suizo, procesamiento Laser, EDM y fabricación de agujas. En el 2009 se adquiere CTW, una compañía de Hernando Mississippi, aumentando la capacidad de Tegra Medical para implantes espinales e instrumentos ortopédicos. Ese mismo año en Franklin, Massachussets, se abre una nueva instalación para consolidar NEPG y Accu-Met Laser y servir como sede de la compañía. En el 2010 Tegra Medical Adquiere Penn United ubicada en Costa Rica para proporcionar operaciones de bajo costo y calidad.

Tegra Medical Costa Rica, se ubica en Global Park en la Aurora de Heredia, desde que inicio en el 2010 hasta la actualidad, la empresa ha experimentado un crecimiento significativo, entre los procesos que ofrecen están:

- Soldadura, cortado y marcado por medio de láser.
- Mecanizado por descarga eléctrica (EDM)
- Fresado y torneado.
- Estampado.

- Rectificado de precisión.
- Limpieza y acabado.
- Montaje y embalaje

En el 2017, en Costa Rica se adquiere un nuevo edificio agregando nuevas capacidades de desarrollo y producción, como lo es el proceso de Moldeado.

Entre los productos que ofrece Tegra Medical se encuentran:

- Implantes e instrumentos espinales.
- Instrumentos ortopédicos.
- Conjuntos canulados y sobre moldeados.

### **1.2.1 Misión**

Ser innovadores, rápidos, confiables y solucionadores de problemas para la industria médica.

### **1.2.2 Visión**

Convertirse en el socio de desarrollo preferido para la fabricación de dispositivos médicos innovadores.

### 1.2.3 Estructura Organizacional

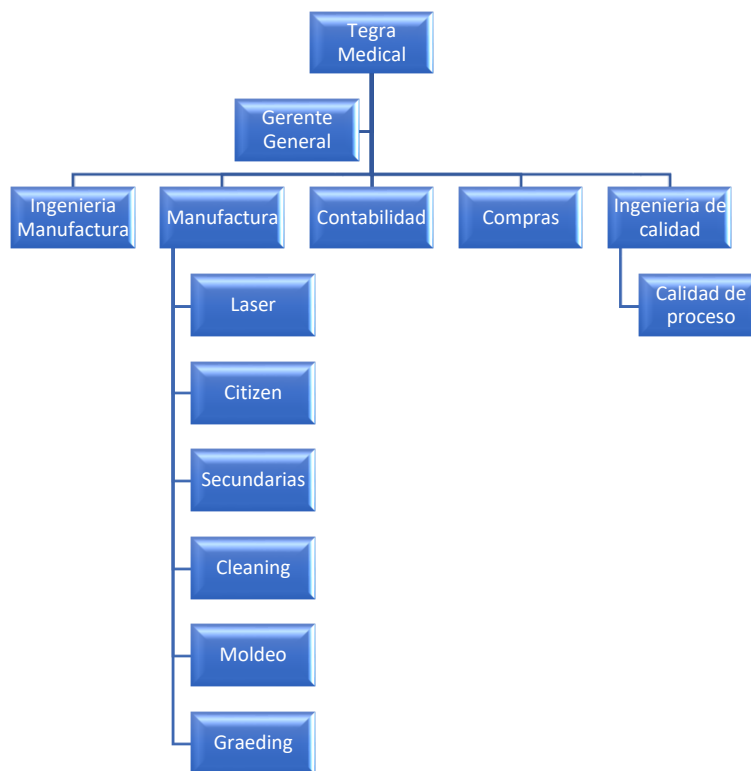


Figura 1 Organigrama de Tegra Medical

Fuente: Elaboración Propia.

Tegra Medical está conformada por la gerencia general y 5 subgerencias que representan cada departamento de la empresa. Actualmente Tegra Medical está conformada por 257 colaboradores, la gran parte de ellos son del departamento de manufactura que se divide en 6 áreas.

El proyecto se desarrollará en el área de moldeo, que es de las áreas más nuevas que tiene la empresa Tegra Medical. Actualmente está conformada por 7 moldeadoras, se trabaja a 2 turnos y cada turno está conformado por un líder y 4 operarios en turno A y 3 operario en turno B, siendo este el departamento encargado de la fabricación de dispositivos sobre moldeados.

### 1.2.4 Descripción general del proceso

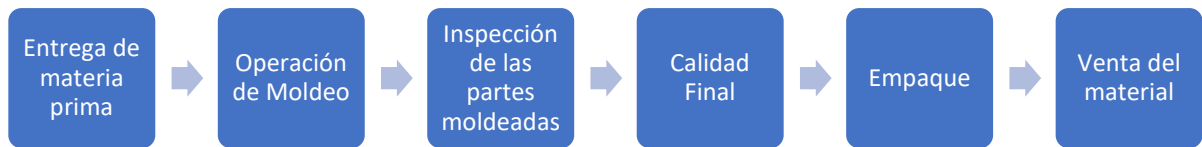


Figura 2 Proceso de producción área de moldeo

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de moldeo inicia con una orden de compra por parte del cliente, cuando la orden ya está en el sistema se prepara la materia prima y se entrega al área de moldeo.

En moldeo, la resina se carga a la máquina, luego el operario la configura según el producto que se vaya a manufacturar, cuando esta está seteada correctamente inician la operación de moldeo donde el operario tiene que colocar los insertos metálicos dentro de la máquina, esta se cierra y ella hace el proceso de sobre moldeo en el inserto metálico, esto se repite hasta que se cumpla la cantidad solicitada en el lote.

Al terminar, los operarios inspeccionan las partes moldeadas según los criterios establecidos por el cliente mediante un plano, cuando los operarios finalizan, se le informa al departamento de calidad en proceso para que realicen las inspecciones requeridas en este caso solo las medidas críticas, al concluir se pasa al departamento de empaque y luego se envía al cliente.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1 Definición del problema

Actualmente en el área de moldeo de la empresa Tegra Medical, se están presentando demoras de un 10.5% según el porcentaje de entrega a tiempo de esta área en la liberación del material, que afecta la entrega de las órdenes a los clientes. Una de las métricas que tiene la empresa es la entrega a tiempo de las solicitudes a los clientes la cual es de un 92%, y el área de moldeo está fallando en esta métrica ya que anda cerca del 81%.

Los operarios que trabajan las máquinas son los mismos que realizan la operación de inspección del material, pero esta operación la realizan hasta que terminan la cantidad total del lote de producción, lo que provoca un atraso extra por el tiempo que ellos duran midiéndolo. Estas mediciones que son después de haber terminado el lote de producción las realizan en horas extras, distribuidas en 4 horas extras por turno por cada día de trabajo siendo un total de 48 horas a la semana para poder liberar el lote.

En estas inspecciones se han encontrado defectos o problemas que se presentaron durante el proceso pero que no fueron detectados en el momento, lo que conlleva tiempo extra de re-inspección o reelaboración provocando más atrasos.

Adicionalmente, En el área de moldeo no se encuentran todos los equipos necesarios por lo que los operarios tienen que estar de un edificio a otro para poder cumplir con este requerimiento.

Los técnicos de Calidad de proceso también realizan una inspección igual a la que realiza manufactura, pero en esta operación es únicamente a las medidas críticas, por lo que se presenta una repetición de operaciones que le suma atrasos al lote de producción.

A continuación, podemos ver una comparación realizada con las áreas de torno suizo, corte laser, soldadura laser y moldeo, donde se va a tomar en cuenta las siguientes características:

- Tiempo de ciclo: tiempo que dura una máquina para realizar una pieza dado en segundos.
- Soporte necesario del operario para poder realizar la operación clasificándola en:
  - Bajo, si el operario no tiene que estar completamente en la máquina para realizar la operación.
  - Medio, si se necesita del operario un 50% para realizar alguna función de la operación.
  - Alto, si se necesita completamente del operario para poder realizar la operación.
- Tipo de proceso con que se opera el equipo, clasificándolos en:
  - Manual, si el proceso es realizado 100% por el operario, sin ningún equipo electrónico.
  - Automático, si el operario no tiene que realizar nada en el proceso de operación, solo cargar de material la máquina.
  - Mixto, Si ocupa de los dos procesos mencionados anteriormente una parte manual y otra automática.

- Tiempo de inspección, tiempo que dura un operario realizando las inspecciones necesarias para aprobar el material dado en horas.
- Tamaño de lote, cantidad de unidades que se realizan por lote de producción en cada área.
- Horas de un lote en máquina, tiempo que dura la máquina para completar las unidades requeridas por lote dado en horas.
- Habilidad de la máquina para estar encendida sin producir, y que no se vean afectadas la máquina y el material mientras no esté en funcionamiento, clasificándolos en:
  - Baja, si la máquina ni el material se ven afectados al permanecer varias horas seguidas sin funcionamiento.
  - Media, si la máquina ni el material se ven afectados al permanecer un corto tiempo sin funcionamiento.
  - Alto, si el material o la máquina se ven afectados por detener el funcionamiento del equipo.

Tabla 1

Cuadro comparativo entre áreas

Características	Cuadro Comparativo de Procesos Tegra Medical			
	Torno Suizo CNC	Corte Laser	Soldadura Laser	Moldeo de plástico con Insertos
Tiempo de Ciclo (Segundos)	130 a 180	150 a 200	120 a 150	40 a 70
Soporte necesario de Operario (bajo, Medio, Alto)	Bajo	Medio	Medio	Alto
Tipo de proceso Manual, automático Mixto.	Automático	Mixto	Mixto	Mixto
Tiempo de Inspección (Horas)	4 a 7	5 a 7	6 a 8	7 y 14
Tamaño de lote	1500	1500	1500	2000
Duración de un lote en Máquina basado en su tiempo de ciclo (Horas)	54.16 a 75	62.5 a 83.33	50 a 62.5	22.22 a 38.88
Habilidad de la Máquina para estar encendida sin producir (baja, Media, Alta)	Alta	Alta	Alta	Baja

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 1 se puede observar que el tiempo de ciclo de las áreas de torno suizo, corte laser y soldadura laser son mayores que el tiempo de ciclo del área de moldeo, adicional a esto también se puede observar que el tiempo que se toma inspeccionando el material es mucho mayor en el área de moldeo que en las otras áreas.

Si comparamos moldeo con torno suizo, podemos ver que el soporte necesario del operario en torno suizo es bajo mientras que en moldeo es alto dando como resultado que en torno suizo al durar más un lote y el operario no tener que estar tan pendiente de la máquina le da tiempo para ir realizando el muestreo mientras se va produciendo el lote, caso contrario sucede en moldeo donde el tiempo de duración para construir un lote es menor y se necesita completamente al operario en la máquina por lo que el operario no puede ir realizando las medidas respectivas si no, hasta que se termine el lote de producción completo.

Igualmente pasan con los otros procesos corte laser y soldadura laser si los comparamos con moldeo. La única diferencia de estos procesos con el de torno suizo, es el soporte necesario del operario que es medio ósea se necesita un poco más que en torno suizo, pero de igual forma comparándolo con moldeo ellos tienen más tiempo para poder realizar las medidas mientras se produce el lote cumpliendo con las medidas cuando se termina el lote sin provocar atrasos.

Además, en la tabla 1 se puede ver que la habilidad de la máquina para estar encendida sin producir y que no se vea afectado el material o la máquina en las operaciones de torno suizo, corte laser y soldadura laser es alta, esto quiere decir que estos equipos se

pueden detener si fuera el caso que necesitan ir a realizar una medida y no se va afectar el material ni la máquina, en moldeo no sucede lo mismo si la máquina se detiene y se deja mucho tiempo la resina se deteriora y no se puede seguir utilizando, si esto sucede se tiene que realizar un proceso extra que provocaría más atrasos por lo que manufactura prefiere no detener este equipo.

Con las comparaciones realizadas con las otras áreas de trabajo en Tegra Medical se puede ver que el área de moldeo es la que presenta más atrasos para poder liberar el material a los clientes, a nivel de empresa Tegra Medical tiene un OTD (*On Time Delivery*) en español entregas a tiempo de 92% para cada una de las áreas que hay en esta empresa incluyendo el área de moldeo, a continuación, se puede observar el OTD promedio de las tres áreas en un periodo de enero a setiembre del 2019:

Tabla 2

*Comparación de OTD entre las áreas de Tegra Medical*

OTD ( <i>On time Delivery</i> )	Metales	Producto Terminado	Moldeo
	92.72%	100%	81.48%

Fuente: Elaboración propia.

Manufactura lo considera un problema a nivel interno de la empresa ya que no logra cumplir con la métrica de entrega de los lotes de producción a tiempo la cual es de 92% de los lotes enviados, como se puede observar en la tabla 2, el área de producto terminado cumplió 100% con las entregas durante el periodo de enero a setiembre del 2019, metales por otro lado tiene un 92.72% de entregas a tiempos durante el mismo periodo y por último moldeo tiene un 81.48% de entregas a tiempo durante el mismo periodo.

Este porcentaje de entrega a tiempo se ha estado presentando debido a los atrasos que se presentan al medir las piezas una vez finalizados los lotes, además de que no se realiza un proceso de inspección en línea que evite los defectos, provocando de que si se presentan atrase más el proceso de entrega.

Los clientes son los afectados, al no recibir sus pedidos a tiempos, creando en ellos insatisfacción por el servicio y provocando de que si es repetitiva la situación puedan prescindir de los servicios de Tegra Medical.

### **1.3.2 Justificación del problema**

Este proyecto nace por la necesidad que tiene el departamento de moldeo de la empresa Tegra Medical de mejorar sus tiempos en la entrega de las órdenes a sus clientes y lograr un sistema de inspección más eficiente y controlado.

Se pretende crear propuestas de mejora para rediseñar el proceso de medición actual del área de moldeo reduciendo los tiempos de entrega de las órdenes y así poder aumentar los indicadores en el área de moldeo, actualmente la empresa cuenta con un indicador de entregas a tiempo a los clientes donde se espera que estén arriba del 92%, el departamento de moldeo anda en 81.48%.

Además, se desea tener un proceso más controlado y estable donde se pueda detectar a tiempo los posibles problemas que pueda presentar la máquina que afecten el producto.

Con esto se beneficiará al cliente, reduciendo las molestias por los atrasos en la entrega de los lotes, además estarán más satisfechos recibiendo material conforme con un proceso de calidad estable.

Al verse beneficiando el cliente, también se beneficia la empresa ya que tendrá clientes satisfechos que seguirán dependiendo de los servicios de la empresa y además de procesos estandarizados y controlados que mejoran el ambiente laboral.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar el sistema de medición actual en el área de moldeo de la empresa Tegra Medical, mediante el estudio de las operaciones que conforman el proceso con el fin de aumentar las entregas a tiempo del área de moldeo y mejorar el sistema de inspección durante el tercer cuatrimestre del 2019

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar como se compone el proceso actual en el departamento de moldeo en Tegra Medical Costa Rica.
- Realizar una evaluación de los tiempos empleados en la liberación de los lotes del proceso de moldeo de Tegra Medical.
- Analizar el sistema de medición utilizado en el área de moldeo para la liberación de los lotes.
- Brindar propuestas de mejora disminuyendo los tiempos de entrega de los lotes de producción y mejorando el sistema de medición.
- Realizar un análisis costo beneficio basado en las propuestas de mejora que reduzca los tiempos de entrega de los lotes de producción.

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1 Alcances

El proyecto se realizará en Tegra Medical únicamente en la planta de Costa Rica, ubicada en Global Park, la Aurora de Heredia, en el área de Moldeo en los departamentos de manufactura y calidad en los dos turnos actualmente activos.

El área de Moldeo a representado el 40 % de las ventas de Tegra Medical durante el año 2019 y el análisis se llevará a cabo con lotes producidos durante el año. Dicha área es la que tiene los peores resultados con relación al porcentaje de lotes entregados a tiempo lo cual está afectando significativamente a los clientes y a la empresa.

Los análisis se van a realizar en base a los datos del 2019 y se tomará como parte de la investigación los números de parte con mayor demanda en el área de moldeo los cuales generan mayor cantidad de ventas.

El proyecto no incluye otras áreas de la empresa ya que tienen mejores indicadores y no se van a estar analizando los números de parte de baja demanda ya que el análisis de los de mayor demanda ejemplifica lo que ocurre con los de demanda baja.

La implementación del presente trabajo tiene como objetivo mejorar los tiempos de entrega del área de moldeo y con esto mejorar significativamente la satisfacción de los clientes y con esto asegurar el negocio en el tiempo y disminuir costos de producción para tener un proceso más rentable.

### **1.5.2 Limitaciones**

La recolección de tiempos de entrega se verá limitada porque en la base de datos de los lotes ya entregados presenta falta de información.

Por la confiabilidad que tiene la empresa con los clientes no se puede mencionar el nombre real de los productos, por lo que se van a utilizar nombres diferentes.

En el análisis de tiempo se realizó únicamente con 14 lotes del Med3 y 13 lotes del Med4 debido a que fueron los lotes que corrieron de enero a setiembre del 2019 y los cuales se tenía data histórica para realizar el análisis.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

El instituto de ingeniería industrial según el libro introducción a la ingeniería industrial, define la ingeniería Industrial como: “ lo concerniente con el diseño, mejoramiento e instalación de los sistema integrados de personas, materiales, información, equipo y energía soportado por el conocimiento especializado y la habilidad de las matemáticas, la física y las ciencias sociales que, junto con los principios y métodos de análisis de la ingeniería y diseño, especifican, predicen y evalúan los resultados que serán obtenidos de cada uno de los sistemas de la industrias”

### **2.1.2 Medición del trabajo**

Es un conjunto de técnicas aplicadas para determinar el tiempo que invierte una persona calificada en llevar a cabo una tarea definida por una norma de ejecución preestablecida.

### **2.1.3 Calidad**

Normas UNE-EN ISO 9000: calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con las necesidades o expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias.

Calidad es la totalidad de características de un producto o servicio que le confieren su capacidad para cumplir las necesidades implícitas. (Val y Valtueña, 2007)

#### 2.1.4 Indicadores de desempeño

Herramienta que muestra información cuantitativa del logro o resultado de los objetivos de la institución, cubriendo aspectos cualitativos y cuantitativos.

Tipos de indicadores:

- **Indicador de eficacia:** Mide el grado de cumplimiento de un objetivo.
- **Indicador de eficiencia:** Mide la relación entre los productos y servicios generados con respecto a los insumos o recursos utilizados.
- **Indicador de calidad:** Mide atributos, capacidades o características que deben tener los bienes o servicios para satisfacer adecuadamente los objetivos del cliente.
- **Indicador de economía:** Mide la capacidad del programa para generar o movilizar adecuadamente los recursos financieros.

#### 2.1.5 Muestreo

Sirve para determinar que parte de una población debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias de dicha población.

- **Muestreo aleatorio:** En el muestreo aleatorio todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Los individuos u objeto que forma parte de la muestra se elegirán al azar mediante números aleatorios. El muestreo aleatorio puede realizarse de distintas maneras, tales como:
  - Muestreo aleatorio simple: Consiste en extraer todos los individuos al azar en una población.

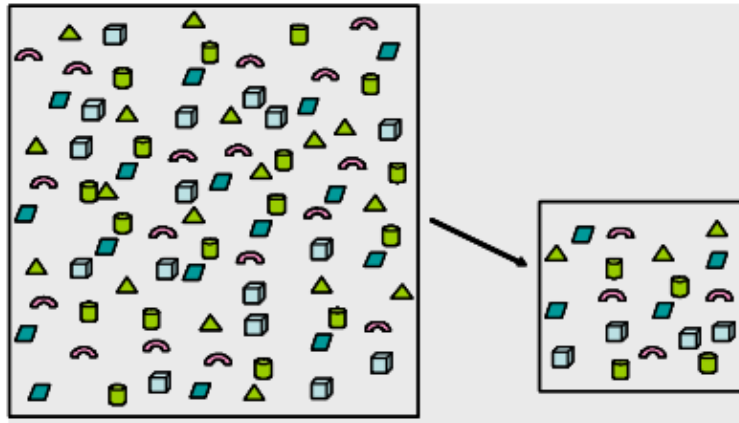


Figura 3 Representación del muestreo aleatorio simple

Fuente: (Casal, Mateu, 2003)

- Muestreo sistemático: En este caso se elige el primer individuo al azar y el resto viene condicionado por aquel.

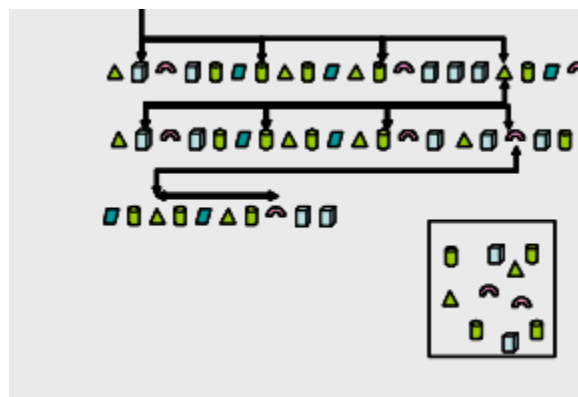


Figura 4 Representación del muestreo aleatorio sistemático

Fuente: (Casal, Mateu, 2003)

- Muestreo aleatorio estratificado: Se divide la población en grupos en función de un carácter determinado y después se muestrea cada grupo aleatoriamente, para obtener la parte proporcional de la muestra.

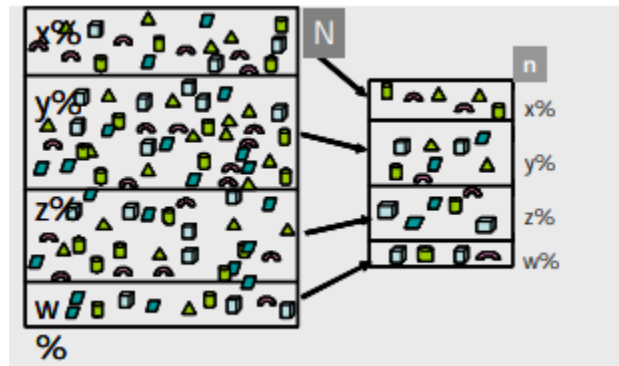


Figura 5 Representación del muestreo aleatorio estratificado

Fuente: (Casal, Mateu, 2003)

- Muestreo aleatorio por conglomerados: Se divide la población en varios grupos de características parecida entre ellos y luego se analizan completamente algunos de los grupos, descartando los demás. Dentro de cada conglomerado existe una variación importante, pero los distintos conglomerados son parecidos.

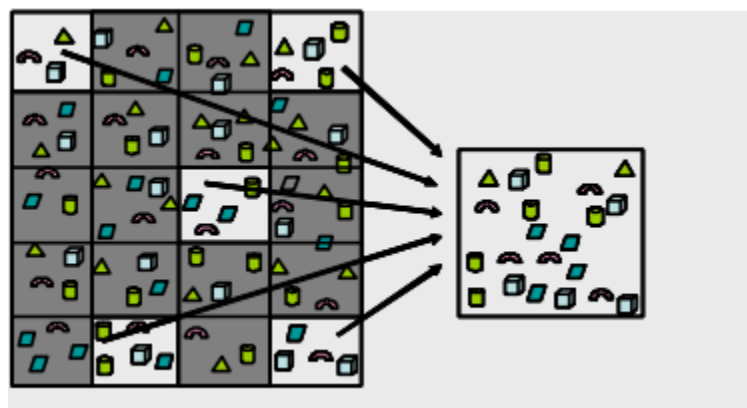


Figura 6 Representación del muestreo aleatorio por conglomerados

Fuente: (Casal. Mateu, 2003)

### 2.1.6 Muestreo de aceptación

Un muestreo de aceptación consiste en evaluar un colectivo homogéneo a través de una muestra aleatoria, para decidir la aceptación o el rechazo del colectivo.

(Ruiz y Rojas, 2006)

Se toma una muestra aleatoria del lote y se inspecciona. Si la cantidad de unidades disconformes que se detectan superan un valor predeterminado, el lote es rechazado, de lo contrario se aprueba.

### **2.1.7 Proceso**

Es cuando se transforma un material de partida en un componente con una aplicación determinada, ya sea cambiado su forma o bien de alguna de sus propiedades físicas o mecánicas con el fin de que cumpla correctamente los requisitos solicitados. (Ballesteros, 2005)

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **2.2.1 DMAIC**

El DMAIC es la una metodología usada en los proyectos de *SIX SIGMA*. Está conformada por 5 fases en las que se desarrolla técnicas y se usan herramientas para cumplir objetivos de un determinado proyecto, cada fase significa una inicial del nombre: Definir, Mediar, Analizar, mejorar y controlar.



*Figura 7* Ciclo DMAIC

Fuente: Blog de calidad. Com

- **Definir**

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en este. (Pulido,2013)

La etapa de definir es la más importante para lograr un proyecto exitoso, si se define correctamente el problema o lo que está sucediendo da como resultado que las demás etapas tengan una línea que seguir, donde ya se sabe que es lo que se quiere lograr y se empieza buscando las opciones de lo que se quiere para lograr el objetivo.

- **Medir**

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. (Pulido, 2013)

En esta etapa lo importante es medir u obtener la información necesaria para conocer realmente el problema, sin las mediciones correspondientes en un proyecto no se podría saber que es realmente lo que se quiere atacar y no tendríamos una base de comparación al finalizar la investigación que respalde lo que se realizó.

- **Analizar**

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos.

En esta etapa se analizará cada uno de los resultados que se obtuvieron en la etapa de medición, para poder llegar a la causa o causas que están provocando el problema y poder representarlo como un problema real, si se llega a un análisis satisfactorio se podrá buscar las mejoras necesarias para minimizar o en el mejor de los casos eliminar el problema.

- **Mejorar**

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema (Pulido,2013)

En la etapa de mejora se busca solucionar las causas encontradas en el análisis, dando herramientas o cambios en el proceso que permita mejorar el proceso actual, dando como resultados la reducción o la eliminación del problema.

- **Controlar**

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. (Pulido,2013)

Esta etapa es una de las que más importancia hay que darle después de haber realizado todo el proyecto, ya que nada serviría si se mide se realiza el análisis y las mejoras, pero no se controla las implementaciones, es la forma de poder evaluar el verdadero valor que dejó la mejora y al controlarlo se pueden ir viendo más puntos de mejora que ayudara a tener cada vez un proceso más satisfactorio y eficiente.

## **2.2.2 SIPOC**

SIPOC es una valiosa herramienta de *Lean Six Sigma*, que se puede aplicar en casi todos los entornos de procesamiento, desde la fabricación de gran volumen, oficinas y proveedores de servicios, hasta la atención médica. Está conformado por los suplidores, las entradas, procesos, salidas y clientes, algunos SIPOC también se le incluye requerimientos.

Crear un diagrama de SIPOC puede ayudar a un equipo ahorrar tiempo y dinero. Elimina la confusión que puede dañar un esfuerzo de mejora desde el principio; identifica problemas con el material entrante; y define el alcance de un proyecto dado, identificando claramente su inicio y puntos de parada. (The Quality Group, 2012)

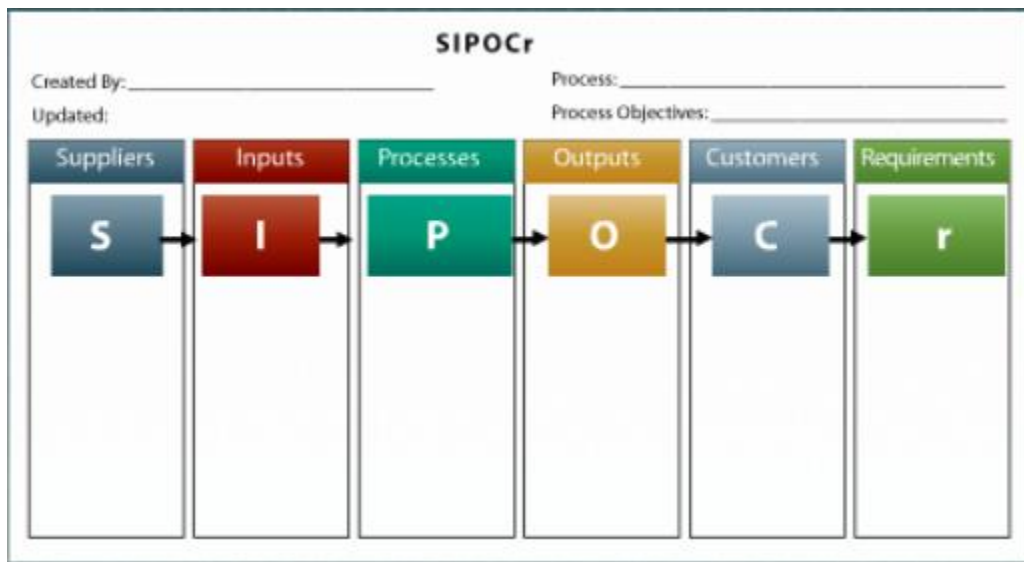


Figura 8 Representación de un SIPOC

Fuente: The Quality Group.

En la Figura 8, se puede apreciar como sería la estructura para realizar un SIPOC, iniciando con los suplidores, luego continua las entradas, luego el proceso, luego las salidas, y como componente final los clientes, esto se realiza en columnas consecutivas para mayor orden. En este ejemplo viene la casilla de requerimientos no todos los SIPOC lleva esta columna se agrega si es necesario para entender más el proceso.

### 2.2.3 Diagrama de Pareto

Gráfica de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia los diferentes problemas que se presentan en un proceso. El

diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” (Pulido, 2014)

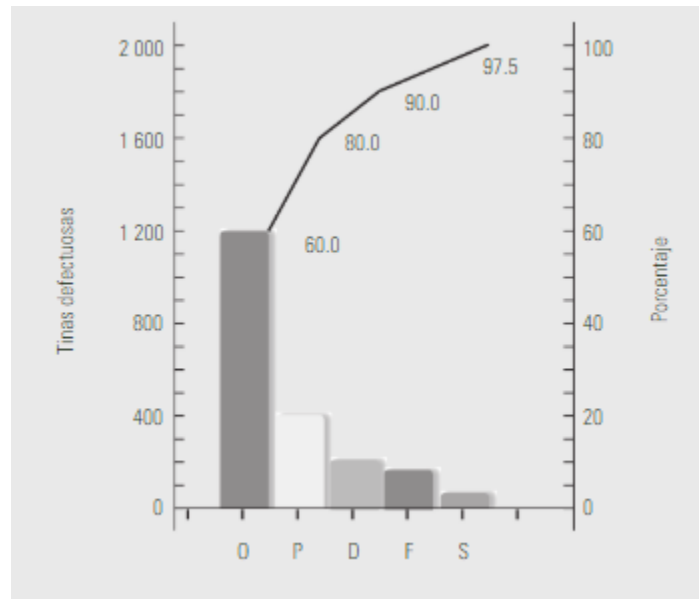


Figura 9 Diagrama de Pareto

Fuente: Pulido, 2014.

#### 2.2.4 Estudio de tiempos

Es una técnica utilizada para la medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo de una tarea definida

Con esta técnica se espera medir el tiempo que dura una persona calificada en realizar una tarea específica o también el tiempo que dura un proceso.

#### 2.2.5 Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa)

También se le conoce como diagrama de ishikawa o diagrama de espina de pescado, este diagrama utiliza lo que se le llama las 6M para analizar las posibles causas que afectan un proceso y provocan un afecto adverso, negativo o indeseable. (Guido, 2010)

Cuando ya se tienen identificado el problema, se procede a buscar las causas principales, estas van a ir divididas en lo que se conoce como las 6M: (Medición, Mano de obra, medio ambiente, máquina, método y materiales).

### 2.2.6 Diagrama de Flujo

Es una representación gráfica del flujo de un proceso a través de una serie de pasos representados con figuras geométricas y flechas que muestran la relación entre ellas.

Se trata de una herramienta que facilita el entendimiento de cada una de las fases de un proceso y su funcionamiento, permitiendo por lo tanto la facilidad de estudiarlo para mejorar sus procedimientos.






Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Figura 10 Símbolos del diagrama de flujo

Fuente: Bloc de calidad

### 2.2.7 Entrevista

Es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesto.

A través de ella el investigador puede explicar el propósito de estudio y especificar claramente la información que necesite; si hay interpretación errónea de las preguntas permite aclararla, asegurando una mejor respuesta.

Tipos de entrevista:

- Entrevista estructurada: Se caracteriza por ser rígidamente estandarizada, se plantean idénticas preguntas y en el mismo orden a cada uno de los participantes quienes deben escoger en dos o más alternativas que se les ofrecen. Para orientar mejor la entrevista se elabora un formulario que contenga todas las preguntas.
- Entrevista no estructurada: Es más flexible y abierta, aunque los objetivos de la investigación rigen a las preguntas; su contenido, orden, profundidad y formulación se encuentran por entero en manos del entrevistador. Si bien el investigador, sabe la base del problema, los objetivos y las variables elabora preguntas antes de realizar la entrevista, modifica el orden, la forma de encabezar las preguntas o su formulación para adaptarlas a las diversas situaciones y características particulares de los sujetos de estudio. (Galán, 2009)

### 2.2.8 Lluvia de ideas

El objetivo de la lluvia de ideas es generar la mayor cantidad de ideas o soluciones posibles que nos ayude atacar la causa raíz del problema. Esta herramienta se debe aplicar con un grupo de personas que estén involucrados en el proyecto, donde se estimula la participación y la creatividad para crear una lista de ideas.

### 2.2.9 Ciclo de Deming

El ciclo de Deming o también conocido el ciclo PDCA por sus siglas en inglés, es la sistemática más usada para implementar un sistema de mejora continua cuyo principal objetivo es la autoevaluación, destacando los puntos fuertes que hay que tratar de mantener y las áreas de mejoras en las que se deberá actuar.



Figura 11 Ciclo PDCA de mejora continua o ciclo de Deming

Fuente: Equipo Altran, (García 2016)

El ciclo de PDCA o de mejora continua lo componen cuatro etapas cíclicas de forma que una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo. De esta forma las actividades son revaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. Las etapas que conforman el ciclo PDCA son las siguientes:

- **Plan (Planificar):** En esta fase se trabaja la identificación del problema o actividades susceptibles de mejora, se establecen los objetivos a alcanzar, se fijan los indicadores de control y se definen los métodos o herramientas para conseguir los objetivos establecidos. (García, 2016)

Planear es la fase donde se desarrolla la línea de tiempo de cuando se van a realizar los cambios además de cómo se van a realizar estos cambios, se planea lo que se necesita realizar y de que estén listos antes de continuar a la siguiente etapa.

- **Do (hacer/ejecutar):** Es la fase donde se lleva a cabo el plan de acción, mediante la correcta realización de las tareas planificadas, la aplicación controlada del plan y la verificación y obtención de *feedback* necesario para el posterior análisis. (García, 2016)

En esta fase se realiza cada una de las actividades planeadas, se ejecutan paso a paso con su plan de control para poder verificar si está dando mejores resultados o no. Se debe llevar un orden lógico y cumpliendo las características deseadas.

- **Check (Comprobar/ Verificar):** Una vez implementada la mejora se comprueban los logros obtenidos en relación con las metas u objetivos que se marcaron en la primera fase del ciclo mediante herramientas de control.

Para evitar la subjetividad, es conveniente definir previamente cuales van a ser las herramientas de control y los criterios para decidir si la prueba ha funcionado o no. (García, 2016)

La manera de comprobar que las mejoras propuestas están dando resultados positivos, es mediante la verificación de los resultados, esto se puede realizar a través de herramientas de calidad que nos de datos para poder medir lo anterior con la mejora, y además durante la verificación se pueden encontrar nuevos puntos de mejora, lo cual es muy importante en una empresa que este en mejora continua siempre.

- **ACT (Actuar):** Es la última fase, donde tras comparar el resultado obtenido con el objetivo marcado inicialmente, es el momento de realizar acciones correctivas y preventivas que mejoren los puntos o áreas de mejora, así como extender y aprovechar los aprendizajes y experiencias adquiridas a otros casos, y estandarizar y consolidar metodologías efectivas. (García, 2016)

En la cuarta fase, después de obtener los datos de las verificaciones se empieza a actuar para corregir lo que se hizo mal o donde se empieza a realizar de nuevo el ciclo si se encuentran mejoras que se pueden realizar.

#### **2.2.10 Estandarización de procesos.**

La estandarización de procesos es un desarrollo sistemático, aplicación y actualización de patrones, medidas uniformes y especificaciones para materiales, productos o marcas.

Lo que se busca con la estandarización de un proceso es que todas las personas involucradas en el proceso lo hagan de la misma forma.

### **2.2.11 Plan de capacitación.**

Es un proceso que va desde la detección de necesidades de capacitación hasta la evaluación de los resultados. La capacitación incluye desde el objetivo, hasta la logística y el diseño, esto va en función de lo que se quiere lograr.

Cuando se realiza un cambio o mejora en algún proceso siempre es importante capacitar al personal en este nuevo cambio.

### **2.2.12 Diagrama de Gantt**

Es una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.

Es sin duda el tipo de grafico más utilizado en la gestión y planificación de los proyectos.

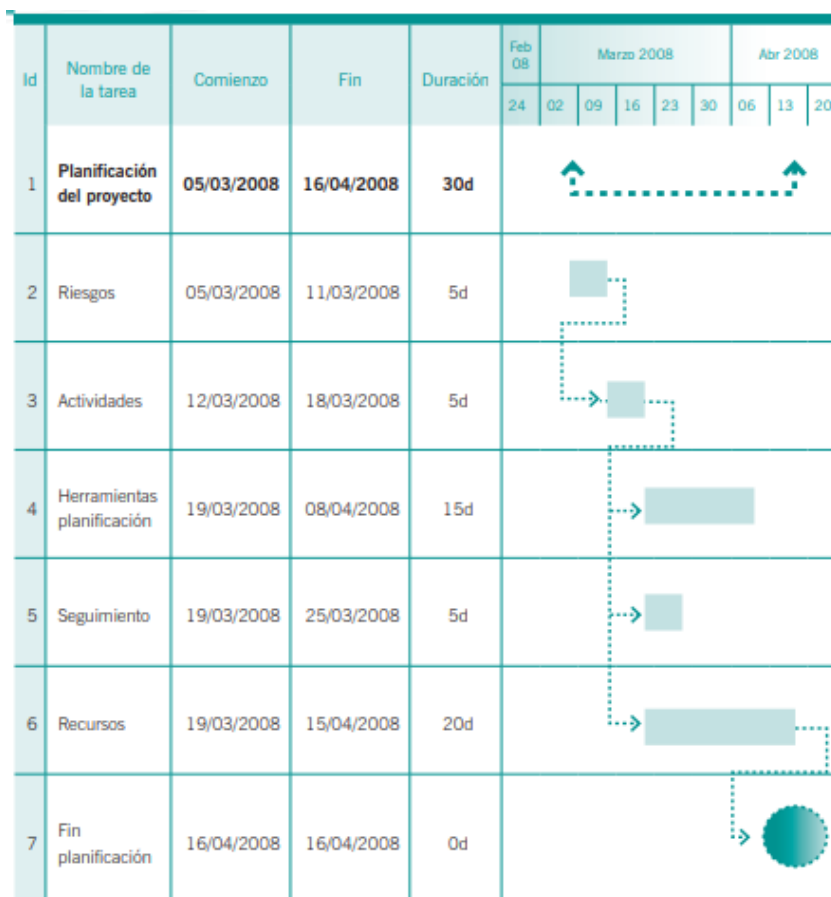


Figure 12 Diagrama de Gantt

Fuente: Guía para la elaboración de proyectos (Carrion. Berasategi, 2010)

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

### 2.3.1 Costo.

Por costo se entiende la suma de erogaciones en que incurre una persona física o moral por adquirir un bien o un servicio, con la intención de que genere ingresos en el futuro. Dicho de otra forma, un costo es un sacrificio hecho el día de hoy con la esperanza de que produzca un beneficio más adelante.

De acuerdo con el momento en el que llega el beneficio que obtenemos de un costo, estos pueden ser clasificados en tres categorías:

**Costo-activo:** Existe cuando se incurre en un costo cuyo potencial de ingresos va más allá de un periodo contable, por ejemplo, la adquisición de un edificio, maquinaria entre otras.

**Costo-gasto:** Es la parte de activo o el desembolso de efectivo que ha contribuido al esfuerzo productivo de un periodo, que comparado con los ingresos que generó da por resultados la utilidad que se obtuvo en él.

**Costo-perdida:** Es la suma de erogaciones que se efectuaron, pero que no generó los ingresos esperados, por lo que no existe un ingreso con el cual se puede comparar el sacrificio que se realizó. (Ramírez, 2018)

### **2.3.2 Reducción de costos.**

Cuando se maneja un margen de utilidades con unos ingresos constantes (ventas de difícil incremento o precios fijados por la competencia) la única alternativa viable es disminuir los costos, para mejorar la rentabilidad económica, hacia la búsqueda de un apalancamiento financiero positivo y un incremento en la rentabilidad financiera.

La reducción de costos también es una salida para las empresas industriales, que siempre tienen altos niveles de activos, es decir, deben controlar sus costos para contrarrestar la baja rotación de activos y obtener una rentabilidad económica más elevada. (Morillo, 2001)

Es el proceso que utilizan las empresas para reducir sus costos y aumentar sus ganancias.

La reducción de costos es un tema abordado en la gran mayoría de empresas, siempre se busca mejorar la rentabilidad de la empresa y la productividad, es decir producir más con lo que se tiene o producir lo mismo, pero con menos gastos.

### **2.3.3 Optimización.**

Se refiere a la forma de mejorar alguna acción o trabajo actual, es buscar la forma de mejorar el recurso de una empresa para que esta tenga mejores resultados.

La optimización en la producción se basa en el diagnóstico del estado, los equipos, utensilios y mobiliario, la evaluación del sistema de producción, el tiempo de producción y la evaluación del personal esto para mantener de forma constante mejores resultados.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.**

La mejora continua es uno de los conceptos o, mejor dicho, principios, que se mantienen inalterables en el tiempo desde los inicios de la calidad. El concepto de Mejora Continua es el principio que nos lleva a conseguir los mejores resultados en personas, clientes y negocios.

La empresa Toyota fue la primera empresa en implementar la mejora continua o lo que ellos llamaron la cultura Toyota. Toyota ha impuesto un estilo de producción que se basa en cinco valores fundamentales establecidos en 1935 por Sakichi Toyoda, valores universales aplicables en cualquier lugar por cualquier persona.

Los cinco valores de Toyota son: Retos, estar en superación constante. Kaizen, Esforzarse por mejorar continuamente. Genchi Genbutsu, ir a la fuente a observar y atender. Respeto, el respeto por las personas es el pilar sobre el que se sustenta las verdaderas organizaciones Lean. Trabajo en equipo, el éxito de una organización es conducida por la creatividad individual y el buen trabajo en equipo.

A lo largo de décadas, Toyota Motor Co. Desarrolló una cultura corporativa que era la envidia del mundo de los fabricantes. Actualmente Toyota sigue trabajando para mantener esta cultura. En el 2018, la automotriz creó un grupo de 200 empleados para administrar el Sistema de producción Toyota (SPT) y así centralizó una función que estaba repartida en toda la organización. Su tarea es evaluar que conceptos fundamentales como la Kaizen (mejoría continua) se puede aplicar a nuevas unidades, entre ellos los coches compartidos y los robots para consumidores.

A pesar de la experiencia que tiene Toyota en mejora continua y de estar desarrollando proyectos, también hay épocas donde presentan bajas en sus utilidades, donde tienen que buscar maneras de superar esos problemas. Por lo que crean estos equipos de mejora continua que estudian todos los procesos desde la investigación y el desarrollo hasta la fabricación, las ventas y el mantenimiento para aumentar la efectividad de combate de la empresa en general.

## **CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO**

### 3. MARCO METODOLÓGICO

Para desarrollar el siguiente proyecto se va a utilizar la metodología DMAIC, es una metodología de mejora empresarial estructurada, focalizada en la estadística, base de datos y sistemas de mejora, con esta metodología se podrá identificar el problema, su comportamiento, definir soluciones y poder controlarlas después de implementadas.

Tabla 3

#### Metodología DMAIC

Etapa	Actividades	Herramientas	Responsable
Definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir el problema actual del área de moldeo.</li> <li>Establecer los números de parte con mayor demanda para realizar mediciones.</li> <li>Establecer el orden de las tareas y las prioridades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama de Flujo.</li> <li>Diagrama SIPOC.</li> </ul>	Karina Guadamuz
Medir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtener el historial de tiempos de los lotes producidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de tiempos históricos.</li> <li>Entrevistas</li> </ul>	Karina Guadamuz
Analizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar el análisis del historial de tiempos.</li> <li>Realizar un análisis de causas para conocer lo que provoca los atrasos en los lotes de moldeo de los productos con mayor demanda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ishikawa</li> <li>Diagrama de Pareto</li> </ul>	Karina Guadamuz
Mejorar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crear propuestas para mejorar las causas que afectan en el atraso de los lotes de moldeo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de Deming</li> <li>Diagrama de flujo</li> <li>Prueba piloto</li> <li>Lluvia de ideas</li> </ul>	Karina Guadamuz
Controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crear una herramienta para controlar la realización de las propuestas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama de Gantt</li> </ul>	Karina Guadamuz

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

En esta etapa de la definición del problema se va a definir con la primera fase de la metodología DMAIC, la cual es definir. Este proyecto nació por la necesidad que tiene producción con cumplir las entregas a tiempos de los lotes de manufactura del área de moldeo. Actualmente este indicador está por debajo de la meta.

Al conocer la situación actual donde se están presentando atrasos en las entregas de los lotes de producción, se establece cuales números de parte producidos en moldeo son los que han tenido más demanda durante el periodo de enero a setiembre del 2019.

Teniendo los números de parte con mayor demanda se podrá enfocar la investigación en estos números de parte porque son los que realmente afectan el indicador de entregas a tiempo.

Al conocer cuáles son los números de parte con mayor demanda se va a diseñar un diagrama de flujo para cada número de parte y así obtener una representación gráfica de los procesos que los conforman y el orden que conlleva cada número de parte.

Teniendo el diagrama de flujo se realizará un diagrama de SIPOC, con esta herramienta se analizará cada uno de los factores que se ven involucrados en el proceso desde el suplidor hasta que se da la entrega al cliente. Al analizar cada uno de los factores podemos llegar a la conclusión de cuál es el factor o los factores que están afectando realmente el proceso, al definir este factor se va a tener un panorama más claro de lo que se va a atacar para lograr las entregas a tiempo en el área de moldeo.

A partir de estas herramientas se llega al punto más importante, definir cuál es el principal problema que está presentando el departamento de moldeo y empezar a establecer las tareas y prioridades para llegar a las soluciones del problema definido.

Tabla 4

*Herramientas para la definición del problema*

Herramientas para la definición del problema
Diagrama de Flujo
SIPOC

Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa de la investigación se van a utilizar como herramientas, el diagrama de flujo para conocer las operaciones y el orden que conforma el proceso de moldeo y el diagrama de SIPOC para poder conocer con mayor exactitud las entradas, el proceso y las salidas que conforman el área de moldeo.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO.**

Esta etapa se realiza con la segunda fase de la metodología DMAIC, medir, en donde ya definido el problema se toman datos cuantitativos que son de suma importancia para poder contemplar la situación actual con datos.

Se extraerá información de la base de datos acerca de los tiempos de entrega que han presentado los números de parte con mayor demanda de enero a setiembre del 2019 para realizar la medición de tiempos con historial.

Con base al historial se realizará la medición de tiempos por operación para determinar cuánto se dura en la operación de sobre moldeado, en la operación de inspección por manufactura y en la operación de inspección por calidad para poder determinar con data histórica cual es la operación que presenta más atrasos.

Se van a realizar entrevistas para conocer la situación actual del proceso, desde el punto de vista de los trabajadores involucrados en el proceso de moldeo.

Con los tiempos históricos y con las entrevistas realizadas al personal nos dará el enfoque de cual operación o cuales operaciones son las que están representando más atrasos en el proceso de moldeo. Con estos datos se puede iniciar la siguiente etapa donde el análisis se enfocará en los resultados obtenidos y así poder obtener las causas que provocan estos atrasos.

Tabla 5

*Herramientas para la medición y respaldo cuantitativo*

Herramienta para la medición y respaldo cuantitativo
Evaluación de tiempos históricos.
Entrevistas

Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa del proyecto vamos a utilizar como herramientas, la evaluación de tiempos históricos para recolectar datos y las entrevistas para poder conocer el panorama actual en el área de moldeo.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO PRODUCTO O SERVICIO.**

Esta etapa se realiza con la tercera fase de la metodología DMAIC, analizar, donde ya determinado cual operación del proceso de moldeo es la que dura más, según la data recolectada, se va a analizar este proceso para recolectar la información de las causas que provocan el atraso en las entregas de los lotes de moldeo y así poder tomar decisiones de mejoras según a estos resultados.

Al ya tener el proceso con más duración, se realizará una lluvia de ideas con los involucrados en el proceso de moldeo para conocer las situaciones que ellos creen que afectan este proceso provocando los atrasos.

Cuando ya se tiene recolectado todas las posibles causas que pueden provocar estos atrasos, se clasifican según las 6M (Medición, Mano de obra, Medio Ambiente, Máquina, Método, Materiales). Al ya tener su clasificación se ubican en el diagrama de causa y efecto para verlo de una manera más representativa.

También se utilizará un diagrama de Pareto para determinar cuáles de esas causas entra entre el 80/20, las causas que están dentro del 80% serán las que están afectando más el proceso y son las que tienen que ser solucionadas.

Tabla 6

*Herramientas para la propuesta de mejora.*

Herramienta para la propuesta de mejora
Lluvia de ideas
Diagrama de Causa- Efecto/ Diagrama de Ishikawa
Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa del proyecto se utilizarán como herramientas para conocer las mejoras que se deben realizar, la lluvia de ideas para poder saber cuáles son los factores que influye en el proceso de moldeo, diagrama de Ishikawa donde se van a clasificar cada una de las causas y un Diagrama de Pareto para poder conocer cuales causas son las que más afectan el proceso de moldeo y así solucionarlas.

### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

Para la cuarta fase de la metodología DMAIC, la fase de implementación se va a utilizar el ciclo de Deming para poder realizar una implementación más robusta. En esta fase del proyecto se pretende dar propuestas para mejorar las causas que están dando como resultado el atraso en la liberación de los lotes de producción en el área de moldeo.

El ciclo de Deming está conformado por 4 etapas: Planificación, Hacer, Verificar y actuar. Para implementar las propuestas se va a iniciar con la planificación de cómo y cuándo se van a realizar las mejoras según cada una de las causas encontradas en la fase de análisis.

Posterior a la planificación, donde ya se tiene lo que se va a realizar se empieza a ejecutar la fase de hacer, donde se va a realizar un plan piloto para poder verificar que

cada una de las propuestas funcionan de la forma esperada y conocer el comportamiento que tienen estas mejoras en el proceso y obtener un aproximado de la reducción de los tiempos si los hay, además de que si presenta mejoras en el flujo y en la calidad del producto.

Al finalizar el plan piloto, se inicia la tercera fase del ciclo de Deming la cual es verificar, donde se verificaría los tiempos y resultados que arroja el plan piloto, si se alcanza los puntos de mejora o si hay algo que mejorar o si no se lograron los objetivos.

Después de verificar los resultados se inicia la fase actuar, donde si el plan piloto brindó datos satisfactorios se inicia a implementar en los otros números de parte o se empieza a crear nuevas propuestas para mejorar lo que no se cumplió y así sucesivamente con cada mejora.

Tabla 7

*Herramienta para la implementación del proyecto*

Herramienta para la implementación del proyecto
Ciclo de Deming
Diagrama de Flujo
Prueba piloto

Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa de implementación se utilizarán las siguientes herramientas, ciclo de Deming para poder crear una implementación de forma ordenada, diagrama de flujo para conocer el flujo propuesto para mejorar el proceso y la prueba piloto para comprobar que las posibles soluciones son satisfactorias

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.**

En la etapa de verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados se utilizará la última fase que conforma la metodología DMAIC, controlar. Esta etapa es de las que más importancia hay que darle después de la investigación para asegurar que se cumpla cada una de las propuestas.

Se realizará un diagrama de Gantt para poder llevar el orden de las tareas a realizar y los tiempos en los que se tienen que ir realizando para poder cumplir con la solución del proyecto.

Al darle seguimiento a un proyecto y tomar datos con las mejoras implementadas se puede ir observando que tanto beneficio trae a la empresa este nuevo cambio y si hay oportunidades de mejora que solo estando ya en proceso se pueden observar.

En este proyecto se desea seguir controlando, creando estandarización de procesos, al ya encontrar la mejora que nos ayude a crear un sistema más eficiente, se capacitará a todo el personal que vaya a estar involucrado en el departamento de moldeo para que realicen el trabajo siempre de la misma manera, se actualizarían los perfiles de trabajo por agregar o eliminar tareas según la mejora.

En toda empresa siempre es importante estar innovando, buscando la eficiencia, la eficacia y la calidad en los procesos por lo que es importante estar dándole seguimiento día a día para poder obtener esos puntos de mejora, cumpliendo indicadores y observando resultados favorables para la empresa.

Tabla 8

*Herramientas para la verificación, aseguramiento y control.*

Herramienta para la verificación, aseguramiento y control
Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración Propia.

En la última etapa de la investigación se realizará un diagrama de Gantt para poder darle seguimiento a las tareas necesarias, el orden y fechas para poder llegar al objetivo de darle solución al problema

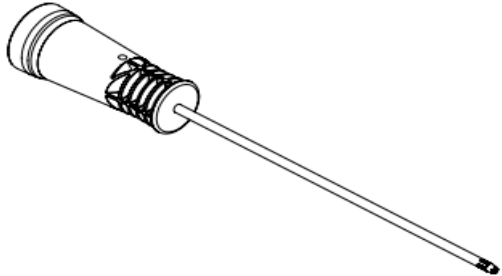
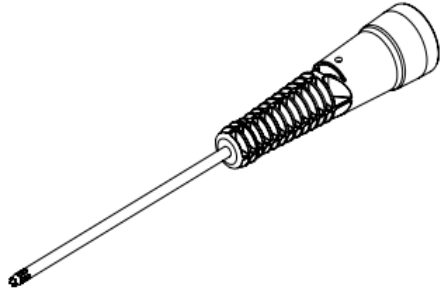
## **CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

#### 4.1 Diagnóstico de la situación actual.

La ejecución de este proyecto consiste en analizar el proceso actual del departamento de moldeo en la empresa Tegra Medical en Costa Rica, con el objetivo de minimizar los tiempos de entrega de los lotes a los clientes.

En la empresa Tegra Medical se realizan diversos componentes, desde productos que solo llevan mecanizado metálico y otros que llevan el proceso extra de sobre moldeo. Este proyecto se enfocará solamente en los productos que se desarrollan en el área de moldeo, lo cual están representados en las siguientes tablas:

Tabla 9  
Dispositivos Med1 y Med3

Número de componente	Materia prima	Imagen
Med1	Resina blanca inserto metálico con punta de corona.	
Med3	<b>Resina blanca, inserto metálico grueso con punta de corona.</b>	

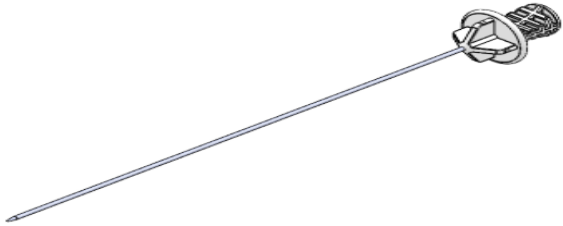
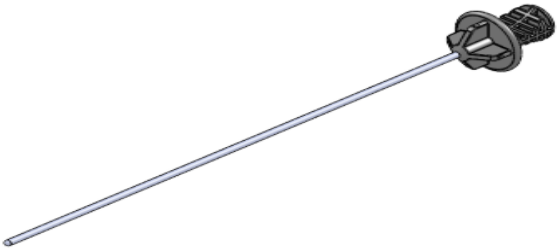
Fuente: Sistema QCBD

El Med1 y el Med3 son números de parte muy similares que se elaboran en el área de moldeo, el Med1 está conformado por un inserto metálico número de parte TEG-MED1-CR que es un tubo delgado de acero inoxidable con una punta en forma de corona, este inserto entra a moldeo como materia prima donde por medio de un molde y resina blanca se elabora la parte sobre moldeada su función es servir de agarradera para manipular el dispositivo.

El Med3 está conformado por un inserto metálico número de parte TEG-MED3-CR que es un tubo de acero inoxidable grueso con una punta en forma de corona, este inserto entra a moldeo como materia prima donde por medio de un molde y resina blanca se elabora la parte sobre moldeada esa sección del dispositivo es más larga que la del Med1, pero tiene la misma función de servir de agarradera para manipular el dispositivo.

Tabla 10

*Dispositivos Med2 y Med4*


Número de componente	Materia prima	Imagen
Med2	Resina blanca inserto metálico delgado con punta.	
<b>Med4</b>	<b>Resina blanca, inserto metálico con punta redondeada.</b>	

Fuente: Sistema QCBD

El Med2 y Med4 son números de parte muy similares, la parte sobre moldeada es igual en ambos números de parte, lo que cambia son los insertos metálicos que entran como materia prima al área de moldeo, el inserto metálico del Med2 es el TEG-MED2-CR este es una barra de acero inoxidable delgada con una punta y el inserto metálico del Med4 es el TEG-MED4-CR es una barra de acero inoxidable delgada con una punta redondeada. Ambos insertos son unidos con otro componente por el cliente.

Tabla 11

Dispositivo Med5


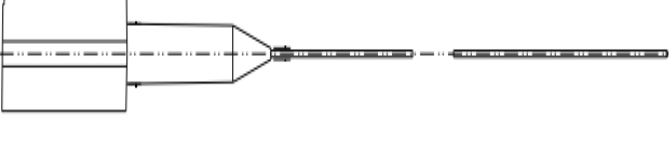

Número de componente	Materia prima	Imagen
Med5	Resina Blanca transparente, inserto delgado con ventana.	

Fuente: Sistema QCBD

El dispositivo Med5 no es similar a otros que se producen en el área de moldeo, este está conformado por un inserto metálico TEG-MED5-CR que se realiza en el departamento de metales, lo cual es un tubo metálico muy delgado que tiene una ventana, entra como materia prima al área de moldeo, aquí por medio de un molde y resina blanca casi transparente se le realiza el sobre moldeo que sirve de agarradera para manipular el dispositivo.

Tabla 12

Dispositivos Med6, Med7 y Med8

Número de componente	Materia prima	Imagen
Med6	Resina azul, inserto metálico delgado con ángulo.	
Med7	Resina verde, inserto metálico delgado sin ángulo.	
Med8	Resina verde, inserto metálico delgado de gran longitud sin ángulo.	

Fuente: Sistema QCBD.

Los dispositivos Med6, Med7 y Med8 son dispositivos muy similares, el Med6 está conformado por un inserto metálico TEG-MED6-CR conocido como hilo ya que es muy delgado que termina con un ángulo, este ingresa a moldeo como materia prima, por medio de un molde y resina Azul se le realiza la parte sobre moldeada este dispositivo se diferencia de los otros por la circunferencia que tiene a un lado.

El Med7 y Med8 son iguales en la parte sobre moldeada se realizan con el mismo molde y la misma resina color verde, lo que tienen diferente es el inserto metálico, el Med7 usa el inserto metálico TEG-MED7-CR es un hilo delgado sin ángulo, el Med8 usa el inserto metálico TEG-MED8-CR es un hilo delgado sin ángulo, pero más largo que el Med7.

Por medio de las tablas se pudo conocer los dispositivos que se realizan el área de moldeo y la materia prima que utiliza cada uno de ellos.

Al conocer los dispositivos que se elaboran en el área de moldeo, se realizó un conteo de las cantidades producidas desde enero a setiembre del año 2019 para cada número de parte y así conocer las demandas que tuvieron estos números de parte, a continuación, podemos conocer la demanda que hubo durante este periodo.

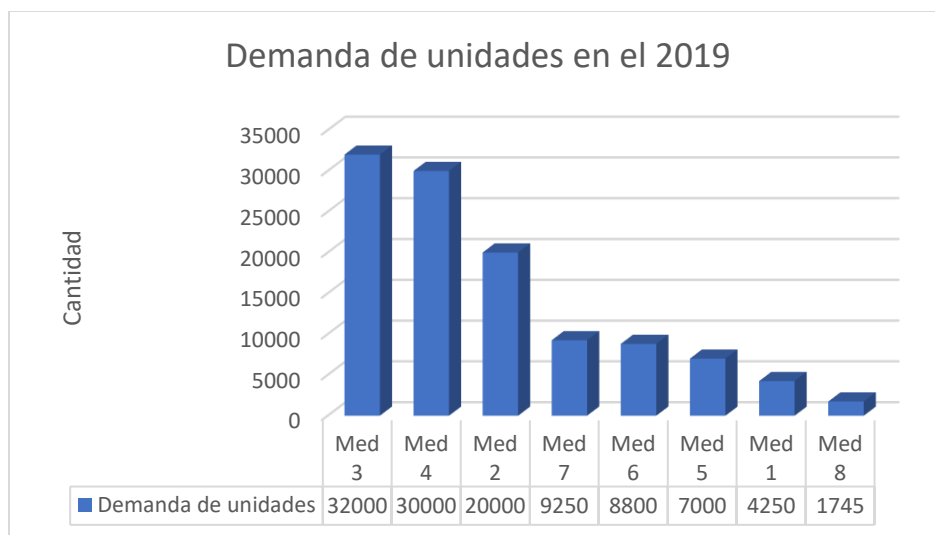
Tabla 13

*Demanda de unidades por producto en el periodo de enero a setiembre del 2019*

<b>Producto</b>	<b>Demanda de unidades</b>
Med1	4250
Med2	20000
Med3	32000
Med4	30000
Med5	7000
Med6	8800
Med7	9250
Med8	1745

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 se puede observar, que los números de parte que han tenido más demanda son primeramente el Med3 con una demanda de 32000 unidades, seguidamente el Med4 con 30000 unidades y luego el Med2 con 20000 unidades, los demás números de parte que se observan en la tabla han tenido una demanda mucho menor como el Med8 obteniendo una demanda de 1745 en el periodo de enero a setiembre del 2019.



*Figura 13* Demanda de unidades por producto

Fuente: Elaboración propia

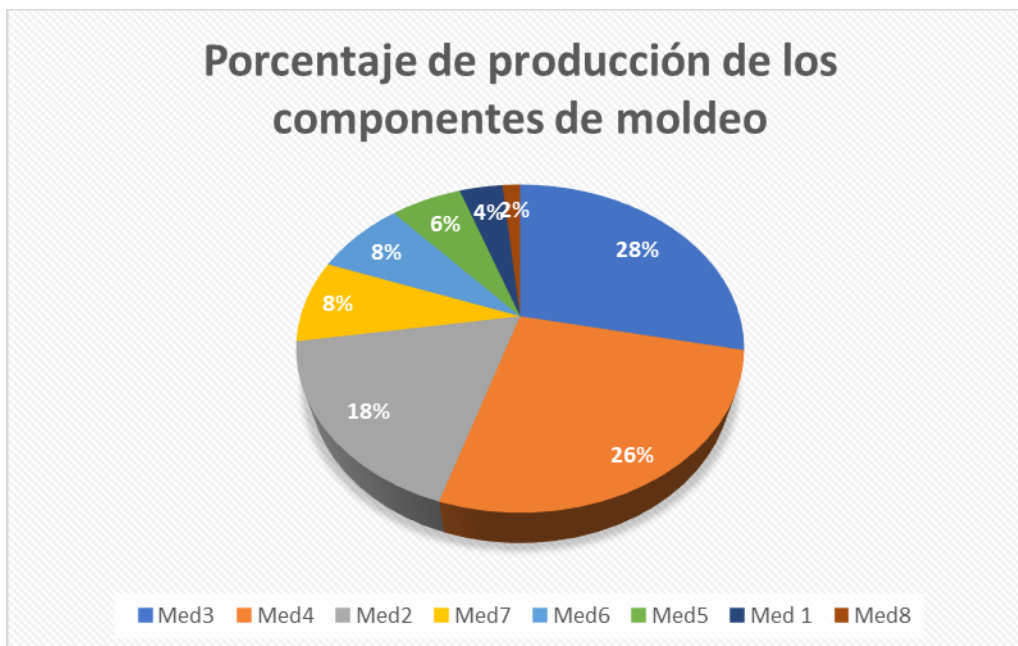
Moldeo es un área muy nueva en la empresa Tegra Medical, inició en el 2018, durante ese año se realizaron todos los procesos requeridos para validar el producto, hasta el presente año inicio la producción por solicitud del cliente. Aunque la demanda de moldeo no ha sido de grandes cantidades, se pueden apreciar cuales han sido los de mayor demanda. En la figura 13 se puede apreciar de mayor a menor los números de parte que han tenido más demanda, siendo el Med3 el de mayor demanda seguido por el Med4 y así descendientemente hasta llegar al Med8 con menor demanda.

Tabla 14  
*Porcentaje de aporte de los números de parte a la producción de moldeo*

Producto	Demanda de unidades	%
Med1	4250	4%
Med2	20000	18%
Med3	32000	28%
Med4	30000	26%
Med5	7000	6%
Med6	8800	8%
Med7	9250	8%
Med8	1745	2%
Total=		100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 podemos observar el porcentaje de la demanda de cada uno de los números de parte para obtener el 100% de la demanda que se tuvo en los meses de enero a setiembre, se puede apreciar que los que tuvieron mayor porcentaje de demanda son primeramente el Med3, segundo el Med4 y tercero el Med2 siendo los principales representantes de producción del departamento de moldeo.



*Figura 14* Porcentaje de producción de los componentes de moldeo.

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede observar que el Med3 conforma el 28% de la producción y el Med4 conforma el 26% siendo estos números de parte los de mayor demanda conformando el 54% de la producción de moldeo. Por lo que la investigación de este proyecto se enfocará en estos dos productos ya que así podríamos disminuir el tiempo en los productos que tienen más demanda.

### 4.1.1 Descripción del proceso Med3

El proceso del Med3 está conformado por 13 pasos, los cuales están divididos en: 7 pasos para el inserto, estos son desarrollados en el área de metales, 4 pasos para la parte moldeada, estos desarrollados en el área de moldeo y 2 pasos para la liberación y envío del material, estos desarrollados en el departamento de calidad y envíos.

En el siguiente diagrama de flujo podemos observar desde que inicia el proceso, hasta cuando se envía el material.

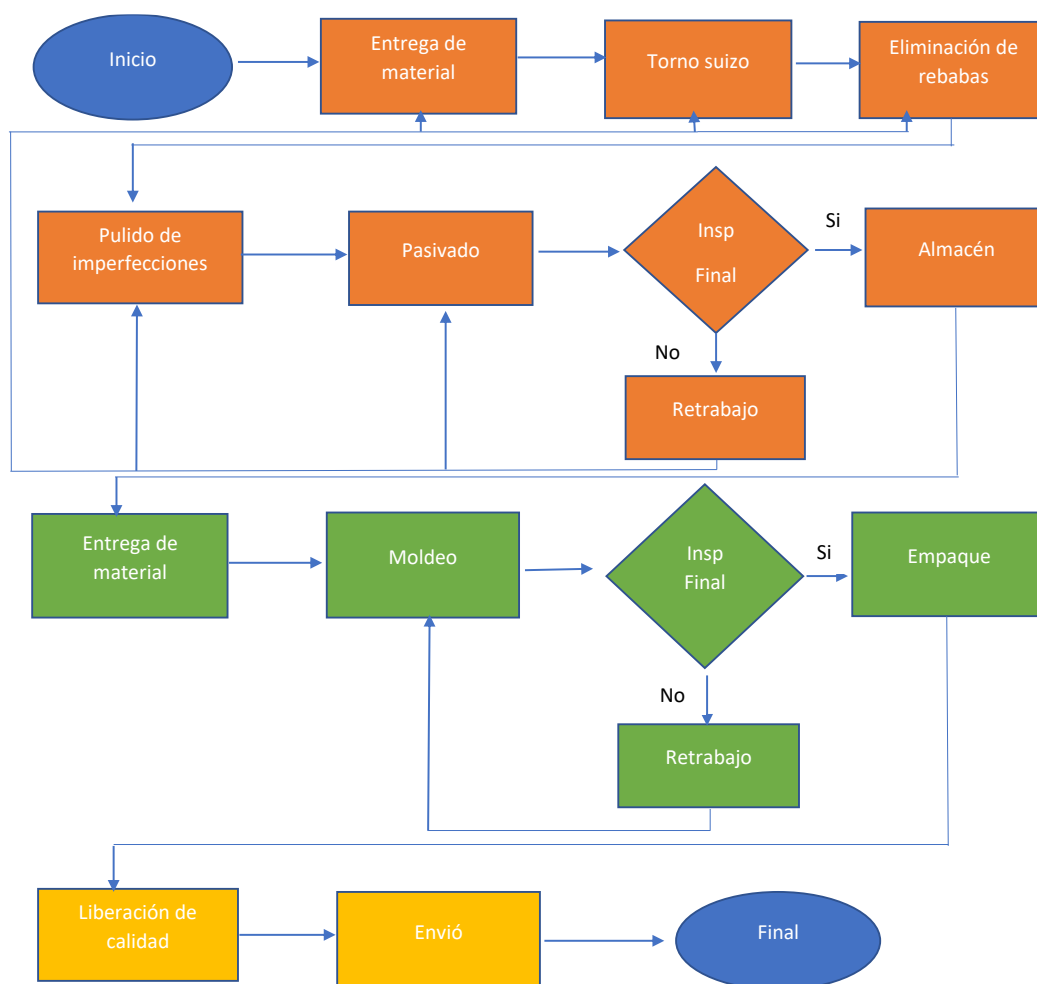


Figura 15 Diagrama de Flujo del componente Med3

Fuentes: Elaboración Propia

En la figura 15 podemos ver todo el proceso que lleva el producto Med3, desde que inicia el proceso del inserto metálico representado en color anaranjado, posteriormente el proceso de moldeo representado en color verde y finalmente la liberación y el envío representado en color amarillo.

Es importante destacar que el área de estudio de este proyecto es el área de moldeo, pero es necesario conocer los pasos que conlleva el material antes de llegar al área de moldeo, ya que este inserto entra como materia prima al área de moldeo.

Este inserto metálico que se utiliza en el producto Med3 está conformado por 7 operaciones, llámese operaciones cada uno de los cuadros que podemos observar en la figura 15 de color naranja, donde algunas de estas operaciones se le realiza una inspección por parte del operario en línea con la producción de la máquina.

Esta inspección se realiza a través de una formula y dependiendo del AQL asociado que pide la medida a realizar, donde se necesita el tamaño del lote y el tamaño del muestreo que se debe realizar y este da el resultado de cada cuanto hay que sacar una muestra.

Formula

Ejemplo

$$\frac{\text{tamaño del lote}}{\text{tamaño de muestra}} = \text{Sacar muestra}$$

$$\frac{2000}{42} = 48.$$

R/ Cada 48 unidades realizadas saco una muestra

En la operación de entrega de material, se realiza la preparación de la materia prima necesaria para la elaboración del inserto para el producto Med3, para este producto se entregan barras de acero inoxidable largas, las necesarias para cumplir con la cantidad requerida del lote de producción.

En la operación de Torno suizo es donde se realiza el corte de las barras entregadas de acuerdo con el tamaño requerido según el inserto, más otras características que le da forma a este, el operario cada cierta cantidad producida saca una muestra y le realiza una inspección para poder verificar que el proceso va cumpliendo los requerimientos y por ende que sea estable, según la formula mencionada.

Posterior al proceso de Torno suizo sigue el proceso de eliminación de rebabas, donde ya viene el inserto con el tamaño y forma requerida, a este se le hace un proceso para eliminar la viruta que queda cuando cortan en el material, aquí no se le hace ninguna inspección al material por parte de los operarios.

Cuando se termina la operación de eliminación de rebabas continua la operación de pulido de imperfecciones, se le hace un pulido al inserto con unas piedras específicas según el material. En esta operación el operario tiene que realizar la inspección según la formula mencionada.

Después de la operación de eliminación de rebabas sigue la operación de pasivado, donde se le hace una limpieza general a la pieza para eliminar grasa, aceite, aditivos o suciedad que pueda tener la pieza, en esta operación no se le realiza inspección por parte del operario.

Posterior de terminar la operación de pasivado continua la inspección final donde el departamento de calidad le hace las medidas finales y le da la aprobación al producto. Las inspecciones que se realizan en cada operación son para ir verificando que el material esta conforme según los criterios del cliente.

Si en la operación de inspección final encuentran alguna característica que no cumple con los requerimientos se le hace un retrabajo para corregir el error, esto lo devuelven a la operación donde se realizó mal, puede volver a una operación en específico y volver a calidad o puede ser que tenga que volver a realizar varias operaciones antes de volver a calidad

Posterior a que se realice el retrabajo en la operación u operaciones necesarias vuelve a calidad para volver a ser inspeccionado y al pasar la inspección ya se da la aprobación final por parte de calidad.

Después de la aprobación por parte de Calidad Final, el material es almacenado en bodega, este pasa a ser materia prima. Cuando en el área de moldeo que está conformada por 4 operaciones representadas de color verde, en la figura 15, necesita fabricar Med3 inicia con la operación de entrega de material, donde se da la materia prima que son los insertos metálicos y la resina requerida para el Med3.

Posterior a la entrega del material, inicia la operación de moldeo donde los operarios de moldeo trabajan la máquina y ellos deberían ir realizando la inspección del material, pero el proceso de colocar las piezas en la máquina no les permite realizar este proceso por lo que realiza la inspección cuando terminan de hacer la producción, luego pasa a la inspección final donde le dan la aprobación final al componente terminado. Se empaca y se realiza el envío al cliente.

#### **4.1.2 Diagrama de flujo Med4**

El proceso del Med4 está conformado por 14 pasos, los cuales están divididos en: 8 pasos para el inserto, estos son desarrollados en el área de metales, 4 pasos para la parte moldeada, estos desarrollados en el área de moldeo y 2 pasos para la liberación y envío del material, estos desarrollados en el departamento de calidad y envíos.

En el siguiente diagrama de flujo podemos observar desde que inicia el proceso, hasta cuando se envía el material.

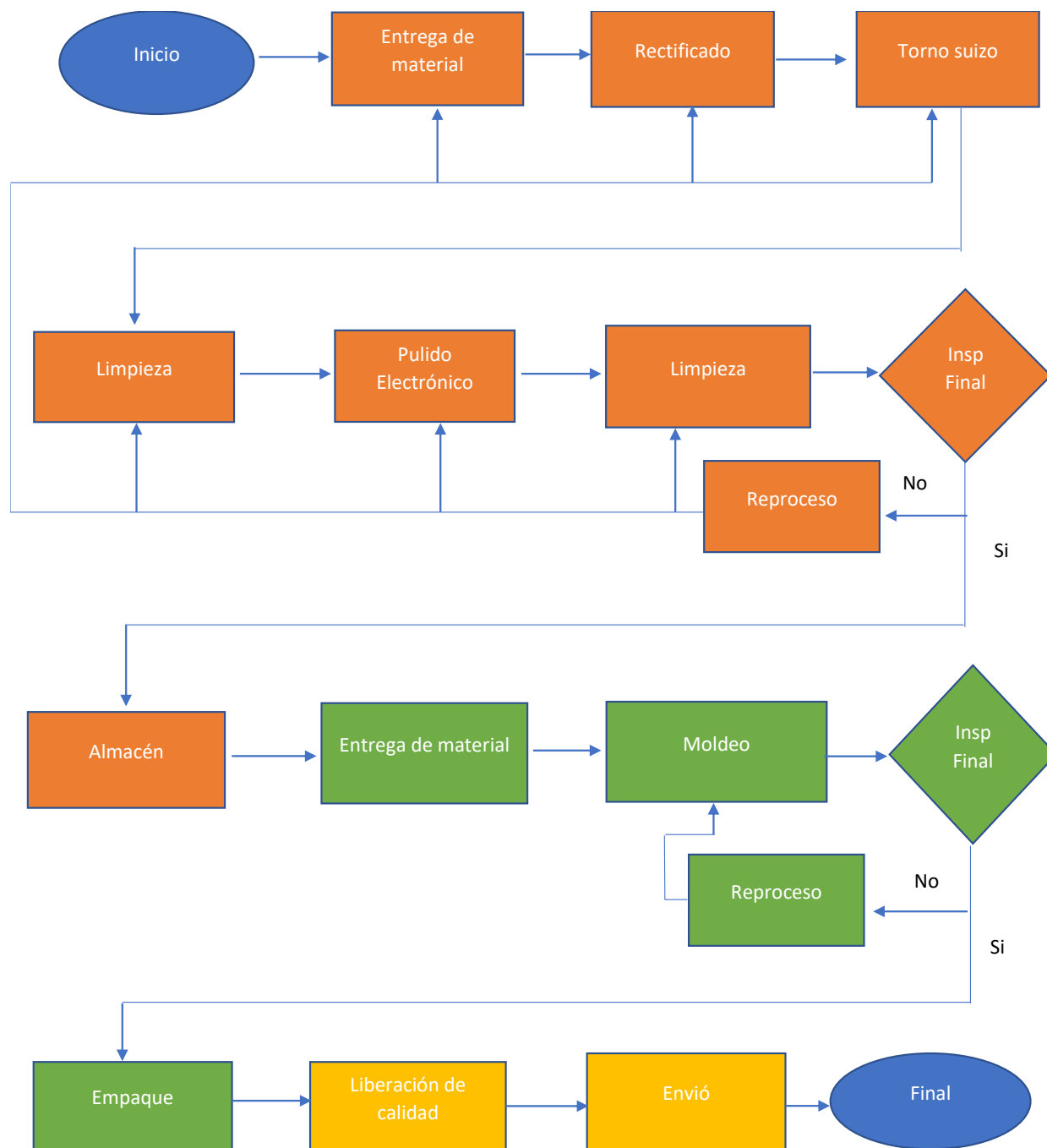


Figura 16 Diagrama de Flujo de componente Med4

Fuentes: Elaboración Propia

Los productos solo cambian sus operaciones en el área de metales, esto debido a que los insertos tienen características diferentes entre ellos, en el área de moldeo, aunque el

producto lleve características diferentes, las operaciones son las mismas, lo que cambia en el proceso es el molde de la máquina y los parámetros que utiliza la máquina.

En la figura 16 se muestra todo el proceso que lleva el producto Med4, desde que inicia el proceso del inserto metálico representado en color anaranjado, posteriormente el proceso de moldeo representado en color verde y finalmente la liberación y el envío representado en color amarillo.

Este inserto metálico que se utiliza en el producto Med4 está conformado por 8 operaciones, representadas en la figura 16 de color anaranjado, donde algunas de estas operaciones igualmente que el Med3 se le realiza una inspección para verificar que el proceso cumpla con las características requeridas.

El proceso inicia con la entrega del material, donde preparan el material necesario para poder cumplir con la cantidad requerida según el lote de producción, para este producto entregan barras largas de acero inoxidable para poder fabricar los insertos del Med4.

Posteriormente de la operación de entrega de material, sigue la operación de rectificado, esta operación es necesaria cuando las barras no tienen la dimensión requerida, por lo que se entregan barras de una dimensión mayor a la necesaria y se ingresa en una máquina donde por medio de una piedra le va removiendo material hasta dejarla con la dimensión requerida. En esta operación, los operarios cada cierta cantidad de piezas realizadas sacan un muestreo para verificar las dimensiones del material.

Luego, pasa a la operación de torno suizo donde entran las barras ya con la dimensión necesaria, aquí se cortan del largo requerido y se le da forma según las características solicitadas para el producto. En esta operación los operarios cada cierta cantidad de

piezas sacan un muestreo para verificar que las dimensiones son las correctas y el proceso es estable.

Continúa la operación de limpieza, donde se le realiza un baño donde remueven suciedad, grasa, aceites y otros residuos que puede tener el material. En esta operación los operarios no tienen que realizar ninguna inspección. Las piezas se limpian para poder pasarlas a la siguiente operación de electropulido donde se ingresa en un tanque y se pulen las piezas por medio de electricidad, aquí los operarios realizan una inspección para verificar que el diámetro después del electropulido no sea menor según la especificación.

La última operación del proceso es otra limpieza para eliminar cualquier sustancia que pueda quedar en la pieza después de ser electropulida, aquí no se realiza ninguna inspección por parte de los operarios.

Después de haber terminado todos los procesos, pasan a inspección de calidad donde le realizan una serie de medidas para poder dar la aprobación final del producto. Después de que el producto es aprobado por calidad es almacenado en bodega, este pasa a ser materia prima. Cuando en el área de moldeo que está conformado por 4 operaciones representadas de color verde, en la figura 16, necesita fabricar Med4 inicia con el proceso de moldeo y de liberación igual que el Med3.

### 4.1.3 Diagrama de flujo del proceso de moldeo.

En los diagramas de flujos anteriores se pudo observar las diferentes operaciones que lleva la fabricación de los insertos metálicos, que entran como materia prima al área de moldeo. En el siguiente diagrama de flujo podemos observar el proceso de moldeo más detallado.

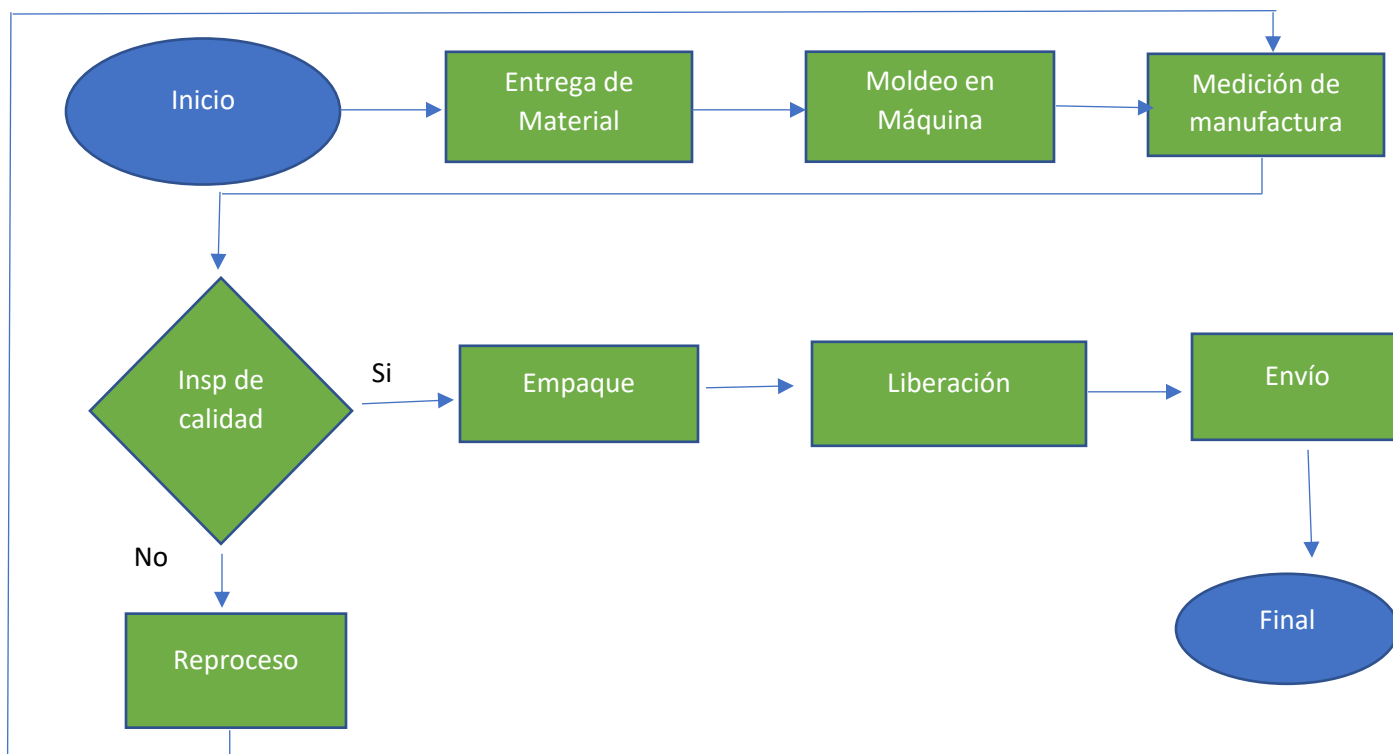


Figura 17 Diagrama de Flujo del área de moldeo

Fuentes: Elaboración Propia

El proceso de moldeo inicia con la entrega del material requerido según el número de componente, los insertos metálicos entran como materia prima más la resina requerida según el producto.

Cuando ya se tiene la materia prima necesaria inicia el proceso de moldeo en máquina, donde los operarios coloca el molde según el número de parte que se va a fabricar,

ingresan los parámetros según la especificación del producto e inician con la producción, aquí los operarios tienen que colocar los insertos en un fixture, que lo que hace es centrar los insertos en la distancia que tienen que ir para que el sobre moldeado quede correctamente.

Inicia el proceso de moldeado que consiste en la inyección de resina (Plástico) en un molde junto con los insertos metálicos. El tiempo de ciclo es dependiendo al número de parte, para el Med3 que es uno de los de mayor demanda el tiempo de ciclo es de 71.00s y el del Med4 que es el que le sigue con mayor demanda es de 44.00s, la rentabilidad del proceso es dada por la corta duración del ciclo. Es decir, se pueden producir muchas piezas por hora. Es bueno aclarar que en Tegra Medial los tiempos de ciclos son calculados según pieza construida más pieza medida.

Sin embargo, se necesita que el operario este poniendo los insertos metálicos en un fixture y colocándolos dentro de la máquina y quitando la pieza cuando ya está sobre moldeada por lo tanto no puede realizar la inspección mientras la máquina produce, lo que ellos hacen es ir sacando una pieza de cada cavidad cada cierta cantidad de piezas.

Cuando termina de producir la cantidad total del lote, el operario toma todas las muestras que sacó y le va a realizar la inspección por parte de manufactura, aquí realizan la medición de las medidas críticas más las de referencia que tiene el plano que provee el cliente, cuando terminan de realizar las medidas manufactura le avisa a calidad para que ellos procedan con el siguiente muestreo.

Calidad de manufactura realiza las mismas medidas críticas que realizó manufactura, pero esta vez para ya dar la aprobación final del lote para su venta. Si en la operación

de calidad de manufactura se encuentra algo fuera de especificación, se realiza un retrabajo para eliminar el error y vuelve a la operación de medición para verificar que ya quedo bien el dispositivo. Cuando ya se verificó que cumple los requerimientos establecidos por el cliente vuelve a calidad final para dar su aprobación final del producto y liberarlo.

Se pasa a la operación de empaque donde se hace el empaque final con el que se le envía al cliente, se da la liberación de la documentación y se realiza el envío al cliente, aquí termina el proceso de moldeo.

Otra manera de conocer el proceso actual de moldeo es mediante la herramienta SIPOC, que lo presenta como un sistema completo en su visión general desde el suplidor, las entradas, hasta las salidas y el cliente.

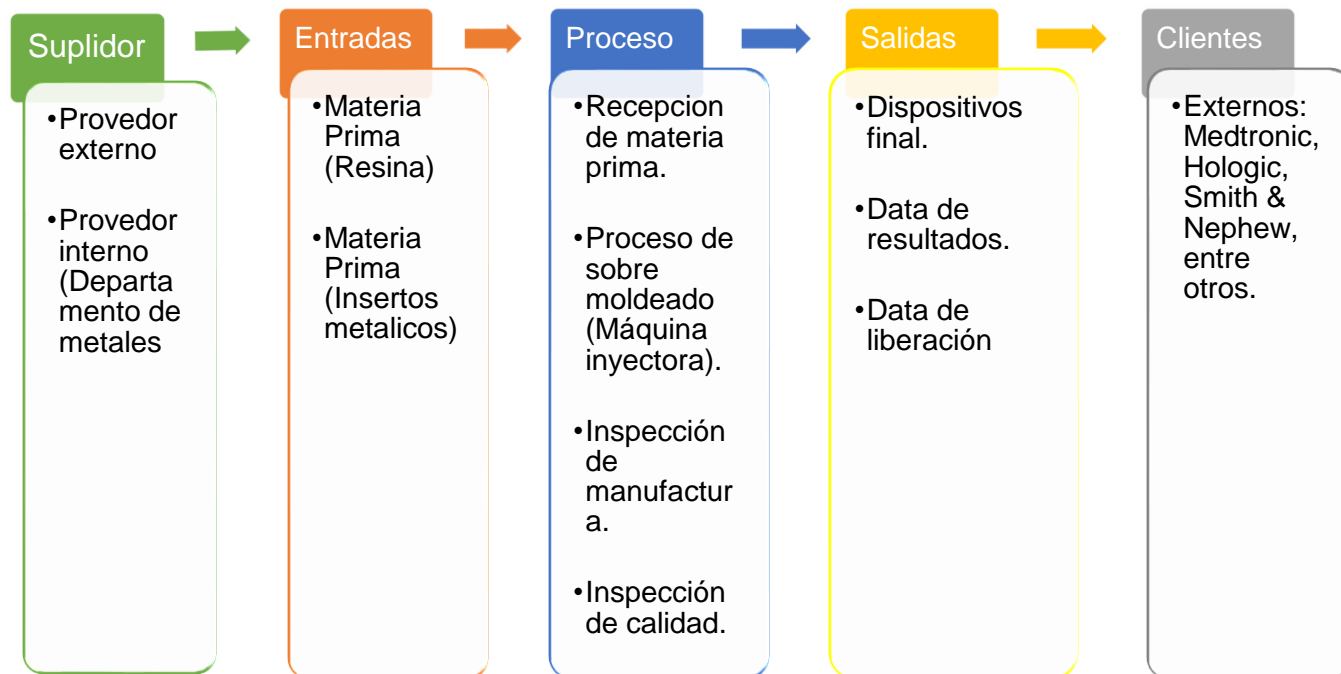


Figura 18 Diagrama de SIPOC del proceso de moldeo  
Fuente: elaboración propia

Con este diagrama de SIPOC podemos observar todo lo que conlleva el proceso de moldeo desde sus proveedores, uno de ellos es externo como el que suministra la resina y el otro son proveedores internos de la empresa como es el área de metales que suministran los insertos que se utilizan en la máquina. El suplidor externo siempre provee material a Tegra Medical cada vez que el punto de reorden lo solicita este material es la resina por lo que siempre tienen material en bodega para suplir la demanda.

El suplidor interno que es el departamento de metales siempre inicia la producción programada con anticipación para poder suplir el área de moldeo cuando este tenga demanda por lo que los insertos metálicos también están disponibles para suplir la demanda de moldeo.

Las entradas que es el material que se utiliza en el proceso, pasan por un proceso de aprobación antes de llegar a ser materia prima, los insertos metálicos que vienen del proveedor interno tienen que ser aprobados por calidad para poder ser utilizados en otro proceso. La resina que es del proveedor externo entra por una operación de recibo de material donde le hacen pruebas para verificar que cumpla con las especificaciones requeridas. Por lo que el material entrante ya cumple con las características requeridas para el proceso.

En la parte de proceso se recibe la materia prima entrante, esta es utilizada en el proceso de sobre moldeo aquí se transforma la materia prima en dispositivos finales, después de tener los dispositivos finales inicia la inspección por parte de manufactura, cuando manufactura concluye su inspección se pasa a inspección por parte de calidad, en la

parte de proceso se encuentran debilidades que provocan atrasos y estos afectan las etapas siguientes.

Las salidas son dependientes de los procesos, si el proceso se atrasa, atrasa también las otras operaciones por lo que se puede apreciar que en esta fase estamos teniendo el problema de los atrasos en la entrega de los lotes a los clientes.

#### **4.2 Medición de la situación actual.**

Se pudo detectar por medio del SIPOC que la parte de proceso es la que está ocasionando los atrasos en las entregas a los clientes, por lo cual es necesario detectar que es lo que provoca este problema. Se realizará una evaluación de tiempos del historial obtenido de los lotes de producción de los números de parte con mayor demanda.

Los siguientes datos fueron obtenidos del historial de producción por número de parte de los de mayor demanda, en condiciones normales de producción, durante el periodo de enero a setiembre del año 2019, extraído del programa JobBoss utilizado por cada uno de los departamentos de Tegra Medical Costa Rica.

A continuación, podemos observar los tiempos que se obtuvieron en la operación de moldeo y en la operación de calidad que son las operaciones más representativas en tiempo, para el número de parte Med3 que es uno de los que conforma el 54% de la producción en el departamento de moldeo, se tomaron solamente 14 lotes ya que son los lotes producidos durante el periodo de enero a setiembre del 2019, esto representa únicamente la producción del Med3 el cual se definió como uno de los de alto volumen de la empresa Tegra Medical:

Tabla 15

Tiempos en los lotes del número de parte Med3

Med3							
Lotes	Cantidad	Operación Moldeo		Operación de calidad		Total de horas	Tiempo de ciclo estándar
		Máquina	Tiempo de inspección	Tiempo de espera en calidad	Tiempo de inspección calidad		
1	2000	39.00h	12.55h	16.00h	4.60h	72.15h	70.20s
2	2000	39.50h	13.60h	16.00h	4.25h	73.35h	71.10s
3	2000	38.90h	13.25h	16.00h	3.75h	71.90h	70.02s
4	2000	38.40h	13.90h	16.00h	4.25h	72.55h	69.12s
5	5000	99.50h	17.10h	16.00h	6.50h	139.10h	71.64s
6	2000	39.80h	13.25h	16.00h	4.30h	73.35h	71.64s
7	2000	40.00h	13.60h	16.00h	3.85h	73.45h	72.00s
8	2000	39.90h	14.10h	16.00h	4.00h	74.00h	71.82s
9	3000	60.20h	13.50h	16.00h	3.90h	93.60h	72.24s
10	1250	25.40h	13.80h	16.00h	5.00h	60.20h	73.15s
11	750	15.10h	14.00h	16.00h	4.85h	49.95h	72.48s
12	4000	80.50h	17.25h	16.00h	6.30h	120.05h	72.45s
13	2000	38.70h	13.45h	16.00	4.35h	72.50h	69.66s
14	2000	39.10h	12.95h	16.00	4.50h	72.55h	70.38s

Fuente: Sistema JobBoss

Como se puede observar para el Med3 la mayor cantidad de los lotes de producción son de 2000 unidades, los lotes de menor cantidad son de 750 y 1250 unidades y los de mayor cantidad son de 5000 y 4000 unidades, pero estos son minoría.

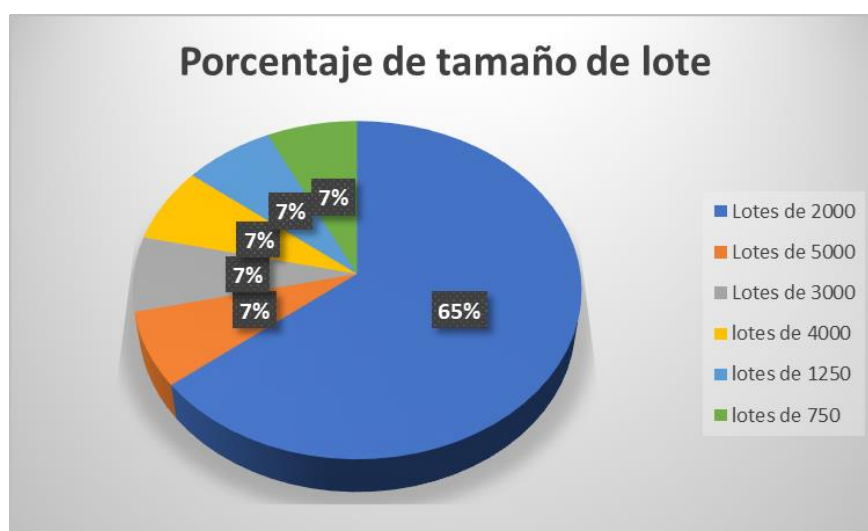


Figura 19 Porcentaje de lotes de producción  
Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 19 se puede apreciar que los lotes con mayor demanda son de 2000 unidades conformando el 65% de la población, este se considera el tamaño estándar de los lotes de moldeo y se seguirá trabajando con lotes de 2000 unidades, actualmente se presentaron lotes con mayor o menor cantidad esto se da por cumplir con la demanda, pero si se llega a organizar se va a estandarizar el tamaño de los lotes y se espera mantener a futuro.

En la tabla 15 se puede ver que el tiempo de ciclo estándar varía en cada lote, esto debido a que cada operario trabaja de formas diferentes, como se explicó anteriormente el operario de estas máquinas tienen que estar colocando los insertos en un fixture y colocarlos dentro de la máquina la tienen que abrir colocar los insertos la cierran, espera que se realice el llenado del molde abrir la máquina, sacar las piezas ya moldeadas y volver a colocar los insertos, esto sucesivamente hasta completar el lote de producción.

El tiempo de ciclo se ve afectado, porque no todos los operarios tienen la misma velocidad o fuerza para realizar la tarea, pero de igual forma no se presentan variaciones representativas. El tiempo de ciclo Teórico del Med3 es de 71.00s por lo que el tiempo de ciclo representado en cada uno de estos lotes no es tan diferente a lo esperado, por lo que se puede concluir que el proceso de máquina no está teniendo atrasos.

Comparado con otros procesos donde producción realiza la inspección de manufactura mientras va trabajando la máquina, en moldeo no se puede ir realizando de la misma forma por lo que se hace después de terminar la producción creando una operación más al proceso. Esto da la consecuencia que el proceso dure más al ser liberado por no poder realizar la medición en línea.

Tabla 16

*Tiempos en los lotes del número de parte Med4*

Med4						
Lotes	Cantidad	Operación Moldeo		Operación de calidad		Tiempo de ciclo estándar
		Maquina	Tiempo de inspección	Tiempo de espera en calidad	Tiempo de inspección calidad	
1	2000	24.20h	8.50h	16.00h	3.20h	43.56s
2	2000	25.20h	8.20h	16.00h	3.50h	45.36s
3	2000	24.90h	9.10h	16.00h	2.90h	44.82s
4	3000	37.20h	7.90h	16.00h	3.00h	44.64s
5	1500	18.50h	8.40h	16.00h	3.10h	44.40s
6	3000	37.90h	8.70h	16.00h	2.80h	45.48s
7	3000	37.24h	9.20h	16.00h	2.75h	44.69s
8	2000	24.70h	7.20h	16.00h	2.60h	44.46s
9	500	6.50h	4.70h	16.00h	2.80h	46.80s
10	2000	25.10h	7.80h	16.00h	2.50h	45.18s
11	2000	25.60h	8.90h	16.00h	3.10h	46.08s
12	3500	44.20h	9.20h	16.00h	4.40h	45.46s
13	3500	43.90h	8.80h	16.00h	4.00h	45.15s

Fuente: Sistema JobBoss

Para el Med4 obtenemos la misma información, se tomaron 13 lotes debido a que fueron los lotes producidos durante el periodo de enero a setiembre del 2019, para este tenemos un poco más de variación en lo que son las cantidades de los lotes la mayoría están entre 2000 y 3000 unidades y dos lotes de menor cantidad uno de 500 y otro de 1500. Igualmente, que el Med3 se espera estandarizar de que los lotes sean de 2000 unidades.

El tiempo de ciclo para el Med4 es menor que el del Med3 ya que el tamaño de la parte moldeada del dispositivo es menor, en este número de parte se puede observar el mismo caso donde hay variación de tiempo del ciclo entre cada uno de los lotes, pero igual no se muestra mucha variación entre ellas, esto varia por el mismo caso del Med3 depende de los operarios que trabajan la máquina. El tiempo de ciclo teórico para el Med4 es de 44.00s.

Para este número de parte el comportamiento es igual en el tiempo de ciclo teórico, los tiempos de ciclo estándar de los lotes recolectados andan muy cerca del tiempo de ciclo histórico por lo cual se llega a la conclusión que el tiempo de máquina no afecta en los atrasos.

En ambos números de parte se puede apreciar que el tiempo que dura producción para realizar sus medidas son significativas para los tiempos de entrega de cada lote, esto sucede porque el operario no puede poner la máquina a trabajar y realizar las medidas, él tiene que terminar de producir todo el lote y después de esto realizar la medición utilizando un muestreo, cuando manufactura termina sus mediciones lo pasa al departamento de calidad, este lote queda en una cola de espera de 16.00h (dos turnos) hasta que el técnico de calidad realiza su inspección.

Al obtener la evaluación de la data histórica se pudo ver que los tiempos extras que se está agregado al proceso, que produce los atrasos de la entrega de los lotes es en la parte de medición, por lo cual se realiza una entrevista para poder conocer por medio de los involucrados en moldeo el panorama general del área.

A continuación, se observará los resultados de la entrevista realizada a los involucrados en el área de moldeo,

Tabla 17  
Resultados de encuestas

Encuesta					
PREGUNTAS		Sí	No	SÍ	NO
1	¿Existen procesos de producción que se deben de mejorar?	9	0	100.00%	0.00%
2	¿Considera usted que el proceso de Moldeo podría ser más efectivo?	9	0	100.00%	0.00%
3	¿Considera usted que el tiempo de ciclo es más lento que el tiempo de inspección?	1	8	11.11%	88.89%
4	¿Las inspecciones realizadas al producto son lentas?	9	0	100.00%	0.00%
5	¿Considera que el proceso de medición debe de ser mejorado?	9	0	100.00%	0.00%
6	¿El equipo de medición está disponible y en el lugar correcto?	1	8	11.11%	88.89%
7	¿La cantidad de Muestras realizadas es excesiva?	9	0	100.00%	0.00%
8	¿El personal de producción tiene las aptitudes necesarias para realizar los muestreos?	8	1	88.89%	11.11%
9	¿Los métodos de medición deben de mejorarse?	9	0	100.00%	0.00%
10	¿Está de acuerdo en realizar una lluvia de ideas sobre el proceso de medición de moldeo?	9	0	100.00%	0.00%

Fuente: Encuesta realizada a los operarios del área de moldeo.

En la tabla anterior se pueden apreciar los resultados de la encuesta realizada a 9 personas pertenecientes al área de moldeo tanto operarios como líderes de los dos turnos que hay actualmente trabajando.

Podemos ver que el 100% de los entrevistados dijeron que si existen procesos que deben ser mejorados, el 100% también considera que el proceso de moldeo podría ser más efectivo, el 88.89% no considera que el tiempo de ciclo sea más lento que el tiempo de inspección, llámese inspección el tiempo que se dura en realizar todas las mediciones que lleva el componente, y solo el 11.11% considera que el ciclo es más lento que el tiempo de inspección, el 100% dice que la inspección realizada al producto es lenta.

También el 100% de los entrevistados considera que el proceso de medición debe ser mejorado, para entender mejor que es el proceso de medición, este son los pasos que se siguen para realizar las mediciones que aprueban el producto, el 88.89% dice que los equipos de medición no están en el lugar correcto ni disponibles siempre, esto debido a que algunos de los equipos utilizados para medir están en el área de calidad que queda en otro edificio y además no están disponibles siempre ya que calidad por ser el aprobador final es el que tiene prioridad para poder liberar el producto.

El 100% de los entrevistados dice que la cantidad de muestras es excesiva, el 88.89% dice que los operarios tienen las aptitudes necesarias para realizar los muestreos y solo un 11.11% dice que los operarios no tienen las aptitudes necesarias. El 100% dice que los métodos de medición deben de mejorarse, llámese método la forma de cómo se realiza cada medida y el uso de equipo y el 100% de los entrevistados están de acuerdo de realizar una lluvia de ideas sobre el proceso de moldeo.

Con esta entrevista se pudo concluir que de los procesos que tiene el área de moldeo, el proceso de inspección es el que tiene más defectos sumándole a esto la conclusión que se obtuvo de que la operación de inspección por manufactura es la que crea las demoras en la liberación de los lotes por lo cual este proceso es el que se debe analizar para llegar a las mejoras.

### 4.3 Análisis causa raíz

Con los datos recolectados se pudo observar que si hay factores significativos en las operaciones que son las causantes de los largos tiempos que tarda producción realizando los lotes y por tanto incumpliendo en muchos de los casos los tiempos prometidos de entrega de estos.

En la entrevista todos los que la realizaron estuvieron de acuerdo en ayudar para una lluvia de ideas para conocer más a fondo lo que atrasa el proceso moldeo se realizó una lluvia de ideas y estas fueron las causas que destacaron.



Figure 20 Posibles causas de los atrasos en la entrega de los lotes de producción

Fuente: Lluvia de ideas realizada con los operarios del área de moldeo.

En la figura 20 podemos observar las causas brindadas en la lluvia de ideas por los operarios de moldeo, cada uno de ellos tuvo la oportunidad de dar causas que creen que son las potenciales causas de los atrasos en los lotes de moldeo, estas causas se analizaron mediante el método de las 6Ms y generó la siguiente clasificación.

Tabla 18

*Clasificación de las causas del problema según el método de las 6Ms*

Lluvia de ideas	Clasificación
Falta de equipos de medición.	Máquina
Falta de calidad de proceso.	Mano de obra
Falta de personal para mediciones.	Mano de obra
Tamaño de muestra excesivo.	Medición
Doble muestreo.	Medición
Formato de documentación compleja.	Método
Método de medición no automatizado.	Método
Unificación de criterios.	Método
Falta de organización.	Método
Atrasos en bodega para la entrega de material.	Método

Fuente: Encuestas y lluvia de ideas realizadas a los operarios del área de Moldeo.

Con los resultados de la clasificación realizada en la tabla 18 se puede observar que la mayor cantidad de causas están en método con 5 causas, luego medición con 2 causas, igual que mano de obra y una causa para máquina.

Con esta clasificación se generó un diagrama de Causa-Efecto que permite apreciar de una forma más clara las diferentes causas y facilitar el análisis para buscar soluciones a estas. Ver la figura a continuación.

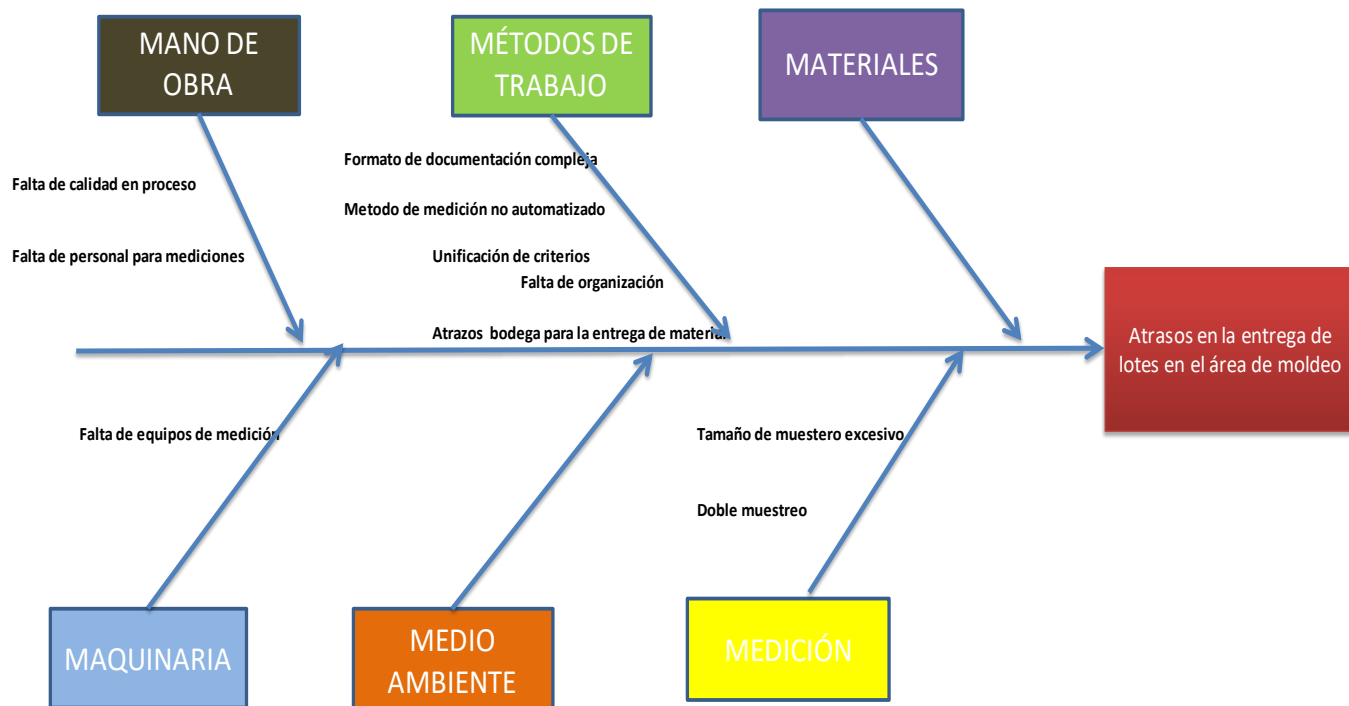


Figura 21 Diagrama de Ishikawa por atrasos en la entrega de lotes en el área de moldeo

Fuente: elaboración propia

En la figura 21, se pueden apreciar cada una de las causas clasificadas en cada una de las 6M, en material y medio ambiente no se encontró ninguna causa que pueda afectar en los atrasos de las entregas de lotes en el área de moldeo. En las otras categorías si se encontraron causas que pueden afectar en los atrasos de las entregas de lotes en el área de moldeo, estas son las siguientes:

- Mano de obra se encontraron dos posibles causas: falta de calidad en proceso y falta de personal para mediciones.
- Medición, se encontraron dos posibles causas: Tamaño de muestra excesivo y doble muestreo.

- Método, se encontraron 5 posibles causas: falta de organización, método de medición no automatizados, atrasos de bodega en la entrega de material, unificación de criterios y formato de documentación compleja.
- Máquina, como posible causa se encontró la falta de equipos para medición.

Cada causa fue aportada por los operarios de moldeo, ellos las clasificaron de la más frecuente a la menos frecuente según las situaciones que se han presentado en el área de moldeo siendo el puntaje de 10 a la más frecuente y 1 la menos frecuente.

Tabla 19

*Frecuencia de causas en el área de moldeo*

Lluvia de ideas	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	Total
Falta de personal para mediciones.	9	8	7	10	10	10	10	10	10	84
Falta de equipos de medición	10	9	10	9	9	9	8	9	9	82
Falta de calidad de proceso	8	10	9	8	8	7	9	7	7	73
Tamaño de muestra excesivo	7	6	8	7	6	8	6	8	8	64
Doble muestreo	5	7	6	6	7	6	7	6	6	56
Formato de documentación compleja	6	5	4	5	4	5	2	3	5	39
Método de medición no automatizado	4	2	5	4	5	3	5	5	4	37
Unificación de criterios	3	4	2	2	3	4	4	4	3	29
Falta de organización	1	3	3	1	2	2	3	1	2	18
Atrasos en bodega para la entrega de material	2	1	1	3	1	1	1	2	1	13

Fuente: Aporte lluvia de ideas.

En la tabla 19 se puede ver acomodadas las causas de la más frecuente a la menos frecuente según las situaciones o eventos que se han presentado en el área de moldeo. La más frecuente es falta de personal para mediciones y la menos frecuente son los atrasos en bodega para la entrega de material. Al tenerlas ya clasificadas según su frecuencia de ocurrencia se van a estudiar por medio de un Pareto para conocer cuáles de estas causas conforman el 80% del problema.

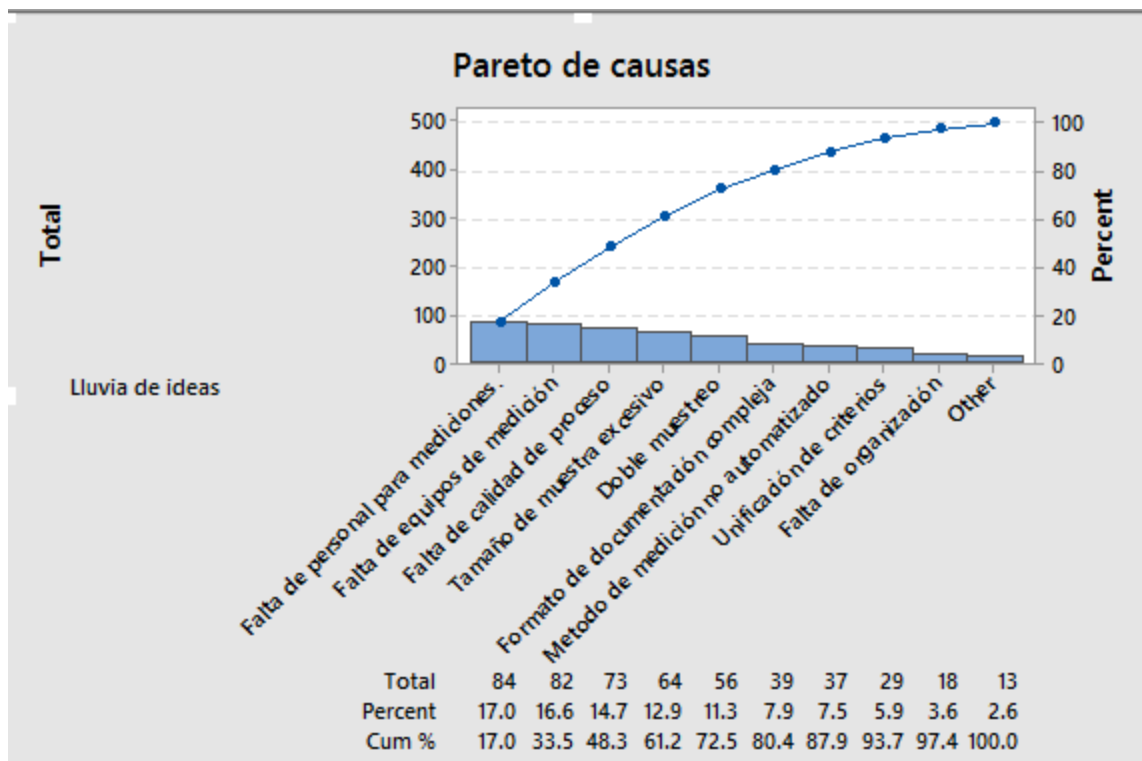


Figura 22 Diagrama de Pareto relacionado a las causas

Fuente: Elaboración propia.

Con la figura 22 se puede apreciar las causas que conforman el 80% de los atrasos en las entregas de los lotes en el área de moldeo son:

- Falta de personal para mediciones.
- Falta de equipos de medición.
- Falta de calidad de proceso.
- Tamaño de muestra excesiva.
- Doble muestreo.
- Formato de documentación compleja.

Al conocer las causas que conforman el 80% del problema se va a estudiar la situación actual de cada causa para poder buscar la solución a cada una de ellas. Las otras

causas que quedaron fuera del 80% no se van a estudiar ni analizar, pero se les dará una recomendación para poder solucionarlas.

#### **4.3.1 Análisis de causas que conforman el 80%**

A partir del Pareto se va a analizar las causas que conforman el 80% del problema.

**4.3.1.1 Falta de personal para mediciones:** Los operarios son los encargados de hacer funcionar la máquina, colocar los insertos dentro de ella y además de esto, medir las unidades. Esta colocación de insertos hace que se necesite que el operario este siempre en la máquina para continuar la producción sin detenerla. El mismo no puede ir a medir ya que el tiempo entre ciclo y ciclo son apenas segundos, lo que impide que el operario se desplace a realizar estas inspecciones, aunque sea dentro del área de moldeo sin atrasar el proceso. Otro punto, que se debe tomar en cuenta es que este tipo de proceso (Moldeo), no permite dejar la máquina sin producir durante algún tiempo y luego volver a producir ya que la resina que se usa se daña.

Por todo lo expuesto anteriormente los operarios de moldeo deben de medir las piezas hasta que terminen de producir un lote a diferencia de otras áreas que lo hacen en simultaneo, lo cual hace que la mayor parte del tiempo lo realicen en tiempo extra ya que existe solo un operario por máquina y no hay personal adicional para realizar dichas dimensiones en horario regular. Estos tiempos extras no están cuantificados en los tiempos prometidos de entrega a los clientes. Adicional a esto al inspeccionarse postproducción si se encuentran defectos el producto debe clasificarse en buenas y malas, re-trabajarse o en el peor de los casos desecharse implicando la producción de

más lotes para cumplir con la demanda requerida, todo esto genera más atrasos en la entrega de los lotes.

**4.3.1.2 Falta de equipos:** Esta potencial causa es una de las principales razones a analizar ya que se pudo observar que en el área de moldeo no se encuentran todos los equipos necesarios para poder realizar las medidas del material, por lo que los operarios tienen que trasladarse a otro edificio para poder utilizar los equipos y estos en algunas ocasiones están siendo utilizados por otros departamentos por lo que ellos tienen que esperar hasta que estén desocupados y pueda realizar las medidas.

El departamento que tiene la mayoría de los equipos es el departamento de calidad, estos equipos son los que tienen que utilizar el personal de moldeo en algunas medidas y la gran mayoría del tiempo calidad está sacando inspecciones finales para poder liberar el material por lo que le dan prioridad a lo que tiene que sacar calidad en lugar de lo que tiene manufactura y ya esto ocasiona atrasos para poder finalizar la operación de inspección.

Agregándole a este punto los operarios de moldeo cuando tienen que utilizar los equipos de calidad se tienen que trasladar a un segundo edificio que queda a 150m uno del otro lo que también ocasiona un atraso en traslados de un edificio a otro constantemente. Lo que este factor provoca dos atrasos significativos la disponibilidad de los equipos y el traslado de un edificio a otro dando un promedio de atraso de 60.4 min por lote.

- 4.3.1.3 Falta de calidad en proceso:** Actualmente por cómo están acomodadas las operaciones y los roles, el personal de calidad de proceso solamente tiene que verificar la primera pieza que sale al inicio del lote y los parámetros y después vuelve y realiza el muestreo hasta en la operación de inspección de calidad. Al ser los roles de calidad solo al inicio del lote y al final, provoca que el personal de calidad no esté tan presente en el área de moldeo, por lo que, si los operarios tienen dudas de material, de aceptación o rechazo de defectos o de proceso tengan que llamarlos y esperar que se presenten. Mientras esperan que llegue el técnico de calidad y aborde la duda, los operarios detienen el proceso para esperar el criterio y poder continuar o detenerse totalmente, aunque las dudas no surgen siempre, cuando se presentan el tener que esperar a los técnicos de calidad provoca esperas que atrasan el proceso.
- 4.3.1.4 Tamaño de muestra excesiva:** En cuanto al tamaño del muestro también es una causa que no se puede descartar, ya que actualmente las hojas de inspección solicita cantidades muy grandes de inspección que se definieron en el proceso de validación además de que se siguen inspeccionando puntos que no son críticos de la pieza según el plano proveído por el cliente pero que durante la validación se tuvieron que inspeccionar y estos puntos no han sido actualizadas en las hojas de proceso después de concluir el proceso de validación.

Los tamaños de muestreo en una validación son más críticos ya que tienen que cumplir una normativa para poder declarar que un proceso es capaz y estable para producir en ciertas condiciones, después de que se validó y se concluyó que el proceso es capaz y estable lo cual actualmente determina un AQL asociado de 1.0% de acuerdo con la tabla “*Zero defects sampling plan*” utilizada por la empresa Tegra Medical que determina la cantidad a muestrear según el tamaño de lote. Esta tabla es utilizada en la empresa ya que no pide que el muestreo presente normalidad, para utilizar las tablas ANSI es requerido que presente una normalidad, para obtener esta normalidad se debería estar sacando prácticamente en cada lote.

Esta tabla la “*zero defects sampling plan*” utiliza casi los mismos AQL de la Z1.4 solo que en esta tabla se llama Valores de índice asociados a AQL y el muestreo es menor, pero al ser menor no quiere decir que es menos estricta, al contrario mientras la tabla ANSI Z1.4 en un muestreo simple con un AQL 1.0 puede aceptar 3 defectos la tabla zero defects no acepta ninguno.

**4.3.1.5 Doble Muestreo por sistema de Calidad:** Actualmente los procedimientos de producción de Tegra Medical requieren la inspección de producto durante el proceso de producción y también después completado el lote lo que se conoce como inspección final. Esto genera una duplicidad del trabajo de inspección lo cual evidentemente agrega tiempo al proceso y atenta contra las entregas a tiempo de Material.

**4.3.1.6 Formato de documentación compleja:** Actualmente el formato de las hojas de inspección de proceso donde se documenta los resultados de las mediciones es compleja ya que las medidas son divididas en cav 1 y cav 2 y se realizan las mismas mediciones en las 2 cavidades el detalle es que lo muestreos usualmente son de 42 piezas y estos formularios solo tiene para que recolecten 11 datos por característica en cada hoja, porque la hoja siguientes es de la otra cavidad por lo que tienen que estar utilizando varias formularios.

Además, estos formularios incluyen muchas medidas debido a que aún siguen estando medidas críticas, medidas no críticas y medidas de referencia que para lotes regulares no son necesarios.

Lo que se les hace más complicado es que los operarios de producción tienen que revisar estos formularios de forma minuciosa para verificar que no vaya ningún dato mal o falta de muestras y por ser tantos datos y hojas les toma mayor tiempo revisarlos.

Al tener identificado cuales son las causas que más nos afecta en nuestro proceso por medio del Pareto y conocer cuál es la situación actual de cada una de esas causas podemos enfocarnos en las soluciones que las mitigaría, el siguiente es un cuadro resumen de causas versus soluciones propuestas:

Tabla 20

*Causas versus soluciones propuestas*

Causas	Soluciones propuestas.
Falta de personal para mediciones	Técnico de calidad inspeccionando el material en línea
Falta de calidad en proceso	
Falta de equipos para medición	Habilitar equipos en el área de moldeo
Tamaño de muestreo excesivo	Disminuir tamaño de muestra
Doble muestreo	Eliminar muestreo por parte de manufactura
Formato de documentación compleja	Cambiar formato

Fuente: elaboración propia.

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

## 5.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Concluido el capítulo anterior donde pudimos identificar las causas que están impactando en los atrasos del proceso de entrega de los lotes de moldeo, se procederá a desarrollar las propuestas de diseño e implementación de la solución a través del ciclo de Deming

En el presente capítulo se va a diseñar las propuestas para el mejoramiento de cada una de las causas encontradas en el capítulo 4 con el fin de mejorar los tiempos de entrega de los lotes de moldeo, se va a utilizar los pasos del ciclo de Deming: Planificar, Hacer, Verificar y actuar.

De acuerdo con el estudio realizado en el capítulo anterior, se analizó la situación actual del departamento de moldeo y se concluyó que son varias las causas que ocasionan el 10.5% de demora en la entrega de los lotes de producción del área de moldeo, a continuación, podemos ver cada una de ellas y la propuesta que se desea desarrollar:

Tabla 21

*Propuestas de mejora*

Causas	Nombre de la Propuesta.
Falta de personal para mediciones	Inspección en línea
Falta de calidad en proceso	
Falta de equipo de medición en el área de moldeo	Habilitar equipos en el área de moldeo
Tamaño de muestreo excesivo	Disminución de muestra
Doble muestreo por sistema de calidad	Eliminación de doble muestreo
Formato de documentación compleja	Nuevo formato

Fuente: Elaboración propia.

## **5.1.1 Planificación de las propuestas.**

### **5.1.1.1 Propuesta Inspección en línea.**

Para solucionar la falta de personal para realizar las mediciones y no utilizar tiempos extras o medir las piezas hasta después de que termina el lote en máquina y además de tener a calidad en el proceso, se pretende contratar un técnico de calidad de proceso que realice las mediciones en línea mientras se va construyendo el lote. Actualmente un operario de moldeo gana ¢1565 por hora y el técnico de calidad de proceso gana ¢2000.

Por los atrasos que tienen en moldeo de no poder realizar las mediciones mientras se está construyendo el lote, el personal tiene que realizar horas extras para poder ir sacando las medidas aproximadamente hacen 4 horas extras por 2 turnos por 6 días a la semana siendo un total de 48 horas extras si solamente está corriendo uno de los números de parte de mayor volumen, si corrieran los dos se necesitan 8 horas extras por 2 turnos por 6 días a la semana siendo un total de 96 horas, para cubrir las inspecciones de los dos números de parte.

Con la propuesta se pretende que el técnico de calidad de proceso en turno vaya realizando las inspecciones mientras el operario trabaja la máquina y así ahorrar el tiempo de horas extras. El técnico de calidad realizaría estas inspecciones durante el turno, lo que serían 46 horas por semana, por lo que se ocuparía 2 técnicos de calidad uno por cada turno. Para una mejor visualización ver la siguiente tabla:

Tabla 22

*Cálculo de gastos operarios versus técnico de calidad*

Gasto horas extras operario		Gastos horas Técnico de calidad	
Horas extras	48	Horas	46
Costo por hora extra	₡ 2,348.00	Costo hora	₡ 2,000.00
Total	₡ 112,704.00	Total	₡ 92,000.00
Total X 2	₡ 225,408.00	Total X2	₡ 184,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior se puede observar, que el gasto que se incurre pagando horas extras a los operarios para poder completar el muestreo es de ₡225,408.00 a la semana, si se incluyera al técnico de calidad para que realice la inspección en línea seria de ₡184,00000 a la semana, lo que se ahorraría un total de ₡41,408.00 a la semana. Además, al técnico de calidad le queda tiempo para inspeccionar otros números de parte si estuvieran corriendo otras máquinas y sumándole a esto que realizaría el proceso en línea asegurando que el proceso cumple con los criterios necesarios.

El costo de la propuesta de forma anual comparada con el costo del sistema de inspección en un año se puede ver en la tabla 23 a continuación

Tabla 23

## Comparación de costos

Costos del Sistema actual de Inspección Area de Moldeo.		
Costo de Inspección 1 año Med3	₡	2 203 598,25
Costo de Inspección 1 año Med4	₡	1 263 155,40
Costo de Inspección Operarios 1 año (Med3 y Med4)	₡	3 466 753,65
Cantidad de Lotes de otros productos		115
Tiempo promedio de Inspección por lote otros productos		16
Costo de Inspección 1 año Otros productos (Producción)	₡	4 319 400,00
Tiempo de Inspección Final Med3 (Horas)		4,41
Tiempo de Inspección Final Med4 (Horas)		2,97
Costo de Inspección Final Med3 Lote	₡	8 820,00
Costo de Inspección Final Med4 Lote	₡	5 940,00
Costo de Inspección Final Med3 en 1 año	₡	617 400,00
Costo de Inspección Final Med4 en 1 año	₡	386 100,00
Costo de las horas de inspección Otros productos Final	₡	1 380 000,00
Costo Total Sistema de Inspección Actual	₡	10 169 653,65
Costos e Inversión Nueva Propuesta de Inspección		
Horas de RH buscando candidatos (Horas)		10
Tiempo de RH en Entrevistas (Horas)		5
Costo por hora RH	₡	5 470,00
Costo de RH	₡	27 350,00
Tiempo en entrevistas ingeniero de Calidad		3
Costo por hora Ingeniero de Calidad	₡	5 470,00
Costo Ingeniero de Calidad	₡	16 410,00
Costo por hora técnico de Calidad	₡	2 000,00
Inversión 2 técnicos de Calidad en línea por año	₡	9 216 000,00
Costo técnico de Ingeniería de Calidad	₡	3 700,00
Tiempo de Entrenamiento (Horas)		48
Costo de Entrenamiento	₡	177 600,00
Costo Total Sistema de Inspección Propuesto	₡	9 437 360,00
Ganancia financiera Anual	₡	732 293,65

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar lo que es el costo del sistema actual de inspección área de moldeo contra el costo e inversión nueva propuesta de inspección, en lo que es el sistema actual de inspección está calculado a un año ya que es el tiempo para poder obtener ganancias con un proyecto en Tegra Medical, aquí tenemos lo que es el costo

de inspección de 1 año del Med3 que se obtiene del tiempo promedio de inspección de un lote de 2000 unidades que sería 13.41 horas, este tiempo de inspección se realizan en horas extras el costo por hora extra de los operarios es de ¢2,347.5 el total de esta multiplicación nos da ¢ 31, 479.97 del costo de realizar estas horas, para obtener el dato del costo de inspección de un año sería los ¢31, 479.97 por los lotes proyectados para el 2020 que son 70 para el Med3 lo que nos da el total de costo de inspección de un año del Med3 que son ¢2,203,598.25.

También se realiza el mismo cálculo para el Med4 para este número de parte el tiempo promedio de inspección de un lote de 2000 unidades son de 8.28 horas por el mismo costo de hora extra de los operarios ¢2,347.5 la multiplicación de esto nos da ¢19,437.3, para obtener el costo de inspección de un año sería los ¢19,437.3 por los 65 lotes proyectados para el 2020 nos da un total de inspección del Med4 de ¢1,263,424.5. La sumatoria del Med3 y Med4 nos da ¢ 3, 467,022.75.

Después tenemos la cantidad de lotes proyectados para los otros números de parte (Med1, Med2, Med5, Med6, Med7 y Med8) que serían 115 en total y el tiempo promedio de inspección de estos otros números de parte son de 16 horas ya que tienen más medidas a inspeccionar que el Med3 y el Med4, si multiplicamos las 16 horas por el costo de la hora extra que son ¢ 2,347.5 nos da un total de ¢ 37,560.00 y esto lo multiplicamos por los 115 lotes proyectados nos da un total de ¢4,319,400.00.

A esto se le agrega el costo de inspección por calidad que actualmente se realiza para el Med3 realizan 4.41 horas para inspeccionarlo y para el Med4 2.97 al técnico de calidad

actual se le paga ¢2,000.00 la hora, entonces el costo de inspección para el Med3 sería de ¢8,820.00 y para el Med4 sería de ¢5,940.00.

Si multiplicamos estos resultados por la demanda proyectada para el 2020 para cada número de parte obtendríamos los siguientes datos, para el Med3 sería el costo de inspección ¢8,820.00 por 70 lotes dando un total de ¢617,400.00 y para el Med4 sería el costo de inspección ¢5,940.00 por los 65 lotes dando un total de ¢386,100.00.

Para obtener el costo de inspección final de los otros productos se tiene el tiempo promedio de inspección de calidad final que son 6 horas multiplicado por el costo de la hora de un técnico de calidad que son ¢2,000.00 nos da un total de ¢12,000.00 y esto multiplicado por el total de lotes proyectados para el 2020 que son 115 nos da un total de ¢1,380,000.00.

Si sumamos estos gastos ¢3,467,022.75 mas ¢4,319,400.00 mas ¢617,400.00 mas ¢386,100.00 mas ¢1,380,000.00 nos da un total de ¢10,169,922.75 que serían los gastos de inspección actual.

Ahora el costo de inversión de la nueva propuesta sale de la siguiente información, la búsqueda de los candidatos por recursos humanos sería aproximadamente de 10 horas, más el tiempo de entrevista de recursos humanos sería de 5 horas, el costo por hora del personal de recursos humanos es aproximadamente de ¢5,470.00 información suministrada por recursos humanos, esto nos daría un total de ¢82,050.00 en gastos en recursos humanos.

También tenemos el costo de entrevista por parte del ingeniero de calidad que es el que contrata a los técnicos donde serían aproximadamente de 3 horas y el costo de un técnico de calidad es aproximadamente de ¢5,470.00 dando un total de ¢16,410.00.

El costo del nuevo técnico de calidad sería de ¢2000 por lo que la inversión realizada a un año sería de ¢4,608,000.00, se necesitaría 2 técnicos por los dos turnos que trabaja actualmente moldeo la inversión por los dos sería de ¢9,216,000.00.

El entrenamiento de estas personas nuevas las realiza el técnico de ingeniería de calidad, el precio por hora del técnico de ingeniería de calidad es de ¢3,700.00 por 48 horas que dura el entrenamiento por el técnico de calidad sería de ¢177,600.00.

El costo de esta nueva propuesta está dado por la suma de ¢82,050.00 mas ¢16,410.00 mas ¢9,216,00.00 más ¢177,600.00 dando un total de ¢9,492,060. Comparando los costos de la forma actual contra la propuesta podemos obtener un resultado de ahorro de ¢677,862.75 lo cual hace viable el realizar esta propuesta si se incluye todos los números de parte de moldeo. Esto se debe a que solo con el Med3 y Med4 los nuevos técnicos de calidad estarían con mucho tiempo ocioso. Incluyéndolos todos se mantendrían ocupados y sería financieramente provechoso.

### **5.1.1.2 Propuesta de habilitar equipos para el área de moldeo.**

Actualmente en el área de moldeo uno de los equipos que más se utilizan y que está ausente en el área, es el equipo para medición visual conocido en inglés como *visual system*, el que utilizan los operarios de moldeo se encuentra en el área de calidad.

En el área de Moldeo se encuentra un equipo de medición de sistema visual. Los productos Med3 y Med4 tienen 2 y 3 medidas críticas respectivamente que necesitan de un sistema de visión para ser medidas. Al ser industria médica y la empresa estar certificada en la norma ISO 13485 cada medida crítica presente en el plano de producto necesita tener un método de prueba validado.

Originalmente cuando estos productos fueron validados no existía un sistema de medición visual en el cuarto limpio del edificio llamado CR2 donde está ubicada el área de moldeo. Por tanto, estos métodos de medición fueron validados en el sistema de medición ubicado en el área de calidad del edificio llamado CR1.

A finales del año anterior se compró un equipo de medición para el área de moldeo ubicado en el cuarto limpio del edificio, sin embargo, no se ha validado ningún método de medición para las medidas del Med3 y Med4. Esto implica que los operarios deben desplazarse hasta el edificio llamado CR1 para hacer las mediciones lo cual genera atrasos en el proceso.

Para cuantificar esos atrasos por traslados y esperas se tomaron tiempos en 10 lotes producidos en septiembre y octubre del 2019.

Tabla 24

*Tiempos muertos por lote y promedio de las holguras en medición de los lotes*

Lote	Tiempo Muerto (Min)	Número de Parte	Tiempo Muerto Promedio (Min)
27147	70	Med3	60.4 Min
27148	65		
27180	55		
27181	50		
27427	65	Med4	
27426	55		
27179	50		
27178	67		
27146	58		
27145	69		

Fuente: Elaboración propia.

Los tiempos que muestra la tabla 24 contienen la sumatoria de las holguras relacionadas con el tiempo de traslado del cuarto de moldeo del edificio CR2 al área de vestimenta, el tiempo de remoción de los implementos de cuarto limpio, el desplazamiento al área de calidad del edificio CR1, el tiempo de espera por el equipo, el desplazamiento de nuevo al edificio CR2, el tiempo de vestimenta y el desplazamiento al área de moldeo.

Es importante hacer notar que en el edificio CR1 solo existen 1 equipo de sistema de visión para todos los productos que lo requieran que se elaboren en el edificio CR1 y por tanto siempre hay colas para su uso.

La propuesta de mejora en este caso consiste en validar los métodos de medición necesarios para el Med3 y Med4 en el sistema de visión que se encuentra en el cuarto de moldeo del edificio CR2 con el fin de eliminar todas las holguras en tiempo relacionadas a los traslados y esperas por medir las piezas en el edificio CR1.

Para completar dicha propuesta es necesario realizar un total de 5 validaciones de métodos de medición tomando en cuenta que el Med3 necesita 2 validaciones y el Med4 necesita un total de 3, basado en las medidas críticas de cada uno que deben de realizarse en equipos de medición de sistema de visión.

De acuerdo con los datos proporcionados por el departamento de ingeniería de calidad el tiempo promedio de ejecución de una validación de método de medición por un técnico es de 8 horas.

En el 2019 se produjeron un total de 27 lotes relacionados a los productos Med3 y Med4 que equivalían al 20 % de la demanda de ese producto. El acuerdo con el cliente es que el primer año por ser validación se vendería solo el 20% ya que el otro suplidor iba a seguir supliendo el 80 % de la misma, pero para el segundo año (2020) Tegra Medical debería absorber el 100 % de la demanda. Los costos actuales por concepto de holgura de medición se compararon con la demanda proyectada para el 2020 con el fin de determinar si en un año se puede recuperar la inversión a realizar en la validación del equipo ubicado en el cuarto de moldeo del edificio CR2.

Tabla 25

*Comparación de costos entre las holguras relacionadas a los traslados y esperas para medición de los lotes contra el costo de validación de los métodos de medición en el equipo del CR2*

Costos Técnico Ingeniería de Calidad		Costos Operario	
Duración promedio de Validaciones de un método de medición (Horas)	8	Tiempo promedio, esperas y traslados por lote en minutos (horas)	60,4m (1.006h)
Total de Validaciones de Método necesarias	5	Total de Lotes a medir en 1 año	135
Total de horas necesarias	40	Total de horas gastadas en esperas y traslados	135.9
Costo x Hora	¢3,700.00	Costo x Hora	¢1 565
Total	¢148,000.00	Total	¢ 212 683.5

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la propuesta de habilitar el equipo solo se necesita trabajo por ingeniería de calidad que es el encargado de realizar las validaciones, por lo que el costo de realizar esta propuesta está representado en la tabla 25 donde se obtiene que la cantidad de horas para realizar las validaciones es de 40 (5 validaciones en total 2 del Med3 y 3 del Med4 y se necesita de 8 horas por validación) y el costo del técnico de calidad es de ¢3,700.00 lo que da un total de ¢148,000.00, como los equipos van a estar en el área de moldeo no se va gastar tiempo en esperas y en colas.

Mientras si se sigue de la forma actual de trabajo, podemos ver en la tabla 25 que los costos por el operario para realizar estas medidas para lo proyectado en el 2020 serían las siguientes, el tiempo promedio obtenido por esperas y traslados por lote es de 60.4 minutos obtenido en la tabla 24, en horas sería 1.006 y el total de lotes a medir en un año de los que tiene mayor demanda en este caso sería los estudiados en el proyecto el

Med3 y el Med4 serían 135, si multiplicamos estos lotes proyectados con el tiempo promedio de espera obtenemos el total de horas gastadas que obtendríamos solo en estos lotes y nos da un resultado de 135.9 y si multiplicamos esto por lo que gana un operario que es  $\text{¢}1,565.00$  podemos obtener el costo de esas horas gastadas que sería de  $\text{¢}212,683.5$ , lo que es más costoso seguir con la propuesta actual que gastar en horas para poder realizar la validación de los equipos.

Se recuperaría más que la inversión total en validaciones de métodos al finalizar el primer año, por tanto, se define que la propuesta de validar el equipo de sistema de visión en el cuarto limpio del CR2 es satisfactoria para cumplir con el objetivo deseado que es reducir tiempos sin agregarle costos a la operación.

### 5.1.1.3 Doble muestreo por sistema de calidad.

Actualmente el flujo del proceso para los números de parte que corren en el área de moldeo lleva dos inspecciones una realizada por manufactura y otra realizada por calidad la cual da la aprobación final del lote para su entrega al cliente.

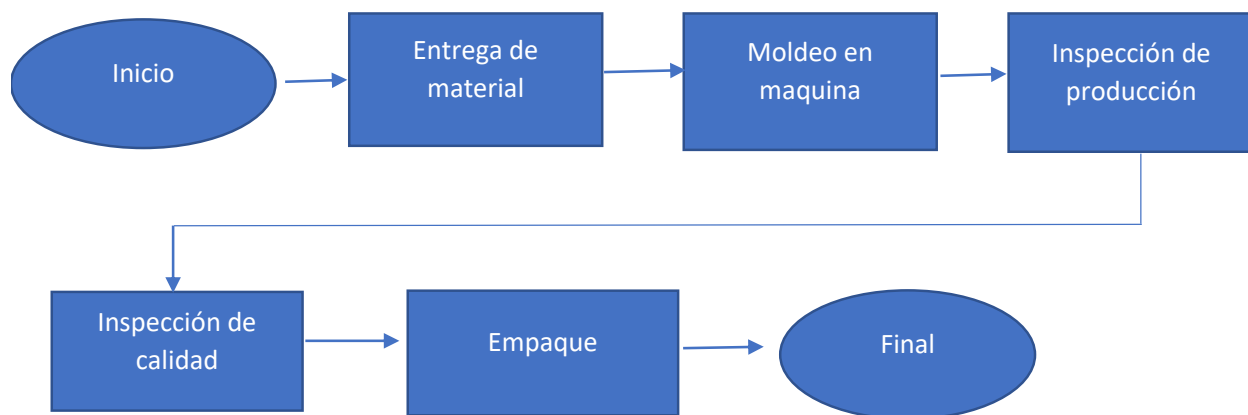


Figura 23 Diagrama de Flujo proceso actual

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en la figura 23, se puede apreciar que cada operación depende de cuando se termina la anterior, primeramente, se hace toda la producción en máquina, cuando está ya está completa, se inicia las inspecciones por parte de manufactura, cuando ellos terminan le avisan a calidad de proceso ellos empiezan a realizar las medidas para la liberación del lote y si este lo aprueba pasa al área de empaque y finaliza el ciclo en el área de moldeo.

Si tomamos un promedio de tiempo de los lotes de 2000 unidades para el Med3 podríamos obtener el tiempo de duración del proceso desde que entra a máquina hasta que lo libera calidad además del costo que implica estas operaciones.

Tabla 26

*Promedio de duración y costo del proceso actual Med3*

Cantidad de lote	Tiempo promedio de máquina	Tiempo promedio de inspección de manufactura	Tiempo promedio de inspección de calidad	Total
	39.26h	13.41h	4.21h	56.88h
2000	$39.26 \times 1565 =$ ₡ 61,441.90	$13.41 \times 1565 =$ ₡ 20,986.65	$4.21 \times 2000 =$ ₡ 8,420.00	₡ 90,848.55

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26 se realizó un promedio de tiempos para cada una de las operaciones que se realizan en el área de moldeo para el Med3, para la operación de máquina se obtuvo un promedio de 39.26 horas obtenido entre todos los lotes de 2000 unidades para ver el costo de esa operación se multiplica el tiempo por el costo por hora de un operario y se obtiene un costo de ₡61,441.90. Para la inspección de manufactura se obtuvo un tiempo promedio de 13.41 horas multiplicado por el costo por hora del operario se obtiene un costo de ₡20,986.65. Para la inspección de calidad se obtuvo un promedio de 4.21 horas

multiplicado por el costo por hora de un técnico de calidad que es de ¢2,000.00 para obtener un costo de ¢8,420.00.

Obteniendo un promedio del total de horas que dura un lote desde que inicia en máquina hasta que calidad le da la aprobación final es 56.88h y que el costo promedio para un lote de 2000 unidades sería de ¢90,848.55.

Para el Med4 la situación es similar.

Tabla 27

*Promedio de duración y costo del proceso actual Med4*

Cantidad de lote	Tiempo promedio de máquina	Tiempo promedio de inspección de manufactura	Tiempo promedio de inspección de calidad	Total
2000	24.95h	8.28 h	2.97 h	36.20 h
	24.95 x 1565= ¢39,046.75	8.28 x 1565 = ¢12,958.20	2.97 x 2000= ¢5,940.00	¢57,944.95

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27 se realizó el mismo ejercicio utilizado en el Med3, se saca un promedio de tiempos para cada una de las operaciones que se realizan en el área de moldeo para el Med4, para la operación de máquina se obtuvo un promedio de 24.95 horas obtenido entre todos los lotes de 2000 unidades para ver el costo de esa operación se multiplica el tiempo por el costo por hora de un operario y se obtiene un costo de ¢39,046.75. Para la inspección de manufactura se obtuvo un tiempo promedio de 8.28 horas multiplicado por el costo por hora del operario se obtiene un costo de ¢12,958.20. Para la inspección de calidad se obtuvo un promedio de 2.97 horas multiplicado por el costo por hora de un técnico de calidad que es de ¢2,000.00 para obtener un costo de ¢5.940.00.

Obteniendo un promedio del total de horas que dura un lote desde que inicia en máquina hasta que calidad le da la aprobación final es 36.20 horas y que el costo promedio para un lote de 2000 unidades sería de ¢57,944.95.

Con la propuesta de eliminar la inspección por parte de manufactura se basa en que los operarios de manufactura no es recomendado que sean juez y parte en un proceso, además de que la idea de la inspección de manufactura es de ir evaluando el material a como se va produciendo para determinar que el proceso va conforme, actualmente como los operarios no tienen tiempo de realizar estas operaciones mientras el lote se va construyendo no están cumpliendo correctamente esta evaluación, la realizan hasta terminar el lote donde si verifican que el material va bien pero si fuera el caso que se encuentran algún defecto se darían cuenta hasta el final del proceso y agregándole a esto le suma tiempo a la liberación del material. Lo cual viendo cada uno de estos puntos la inspección de manufactura no le está agregando ningún valor positivo al proceso.

La propuesta que se desea realizar es eliminar la operación de manufactura y que sea calidad que haga la inspección en línea mientras se va produciendo el material, el flujo del proceso quedaría de la siguiente forma:

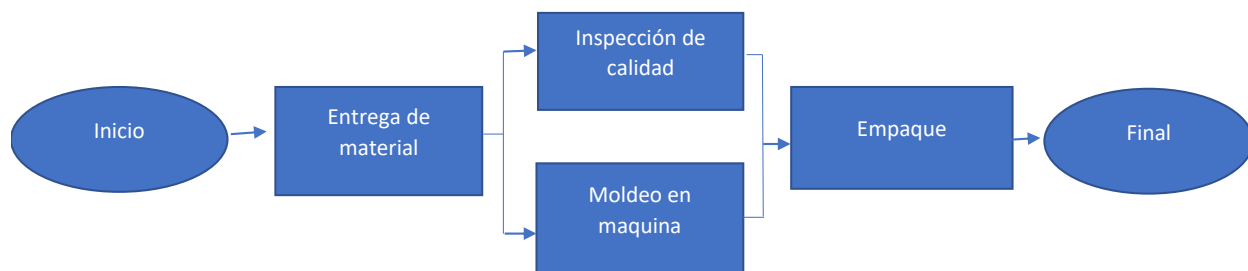


Figura 24 Diagrama de flujo propuesto

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 24, se estaría eliminando la inspección por parte de manufactura y se estaría realizando una inspección en línea por parte de calidad de proceso, ellos tienen que ir realizando la inspección mientras se va produciendo el lote y deben de haber terminado la inspección cuando el lote de producción termine.

Tabla 28

Promedio de duración y costo de la propuesta Med3

Cantidad de lote	Tiempo promedio de máquina	Tiempo promedio de inspección de calidad	Total
2000	39.26h	4.21h	39.26h
	$39.26 \times 1565 =$ ₡ 61,441.90	$4.21 \times 2000 =$ ₡ 8,420.00	₡ 69,861.90

Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver que la cantidad de horas para la liberación de un lote de 2000 unidades del Med3 sería de 39.26h ya que la operación de inspección de calidad se hace en paralelo a cómo va corriendo la máquina, por lo que en el momento en que termina el lote de producción ya se debe de haber terminado el muestreo por lo que no le agrega tiempo

adicional al proceso y el costo de realizarlo sería de ¢ 69,861.90, este sería menor a la situación actual del proceso.

Con el Med4 tendríamos el siguiente panorama:

Tabla 29

*Promedio de duración y costo de la propuesta Med4*

Cantidad de lote	Tiempo promedio de máquina	Tiempo promedio de inspección de calidad	Total
2000	24.95h	2,97 h	24.95h
	24.95 x 1565= ¢39,046.75	2.97 x 2000= ¢5,940.00	¢44,968.75

Fuente: Elaboración propia.

Se puede notar que la cantidad de horas para la liberación de un lote de 2000 unidades para el Med4 sería de 24.95 horas, el costo de realizarlo sería de ¢ 44,986.75, este sería menor a la situación actual del proceso.

Table 30

*Ahorro situación actual versus propuesta Med3*

Factores	Actual	Propuesta	Ahorro
Horas	56.88	39.26	17.62
Costo	¢ 90,848.55	¢ 69,861.90	¢ 20,986.65

Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver que para el Med3 comparando la situación actual con la propuesta se obtendría un ahorro de 17.62 horas y en el costo se obtendría un ahorro de ¢20,986.65. Estos datos son satisfactorios porque son únicamente para un lote, aplicado esto a otros lotes va a ser más notorio el beneficio.

Tabla 31

*Ahorro situación actual versus propuesta Med4*

Factores	Actual	Propuesta	Ahorro
Horas	36,20	24.95	11.25
Costo	₪57,944.95	₪44,968.75	₪12,976.20

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 31 se puede observar que el ahorro en horas sería de 11.25 horas por solo un lote en el Med4 y en costo se ahorraría ₪12,976.20. Esto le da al área de moldeo más tiempo para poder correr más lotes de producción y se ahorraría las extras que se utilizan para poder realizar las mediciones.

Si realizamos este cálculo con lo proyectado del Med3 para el 2020, con lo actual y con la propuesta podemos obtener los siguientes resultados:

Tabla 32

*Gastos situación actual versus Gastos de la propuesta del Med3*

Gastos Med3 Actual		Gasto Med3 propuesta	
Costo para liberar el lote	₪ 90,848.55	Costo para liberar el lote	₪ 69,861.90
Cantidad de lotes para el 2020	70	Cantidad de lotes para el 2020	70
Total del costo de liberar los lotes	₪ 6,359,398.50	Total del costo de liberar los lotes	₪4,890,333.00

Para la tabla 32 se tomó el costo de liberar el lote tanto con lo actual como de la propuesta de la tabla 30, esto se multiplicó con la cantidad de lotes proyectados para el 2020 del Med3 lo cual son 70, para obtener un gasto de situación actual de ₪6,359,398.50 mientras que para la propuesta dio un gasto de ₪4,890,333.00. Si se realizara la propuesta se obtendría un ahorro de ₪1,469,065.50.

Tabla 33

*Gastos de la situación actual versus propuesta del Med4*

Gastos Med4 Actual		Gasto Med4 propuesta	
Costo para liberar el lote	₡ 57,944.95	Costo para liberar el lote	₡ 44,968.75
Cantidad de lotes para el 2020	65	Cantidad de lotes para el 2020	65
Total del costo de liberar los lotes	₡3,766,421.75	Total del costo de liberar los lotes	₡2,922,968.75

Para la tabla 33 se tomó el costo de liberar el lote tanto con lo actual como de la propuesta de la tabla 31, esto se multiplicó con la cantidad de lotes proyectados para el 2020 del Med4 lo cual son 65, para obtener un gasto de situación actual de ₡3,766,421.75 mientras que para la propuesta dio un gasto de ₡2,922,968.75. Si se realizara la propuesta se obtendría un ahorro de ₡843,453.00.

Ahora para realizar ese cambio de eliminar la inspección de calidad es necesario modificar dos procedimientos. Esto conlleva de 16 horas en total y el costo por hora de un Técnico de Ingeniería de calidad para modificar los mismos es de ₡3700 colones por hora.

Tabla 34

*Costo técnico de ingeniería de calidad*

Costo técnico de ingeniería de calidad	
Horas para cambiar procedimientos	16
Costo del técnico de ingeniería de calidad	₡ 3,700.00
Total	₡ 59,200.00

Eso sería un costo total de ₡ 59,200.00. Si tomamos los costos de crear la propuesta y le sumamos lo del ingeniero nos da un total de:

Tabla 35

*Costo propuesta*

Costo propuesta		
Costo de un técnico de ingeniería	₡	59,200.00
Costo de realizar el Med3 propuesta	₡	4,890,333.00
Costo de realizar el Med4 propuesta	₡	2,922,968.75
Total	₡	7,872,501.75

Según la tabla 35 la propuesta nos da un total de ₡7,872,501.75, la situación actual nos da ₡6,359,398.50 mas ₡3,766,421.75 dando un total de ₡10,125,820.25, Siendo la propuesta más económica que seguir con la situación actual obteniendo un ahorro de

Tabla 36

*Ahorro*

Ahorro		
Costo situación actual anual	₡	10,125,820.25
Costo propuesta anual	₡	7,872,501.75
Ahorro	₡	2,253,318.50

Según la tabla 36 se puede observar que con la propuesta se obtendría un ahorro de ₡2,253,318.50 anuales, además, le aporta otros beneficios tales como:

- Proceso de calidad en línea que asegura la calidad del producto, ya que el técnico de calidad verificaría el material a cómo va saliendo de la máquina.
- Se evitaría los defectos después de haber concluido el lote y el desperdicio de material.
- El técnico de calidad estará más presente en el área para abordar dudas sobre aceptación de material.

- Los operarios de manufactura se dedicarán únicamente a la producción y los técnicos de calidad a darle seguimiento al producto, ellos son los que están más calificados para realizar estas inspecciones.

#### **5.1.1.4 Disminución de muestra**

Actualmente la cantidad de muestreo que se le realiza a los lotes de los números de parte Med3 y Med4 es un poco alto, debido a que después de que se finalizó la validación los muestreos quedaron con un AQL de 1.0 además, de que las hojas de inspección no fueron actualizadas y sigue solicitando medidas que no son críticas que a nivel de validación fueron necesarias evaluar, pero no para seguir con producción normal.

Al ser estas cantidades tan altas, provoca que los tiempos para medir el Med3 sea aproximadamente de 13.41h y para medir el Med4 sea aproximadamente de 8.28 h, tiempo que actualmente se estaría realizando después de concluir con la fabricación total del lote y que se desea cambiar con la propuesta anterior.

Para solventar esta gran cantidad de muestreo, se desea utilizar un AQL asociado mayor, donde permite muestrear una menor cantidad de unidades y de igual forma evalúa que el lote es aceptable.

Para realizar esta propuesta se necesita aproximadamente 3 horas de un ingeniero junior de calidad, el cual en Tegra Medical gana  $\text{¢}5,470.00$  para analizar las validaciones que se realizaron al Med3 y Med4, investigar si hay quejas asociadas a estos números de parte y así determinar el AQL asociado que se le puede realizar a estos números de parte.

Tabla 37

*Análisis de costo de un ingeniero*

Costo ingeniero junior de calidad	
Total de horas de análisis	3
Costo por hora de un ingeniero junior	¢5,470.00
Total del costo	¢16,410.00

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 37 podemos observar el costo que implicaría aumentar el AQL asociado para estos números de parte sería de ¢ 16,410.00, Como el proceso del Med3 y Med4 ya son procesos validados que obtuvieron un CPK>1.33, característica establecida por el cliente para determinar que la validación es aprobada y además en el histórico de calidad no ha habido quejas, ni devolución de material, además el proceso de moldeo se trabaja por medio de moldes que no varían en cada inyección, solo se le realiza mantenimiento preventivo para asegurar que no haya tenido algún golpe que pueda variar la pieza, por esta razón se puede establecer un AQL mayor al utilizado.

Actualmente se utiliza un AQL asociado de 1.0 pasaría a un AQL asociado de 1.5, lo cual la muestra pasaría de 42 muestras a 35 para un lote de 2000 unidades, esta cantidad está determinada según la tabla siguiente.

Lot size	Index values (associated AQLs)															
	.010	.015	.025	.040	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0
	Sample size															
2-8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	3	2	2
9-15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13	8	5	3	2
16-25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	13	8	5	3	2
26-50	*	*	*	*	*	*	*	*	32	20	13	8	5	5	5	3
51-90	*	*	*	*	*	*	80	50	32	20	13	8	7	6	5	4
91-150	*	*	*	*	*	125	80	50	32	20	13	12	11	7	6	5
151-280	*	*	*	*	200	125	80	50	32	20	20	19	13	10	7	6
281-500	*	*	*	315	200	125	80	50	48	47	29	21	16	11	9	7
501-1200	*	800	500	315	200	125	80	75	73	47	34	27	19	15	11	8
1201-3200	1250	800	500	315	200	125	120	116	73	53	42	35	23	18	13	9
3201-10,000	1250	800	500	315	200	192	189	116	86	68	50	38	29	22	15	9
10,001-35,000	1250	800	500	315	300	294	189	135	108	77	60	46	35	29	15	9
35,001-150,000	1250	800	500	490	476	294	218	170	123	96	74	56	40	29	15	9
150,001-500,000	1250	800	750	715	476	345	270	200	156	119	90	64	40	29	15	9
500,001 and over	1250	1200	1112	715	556	435	303	244	189	143	102	64	40	29	15	9

Figura 25 Tabla ANSI por AQL's

Fuente: Departamento de producción

Según la tabla anterior podemos ver que si disminuye el muestreo de 42 unidades a 35 esto sería 7 unidades y además se eliminarían de las hojas de inspección las medidas que no son críticas, disminuyendo el tiempo que se dura realizando las muestras.

Si se implementa la propuesta anterior de que el técnico de calidad sea el que realice el muestreo, él haría su muestreo según la cantidad de este AQL asociado nuevo, la máquina está programada para que cada cierta cantidad de piezas ella suene una alarma para que se saque una pieza de cada cavidad, esta programación cambiaría para agregar el nuevo AQL asociado por lo que la máquina va sonar según el cálculo que ella haga, entonces por turno el muestreo se haría aleatorio y cumpliendo con la cantidad que se tiene que sacar durante el turno.

A continuación, podemos ver el cálculo de lo que duraba producción realizando su muestreo contra lo que duraría, calidad realizando el muestreo ya con el AQL disminuido:

Tabla 38

*Tiempos y costos de inspección para el Med3*

Costo con la situación actual para el Med3		Costo de la propuesta para el Med 3	
Tiempo inspeccionando	13.41	Tiempo inspeccionando	3.66
Costo de operario por hora	¢1,565.00	Costo de técnico de calidad por hora	¢ 2,000.00
Total	¢20,986.65	Total	¢7,320.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 38 se puede apreciar que con la reducción de AQL para el Med3 en un lote de 2000 unidades tomando los tiempos promedio, si hay una reducción de tiempo de inspección y de costo de realizarla, se está reduciendo el tiempo de inspección de 13.41 a 3.66 horas , este dato se obtuvo por medio de una prueba piloto donde se eliminó la inspección por parte de manufactura y se dejó únicamente la que realizaba calidad y además con la reducción de muestra y el costo de realizarlo es de ¢20,986.65 con la situación actual a ¢7,320.00 con la propuesta, esta reducción de muestreo ya sería realizado por el técnico de calidad Final.

Tabla 39

*Tiempos y costos de inspección para el Med4*

Costo con la situación actual para el Med4		Costo de la propuesta para el Med 4	
Tiempo inspeccionando	8.28	Tiempo inspeccionando	2.47
Costo de operario por hora	¢1,565.00	Costo de técnico de calidad por hora	¢2,000.00
Total	¢12,958.20	Total	¢4,940.00

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que con la reducción de AQL para el Med4 en un lote de 2000 unidades tomando los tiempos promedio también hay una reducción de tiempo de inspección y de costo de realizarla, se está reduciendo el tiempo de inspección de 8.28 a 2.47 horas, este resultado es un promedio realizado donde se elimina la inspección por manufactura y se deja solo la inspección de calidad en línea, para este número de parte no se corrió una prueba piloto por lo que el dato fue obtenido por un promedio del historial, el costo de realizarlo con la situación actual es de ¢12,958.20 y con la propuesta es de ¢4,940.00.

Según la tabla 38 y la tabla 39 en los dos números de parte hay una reducción de tiempo y de dinero. Si calculamos los valores de la situación actual y los de la propuesta con las proyecciones que se tiene para el 2020 donde serian para el Med3 70 lote y para el Med4 65 podemos apreciar los siguientes resultados.

Tabla 40

Calculo situación actual con proyección

Calculo situación actual con proyección			
Número de parte	Med3	Med4	
Costo actual	¢ 20,986.65	¢ 12,958.20	
Lotes proyección	70	65	
Total	¢ 1,469,065.50	¢ 842,283.00	¢ 2,311,348.50

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se tomó el costo actual de la tabla 38 para el Med3 se multiplica por los 70 lotes proyectados y obtendríamos un total de ¢1,469,065.50, para el Med4 se tomó el costo actual de la tabla 39 se multiplica por los lotes proyectados que son 65 y se obtendría un total de ¢842,283.00 siendo un total de ¢2,311,348.50.

Tabla 41

Cálculo de la propuesta con proyección

Calculo propuesta con proyección			
Número de parte	Med3	Med4	
Costo de la propuesta	₺ 7,320.00	₺ 4,940.00	
Lotes proyección	70	65	
Total	₺ 512,400.00	₺ 321,100.00	₺ 833,500.00

Fuente: Elaboración propia

Con la propuesta se tomó el costo de la propuesta de las tablas 38 y 39 se multiplicó por los lotes proyectados 70 para el Med3 y 65 para el Med4, se puede apreciar que con la propuesta proyectada tendría un costo de ₺833,500.00 por haber reducido el AQL y eliminado las medidas que no son críticas.

A esta suma de la propuesta con proyección se le suma el costo del ingeniero de calidad que realizó el análisis para disminuir el muestreo que sería ₺16,410.00 por lo que nos daría un total de ₺833,500.00 + ₺ 16,410.00 dando un total de ₺849,910.00.

Tabla 42

Cálculo de ahorro actual versus propuesta

Factor	Actual	Propuesta	Ahorro
Costo	₺2,311,348.50	₺849,910.00	₺1,461,438.50

Fuente: elaboración propia

Según la tabla 42 con la propuesta nueva se estarían ahorrando ₺1,461,438.50 en un año con los dos números de parte Med3 y Med4.

### **5.1.1.5 Formato de Documentación compleja**

Al finalizar la producción de un lote y la medición de este, los operadores del área de Moldeo deben de revisar la documentación para asegurarse de que la misma no contenga errores. Debido al formato de las hojas de inspección, el proceso es lento y tarda más tiempo del que los operadores quisieran.

Actualmente la primera hoja es relacionada a la característica de la cavidad 1 y esta hoja permite tomar hasta 11 datos máximo. Sin embargo, los muestreos usuales son de 42 piezas. Lo complicado es que la hoja siguiente es relacionada a la cavidad 2 y no es la continuación de las muestras de la primera hoja referentes a la cavidad 1. Esto provoca que a la hora de revisar los datos se deban tener varios juegos de hojas en la mano lo que provoca que la atención de quien revisa deba de estar en varias hojas a la vez. Esto lo hace menos preciso y más lento. A su vez calidad vuelve a revisar esos datos y tienen los mismos inconvenientes.

Otro asunto es que todas las dimensiones No-Criticas que por validación deben ser medidas y que para lotes regulares no son necesarias aún están presentes en los formularios de inspección. Esto hace que la cantidad de datos a ser revisados casi se triplique lo cual aumenta aún más el tiempo de revisión.

Basado en la problemática descrita anteriormente se propone como solución la modificación de los formularios de inspección actuales. El cambio consistiría en modificar el formato para que sea más fácil de revisar y la remoción de las medidas no críticas para que se dure menos tiempo revisándolos.

Para justificar la solución anterior se midió el tiempo en 4 lotes de producción diferentes para obtener lo que tardan los operarios en revisar la documentación antes de pasarla a inspección de calidad. Estos lotes fueron realizados en septiembre 2019.

Tabla 43

*Tiempos de revisión por lote y promedio efectuado por los operadores*

Lote	Tiempo de revisión (Min)	Número de Parte	Tiempo de revisión Promedio (Min)
27147	28	Med3	30.25 Min (0.5 horas)
27148	32		
27427	27	Med4	
27426	34		

Fuente: Elaboración propia.

A estos tiempos que se tomaron que se ven reflejados en la tabla 43 se le saco un promedio y se obtuvo un tiempo promedio de 30.25 min. También se realizaron unas modificaciones piloto en los formularios de cada uno de los números de parte (Med3 y Med4) y se utilizaron en un lote cada uno para poder comparar el tiempo necesario de revisión de documentación.

Tabla 44

*Tiempos de revisión de documentación por lote y promedio, efectuado por los operadores después de las modificaciones en los formularios.*

Lote	Tiempo de revision (Min)	Número de Parte	Tiempo de revisión Promedio (Min)
27181	12	Med3	12.5 Min (0.20 horas)
27145	13	Med4	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 44 se puede observar el tiempo promedio que dio como resultados los lotes pilotos el cual fue de 12.5 min, lo cual comparado con lo actual se da una reducción de 17.75 Min en el cambio del formulario.

Basado en los tiempos hipotéticos que tomaría la revisión de la documentación se hizo un cálculo de costos para ver si la propuesta es rentable el cual se muestra a continuación.

Tabla 45

Costos de modificación de documentos y costo de revisión después de la modificación de los formatos.

Costos Técnico Ingeniería de Calidad	
Duración promedio de modificación de un formulario de medición (Horas)	1
Total de formularios necesarios de modificar.	2
Total de horas necesarias	2
Costo por Hora técnico de ingeniería de calidad por la cantidad de horas	$3800 \times 2 = \text{¢}7,600.00$
Costo de Revisión hipotética con el nuevo formato	$(0.20 \text{ Horas} \times 135 \times \text{¢}1565) = \text{¢}42,255.00$
<b>Total</b>	<b>¢49,855.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 45 podemos ver que el costo de revisión hipotético después de la modificación de los formularios es de ¢42,255.00 para llegar a esto se necesitó el tiempo de duración de modificación de un formulario el cual es de una hora, si se necesita modificar 2 sería en total 2 horas, el costo por hora del técnico de ingeniería de calidad para realizar este cambio sería de ¢7,600.00 y el costo de revisión hipotético según el cálculo realizado en

la tabla 44 por los 135 lotes proyectados del Med3 y Med4 por el costo del operario da un total de ¢42,255.00, dando un total de costo de la propuesta de ¢49,855.00.

Caso contrario si seguimos con la situación actual de la empresa obtendríamos lo siguiente:

Tabla 46

*Costos de operario con la situación actual de revisión de documentos según proyección.*

Costos Operario	
Tiempo promedio Revisión de documentación	30.25m (0.5h)
Total de Lotes a producir en 2020	135
Total de horas que se gastarían en revisión de documentación	67.5
Costo x Hora	¢1 565
Total	¢ 105 637,5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede ver el tiempo promedio de revisión dado en la tabla 43 que es de 30.25 min o 0.5 representado en horas por los 135 lotes proyectados para el MEd3 y Med4 para 2020 nos da un total de 67.5 horas que se gastaría en revisión, multiplicado por el costo del operario que son ¢1,565.00 nos da un total de ¢105,637.5.

Con base en el estudio de costos expuesto anteriormente se evidencia que el cambio de la propuesta nos daría un costo de ¢49,855.00 y si se sigue revisando a como está actualmente tendría un costo de ¢105,637.5, lo cual es mayor al dato propuesto.

Una vez expuestas todas las soluciones anteriores y realizados los cálculos financieros para evaluar la viabilidad de cada una desde el punto de vista económico, se procedió a realizar un análisis costo beneficio de proyecto a nivel macro el cual incluía todas las soluciones planteadas. El mismo puede verse en la tabla 47 a continuación:

Tabla 47

*Análisis costo beneficio*

	Inspeccion en línea (Costos Colones)	Habilitar equipos para el Area de moldeo (Costos Colones)	Doble muestreo por Sistema de calidad (Costos Colones)	Disminucion de la muestra (Costos Colones)	Formato de Documentación compleja (Costos Colones)	Totales Colones	Costos+Inversion Colones	Beneficio/Costo
Costo Actual	₡ 10,169,653.65	₡ 212,683.50	₡ 10,125,820.25	₡ 2,311,348.50	₡ 105,637.50	₡ 22,925,143.40	₡ 18,357,626.75	1.25
Costo Propuesta	₡ 221,360.00	₡ 148,000.00	₡ 7,872,501.75	₡ 849,910.00	₡ 49,855.00	₡ 9,141,626.75		
Inversion	₡ 9,216,000.00	0	0	0	0	₡ 9,216,000.00		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este análisis costo/beneficio, el costo actual de la inspección en línea sale de la tabla 23 y el costo de la propuesta sale de la resta del costo total del sistema de inspección propuesto menos la inversión de los técnicos de calidad igual de la tabla 23, la inversión se ve también en la tabla 23, el costo actual de habilitar equipos y el costo de la propuesta sale de la tabla 25, el costo actual y el costo de la propuesta del doble muestreo sale de la tabla 36, el costo actual de la disminución de muestreo sale de la tabla 40 y costo de la propuesta sale de la suma del ahorro de la tabla 42 más el costo del ingeniero, el costo actual del formato de documentación compleja sale de la tabla 46 y el costo de la propuesta de la tabla 45.

Se realiza la suma de todos los gastos actuales, después la suma de los costos de las propuestas más la inversión y se divide el resultado de esas dos sumas y nos da un resultado de costo beneficio de 1.25 como lo muestra la tabla 47. Basado en lo anterior se considera que el proyecto es financieramente viable ya que ese cociente es mayor

que 1. Esto significa que por cada colon que se está gastando, se van a ahorrar 0.25 colones gracias a las soluciones propuestas.

### **5.1.2 Hacer (Prueba Piloto).**

Para poder conocer los resultados o el comportamiento de las propuestas de mejora, se creó un plan piloto para ver este comportamiento y conocer si hay alguna mejora en los tiempos del proceso de moldeo que impactara de forma positiva las entregas a tiempo de los lotes en tiempo.

Se realizó un borrador de los documentos como parte de los cambios. En estos se evidencia la nueva forma de trabajar las operaciones tanto producción como calidad. Se realizó el borrador de las hojas de inspección donde incluye solamente las medidas críticas y con un AQL de 1.5 (El cual requiere un tamaño de muestra más pequeño que el actual) para las medidas críticas.

Al tener ya la documentación lista en borrador para evaluarlo, se creó un job de desarrollo.

Los Jobs de desarrollo son utilizados en Tegra Medical para realizar los estudios de comportamiento máquina versus material, en este caso no cambia ni se altera el proceso que construye el dispositivo, lo que se cambia es el orden de las operaciones que conforman el proceso.

Las soluciones ya mostradas en este capítulo fueron presentadas a la Gerencia de Tegra Medical. Una vez conocidos los posibles resultados este Grupo de Gerencia estuvo muy anuente de correr un lote en seco para comprobar los resultados esperados. En esa

misma reunión se acordó que se iba a proporcionar los recursos de máquina, humanos y de material para poder realizarlo.

El job de desarrollo se realizó por 2000 unidades para cubrir la cantidad estándar de un lote de producción y tener mejor evidencia objetiva para tomar decisiones con respecto a los resultados obtenidos.

Este job fue creado sin la operación de inspección Final ya que la inspección se realizaría en proceso y las mediciones se realizaron en los equipos ubicados en el cuarto limpio del CR2.

### 5.1.3 Medir (Resultados del lote Piloto).

El lote de desarrollo D-2817 fue corrido con todas las características descritas en la sección 5.1.2 (Hacer). Estos resultados pueden observarse en la tabla 48.

Tabla 48

*Resultados en tiempos en el lote de desarrollo corrido para probar el nuevo sistema de inspección*

Med 3							
Lotes	Cantidad	Operación de Moldeo		Operación de Calidad		Total de Horas	Tiempo de Ciclo por Lote
		Máquina	Tiempo de Inspección	Tiempo de espera en Calidad	Tiempo de Inspección de Calidad		
D-2817	2000	39.5 H	366 H	0 H	0 H	39.5	71.1

Fuente: Elaboración propia.

El lote de prueba se corrió usando el dispositivo Med3, ya que es el número de parte con más demanda y por ende el más significativo.

En la tabla 15 del presente trabajo se muestran los tiempos de los diferentes lotes evaluados en el presente trabajo utilizando el formato de medición actual. Se puede notar que para los lotes de 2000 piezas el tiempo total del lote más rápido fue de 71.90 horas y el más lento que también se hizo de 2000 piezas duro 74 horas.

Al comparar estos tiempos con los datos de la tabla 48 se puede notar que el tiempo total es de 39.5 horas con el nuevo sistema de inspección. Esto representa 32.4 horas menos que el tiempo del lote más rápido con el método de inspección actual. Eso equivale a un ahorro de 45 % en cuanto al tiempo total de proceso de un lote.

Estos resultados fueron mostrados nuevamente a la Gerencia y los comentarios fueron muy satisfactorios y se comentó la intención de implementarlos a la mayor brevedad posible para poder mejorar los tiempos de entrega del área de Moldeo.

Con base en todo lo anterior se concluye que la prueba piloto se considera exitosa y documenta evidencia de que las soluciones propuestas en el presente trabajo son eficaces.

#### **5.1.4 Actuar (Definición de fechas para implementación).**

Con base en los resultados obtenidos en la medición (Sección 5.1.3), los cuales fueron comunicados a la Gerencia, se pudo obtener la aprobación de esta para poner por obra las soluciones planteadas y la aprobación de los recursos necesarios.

Para lo anterior se generó un diagrama de Gantt con el objetivo de poner fecha a todas las actividades necesarias para la implementación definitiva de las soluciones.

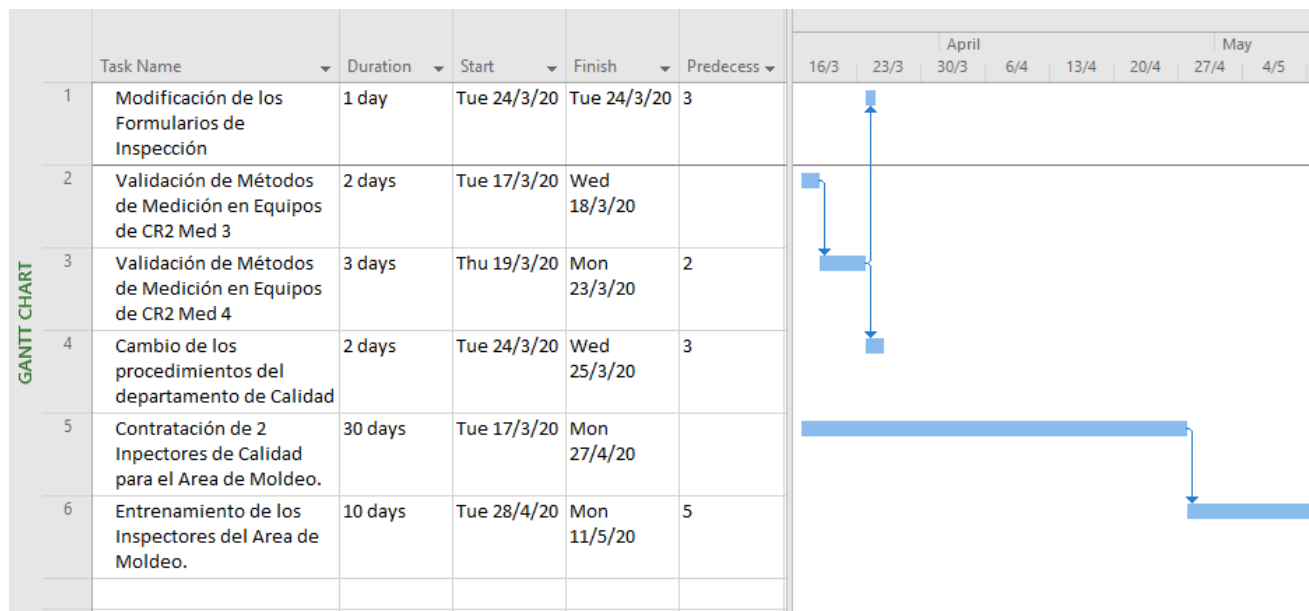


Figure 26 Diagrama de Gantt de actividades de implementación

Fuente Elaboración propia

La Gerencia comunicó que los recursos iban a estar disponibles a partir de la segunda semana de marzo y por esto es la fecha de inicio de actividades. Con esta fecha de inicio se generó el diagrama de la figura 26 y respetando los tiempos requeridos para cada actividad la fecha de finalización es el 5 de mayo del 2020.

Este diagrama de Gantt se le facilita a la organización para que la empresa tenga la facilidad de implementar las soluciones planteadas en el presente proyecto en las fechas indicadas.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

- Se logró identificar como se compone el proceso en el departamento de moldeo en Tegra Medical mediante la elaboración de un diagrama de flujo el cual permite ver cuáles son las operaciones que conforman el proceso de moldeo.
- Se realizó una evaluación de tiempos históricos empleados en la liberación de los lotes, para conocer cual operación era la que presentaba más tiempos y provocaba los atrasos en la liberación de los lotes, se determinó que estaba relacionada con los tiempos de medición.
- Se brindaron propuestas de mejora relacionadas con el sistema de medición de las piezas en el departamento de moldeo, mediante un análisis de las causas que permitía ver cuáles eran los factores que intervenían en el proceso de medición.
- Se realizó un análisis de costo beneficio que incluía cada una de las propuestas para poder determinar si era viable o no el proyecto y se obtuvo un resultado de 1.25 lo cual dice que de cada colon que se está ganando, se va ahorrar 0.25 colones.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere utilizar equipos donde se pueda implementar la automatización de medición para mejorar los tiempos de inspección y disminuir el recurso humano.
- Aplicar las mejoras a los demás productos de moldeo ya que el proceso es el mismo y además evaluar las otras áreas (metales y producto terminado) para determinar si se pueden aplicar las mismas mejoras.
- Estandarizar los criterios de calidad en todo el departamento de moldeo, mediante entrenamientos.
- Organizar el planeamiento por prioridades en los lotes de moldeo, además programar correctamente al suplidor interno para no generar atrasos en el arranque de los lotes.

## 7.0 Bibliografía

Armijo, Marianela (2010). Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño. Montevideo, Uruguay: ILPES/CEPAL. Recuperado de:

[https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/5/39255/INDICADORES\\_METODOLOGIA\\_AECID\\_MARMIJO.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/5/39255/INDICADORES_METODOLOGIA_AECID_MARMIJO.pdf)

Baca Urbina, Gabriel et al (2014) Introducción a la Ingeniería Industrial, segunda edición, México

Ballester Salas, Nuria. (2005). Tecnología de proceso y transformación de materiales. Primera edición. Barcelona, España.

Casal, Jordi y Enric Matu (2003) Tipos de Muestreo. Revisión 1, Barcelona.

Galán Amador, Manuel. (2009) La entrevista en investigación. Recuperado de:

<http://manuelgalan.blogspot.com/2009/05/la-entrevista-en-investigacion.html>

Guido Saenz, Rolando. (2010) Técnicas básicas de control de calidad. Primera edición. San Jose, Costa Rica. Ed: EUNED.

Gutiérrez Pulido, Humberto. (2014). Calidad y Productividad. Cuarta edición, México: Ed, McGraw-Hill

Gutiérrez Pulido, Humberto. (2013). Control Estadístico de la calidad y seis sigma. Tercera edición, México: Ed, McGraw-Hill

Morillo, M. (2001). Rentabilidad Financiera y reducción de costos. 4 ed. Merida, Venezuela


Squeglia, Nicholas L. (2008) Zero Acceptance number sampling plans. 5<sup>th</sup> ed. Milwaukee, Estados Unidos.

The Quality Group (2012). All rights reserved. Version 5.0 Enero, 2012

Val, Sonia y Valtueña, Jesus (2007) Calidad. 1 ed, España

## 8.0 Anexos

### ANEXO I Formato de entrevista

ENCUESTA			
Puesto:		Respuestas:	
Area:	Turno:		
Nota: Favor responder las siguientes preguntas con una X según corresponda, su criterio será analizado de manera anónima y representara un aporte importante para el proyecto			
PREGUNTAS		SÍ	NO
1	¿Existen procesos de producción que se deben de mejorar?		
2	¿Considera usted que el proceso de Moldeo podría ser más efectivo?		
3	¿Considera que el tiempo de ciclo es más lento que el tiempo de inspección?		
4	¿Las inspecciones realizadas al producto son lentas?		
5	¿Considera que el proceso de Medición debe de ser mejorado?		
6	¿El equipo de Medición está disponible y en el lugar correcto?		
7	¿La cantidad de Muestras realizadas es excesiva?		
8	¿El personal de producción tiene las aptitudes y el entrenamiento necesario para realizar los muestreos?		
9	¿Los Métodos de medición deben de mejorarse?		
10	¿Está de acuerdo en realizar una lluvia de ideas sobre el proceso de medición de moldeo?		
Anotaciones:			

Anexo II  
Formato de Lluvia de Ideas

ENCUESTA		
<b>Cuesto:</b>		
Area:		<b>Turno:</b>
Nota: Favor colocar en la siguiente hoja, lo que influye en los atrasos en la liberación de los lotes de moldeo, además de una puntuación de cual cree que es el que ocasiona más atrasos siendo 10 el de más y 1 el de menos		
	<b>Causas</b>	<b>Puntuación</b>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		





Anexo IV

Información del Med3 en JobBoss

JobBOSS Version 11.12 - (Database: Costa Rica)

File Edit View Help

Back Forward Guide Home JobBOSS Portal Workflow Quality CRM ShopAlerts ShopView ShopStats Help Close

JobBOSS Explorer Modules My Space Reports

JobBOSS
 

- Order Processing
  - Job Entry
- Shop Floor Control
- Material Control
- Labor Reporting
- Shipping
- Data Collection
- Accounts Payable
- System Administration

Command Job Entry

Job Entry

Edit New Auto Number Print Export Preview Setup Export

Collapse to hide search criteria

Job Customer Customer PO Status  Include Components  Notify Shop Only [Filter on Custom Fields](#)

Part Description

Drawing

Job	L...	Customer	Customer...	Line	Part	Revision	Description	Order Date	Order ...	St ^
23855	0	ART-05	45120807	1	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	7/4/2018	2000	Cic
23856	0	ART-05	45120807	2	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	7/4/2018	2000	Cic
24533	0	ART-05	45123200	3	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	11/29/2018	2000	Cic
24531	0	ART-05	45123200	1	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	11/29/2018	2000	Cic
24532	0	ART-05	45123200	2	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	11/29/2018	2000	Cic
24218	0	ART-05	45122215	1	48223	G	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	10/11/2018	5000	Cic
23857	0	ART-05	45120807	3	48223	H	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	7/4/2018	2000	Cic
24534	0	ART-05	45123200	4	48223	H	DISPOSABLE DRILL GUIDE, 2.8 MM	11/29/2018	2000	Cic

Collapse to hide details

Deliveries Notes

Requested	Promised	Prom Qty	Rem Qty	Shipped	Shippe...	Packlist	Returned	Return...	Retur...
5/4/2019	5/4/2019	2000	0	5/2/2019	2216	105650		0	

Job Entry

## Anexo V

## Cuadro Macro de la Información del Med4

Job	QTY	Fecha de inicio	tiempo en maq Hrs	Tiempo de Inspeccion en Moldeo	Tiempo de Inspeccion en Calidad	Tiempo de espera en calidad	Tiempo por pieza horas	Tiempo por pieza Min	Tiempo de ciclo en Seg
23852	2000	1/11/2019	24.20	8.50	3.20	16.00	0.012	0.73	43.56
23853	2000	1/12/2019	25.20	8.20	3.50	16.00	0.013	0.76	45.36
23854	2000	2/12/2019	24.90	9.10	2.90	16.00	0.012	0.75	44.82
24386	3000	2/26/2019	37.20	7.90	3.00	16.00	0.012	0.74	44.64
24387	1500	3/12/2019	18.50	8.40	3.10	16.00	0.012	0.74	44.40
25813	3000	5/22/2019	37.90	8.70	2.80	16.00	0.013	0.76	45.48
24389	3000	5/18/2019	37.24	9.20	2.75	16.00	0.012	0.74	44.69
24388	2000	5/3/2019	24.70	7.20	2.60	16.00	0.012	0.74	44.46
24388-0	500	5/14/2019	6.50	4.70	2.80	16.00	0.013	0.78	46.80
25815	2000	6/10/2019	25.10	7.80	2.50	16.00	0.013	0.75	45.18
25814	2000	6/5/2019	25.60	8.90	3.10	16.00	0.013	0.77	46.08
25316	3500	7/4/2019	44.20	9.20	4.40	16.00	0.013	0.76	45.46
25317	3500	8/6/2019	43.90	8.80	4.00	16.00	0.013	0.75	45.15
Tiempo de ciclo teorico									44.00

Anexo VI

Información del Med4 en JobBoss

JobBOSS Version 11.12 - (Database: Costa Rica)

File Edit View Help

Back Forward Guide Home JobBOSS Portal Workflow Quality CRM ShopAlerts ShopView ShopStats Help Close

JobBOSS Explorer Modules My Space Reports

JobBOSS
 

- Order Processing
  - Job Entry
- Shop Floor Control
- Material Control
- Labor Reporting
- Shipping
- Data Collection
- Accounts Payable
- System Administration

Command Job Entry

Job Entry

Edit New Auto Number Print Export Preview Setup Export

Collapse to hide search criteria

Job Customer Customer PO Status  Include Components  Notify Shop Only  
 (all) [Filter on Custom Fields](#)

Part Description

Drawing

Job	L...	Customer	Customer...	Line	Part	Revision	Description	Order Date	Order ...	St ^
23852	0	ART-05	45120808	1	48227	E	OBTURATOR FOR 2.8 MM	7/4/2018	2000	Cic
23853	0	ART-05	45120808	2	48227	E	OBTURATOR FOR 2.8 MM	7/4/2018	2000	Cic
24386	0	ART-05	45122830	1	48227	E	OBTURATOR FOR 2.8 MM	11/12/2018	3000	Cic
24387	0	ART-05	45122830	2	48227	E	OBTURATOR FOR 2.8 MM	11/12/2018	1500	Cic
23854	0	ART-05	45120808	3	48227	E	OBTURATOR FOR 2.8 MM	12/4/2018	2000	Cic
25813	0	ART-05	45123811	1	48227	F	OBTURATOR FOR 2.8 MM	5/10/2019	3000	Cic
24389	0	ART-05	45122830	4	48227	F	OBTURATOR FOR 2.8 MM	11/12/2018	3000	Cic
24388	0	ART-05	45122830	3	48227	F	OBTURATOR FOR 2.8 MM	11/12/2018	2000	Cic

Collapse to hide details

Deliveries Notes

Requested	Promised	Prom Qty	Rem Qty	Shipped	Shippe...	Packlist	Returned	Return...	Retur...
5/6/2019	5/6/2019	1500	0	5/17/2019	2100	105702		0	

Job Entry

