

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial

**Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas
del número de parte 90504247 en la empresa Smith and**

Nephew

AUTOR

Héctor Picado Jiménez

TUTOR

Ing. Allan Maroto Coto

LECTOR

Ing. Diana Lobo Rodríguez

San José, agosto, 2023

Dedicatoria

Para mi madre Ghiselle Jiménez Cordero, mis hermanas Andrea Picado Jiménez y Alejandra Picado Jiménez y mis abuelos Ana Cordero Vargas y Danilo Jiménez Fernández, por su constante ayuda, paciencia y apoyo que me brindaron durante los años de estudio en la universidad.

A mi bisabuela María Luisa Cordero Vargas, por motivarme a seguir estudiando y enseñarme a pesar de los obstáculos que se presentan en la vida, siempre se pueden superar estos.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a mi madre Ghiselle Jiménez Cordero, mi hermana Andrea Picado Jiménez y a mi abuela Ana Cordero Vargas, quienes me apoyaron en todo momento para salir adelante y poder terminar de estudiar Ingeniería Industrial.

También, quiero agradecer a los ingenieros Yendry Barrantes, Jose Pablo Moreira, Erick Ocampo y Walter Herrera, por su ayuda y apoyo a lo largo del desarrollo de mi tesina, que con su conocimiento en la materia me permitieron llevar a cabo la investigación.

Igualmente, quiero agradecer a los amigos y compañeros que me ayudaron con sus consejos y guía durante el desarrollo de mi tesina para lograr en cada uno de los capítulos de la investigación.

Finalmente, le agradezco a mi tutor Allan Maroto Coto, por su guía, su paciencia y su apoyo para avanzar en el desarrollo de la información del presente trabajo de investigación.

Carta de aprobación del tutor

San José, 09 julio 2023

Señores.
Departamento de Registro
Universidad Internacional de las Américas

Estimado señor:

Por este medio notifico formalmente que el trabajo final de graduación del estudiante **Héctor Picado Jiménez**, cédula **1-1684-0454**, titulado **Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew**, cumple con los requisitos para la defensa final.

Hago constar que he revisado y aprobado el documento con nota de **90%**, considerando los siguientes criterios establecidos en el Reglamento Académico de la Universidad:

	Criterio	Calificación asignada	Calificación Obtenida
1.	Cumplimiento de entregas de avance	20%	18%
2.	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación, proyecto o práctica	30%	27%
3.	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones o del producto final del proyecto o práctica	25%	22%
4.	Calidad y detalle del marco teórico	25%	23%
	TOTAL		90%

Sin otro particular se despide,

ALLAN ALBERTO
 MAROTO COTO (FIRMA)

Firmado digitalmente por ALLAN
 ALBERTO MAROTO COTO (FIRMA)
 Fecha: 2023.07.09 11:02:58 -06'00'

Tutor de la Investigación
Ingeniero Allan Maroto Coto

Carta de revisión filológica

San José, 19 de julio de 2023

Señores.

Departamento de Registro

Universidad Internacional de las Américas

Estimados señores:

En mi condición de profesional colegiado en el Área de la Filología y Lingüística, doy fe de haber leído, revisado y corregido totalmente el trabajo final de graduación titulado: Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew del estudiante Héctor Picado Jiménez, cédula 1-1684-0454 para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y corregido errores gramaticales, de puntuación y ortografía, construcción de párrafos, vicios del lenguaje y otros aspectos relacionados en el campo filológico, que se manifestaron en el documento escrito. Desde ese punto de vista, considero que, con las correcciones realizadas en el documento, está listo para ser presentado como trabajo final de graduación; por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad Internacional de Las Américas.

Atentamente,

**MARIA FAUSTINA
CHANG MURILLO
(FIRMA)**  Firmado digitalmente por
MARIA FAUSTINA CHANG
MURILLO (FIRMA)
Fecha: 2023.07.19 17:15:51
-06'00'

Faustina Chang Murillo

Cédula 400950462

Carné 1807

Colegio de Licenciados y Profesores

Carta incorporación de las modificaciones al TFG

San José, 21 agosto del 2023

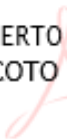
Señores.
Departamento de Registro
Universidad Internacional de las Américas

Estimados señores

Por este medio notifico formalmente que el trabajo final de graduación del estudiante Héctor Picado Jiménez, cédula 1-1684-0454, titulado Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew, tiene incorporadas todas las recomendaciones que se brindaron durante la defensa oral del documento.

Sin otro particular se despide,

ALLAN ALBERTO
MAROTO COTO
(FIRMA)



Firmado digitalmente
por ALLAN ALBERTO
MAROTO COTO (FIRMA)
Fecha: 2023.08.21
21:05:31 -06'00'

Ing. Allan Maroto Coto
Tutor de la Investigación

Declaración jurada

Yo Héctor Picado Jiménez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1684-0454 hago constar por medio de este 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 Calificador de mi trabajo de investigación para optar por el grado de Bachillerato, en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew, es una obra original e inédita 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 pueda 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 19 días del mes de Julio de 2023


116840454
Firma y cédula del estudiante

Solicitud de defensa

San José, 19 de julio de 2023

Señores.

Departamento de Registro

Universidad Internacional de las Américas

Estimados señores:

Por este medio les solicito por favor otorgarme fecha para la presentación de mi proyecto final de graduación titulado Propuesta de eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew. Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial. Lo anterior debido a que considero que el documento se encuentra listo para su defensa.

Sin otro particular se despide,

Héctor Picado Jiménez 116840454

Nombre y cédula del estudiante

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Smith and Nephew, empresa ubicada en la Zona Franca El Coyol, la compañía tiene aproximadamente nueve años de tener presencia en el país y su enfoque es el sector de dispositivos médicos deportivos.

El proyecto se lleva a cabo en el área de producción de moldeo, donde se presenta un problema con un flash en el número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm por lo que la producción de dicho número de parte se afecta al detener la máquina para evaluar la razón por la cual las piezas están teniendo el flash, pues este no se encuentra dentro de especificación, por lo tanto, el presente trabajo desea proponer eliminación del flash en el número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm para poder reanudar su producción.

Se establece el objetivo general del proyecto, así como los objetivos específicos, se conoce el problema que tiene la empresa en el área de moldeo, se realiza un diagnóstico del problema en el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm donde se mide y se analiza las causas y consecuencias por las piezas presenten flash alrededor de la pieza, teniendo como consecuencia no generar aproximadamente 400 000 dólares por detener la producción en un periodo de cinco meses.

En la propuesta se recomienda realizar la reparación de la cavidad para poder reanudar prontamente la producción, así como la compra de tres cavidades y tres pines formadores para tener de resguardo en caso de que alguna cavidad se dañe durante la producción de las piezas, también se propone la actualización de los procedimientos de mantenimiento del área de moldeo para así sean más claros en sus instrucciones y también la nivelación de conocimientos de los técnicos de moldeo en mantenimiento de moldes.

En el análisis económico se realiza para determinar la factibilidad de la propuesta planteada en este proyecto, donde se obtiene la propuesta es factible, pues en menos de seis meses se recuperaría la inversión para llevar a cabo la propuesta.

CONTENIDO

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	2
Carta de aprobación del tutor	3
Carta de revisión filológica	4
Carta incorporación de las modificaciones al TFG.....	5
Declaración jurada.....	6
Solicitud de defensa	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
TABLAS	14
FIGURAS.....	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	18
Generalidades de la Empresa.....	19
Ortopedia.....	20
Sport Medicine.....	22
Tratamiento avanzado de heridas.....	25
Otorrinolaringología	28
Ubicación	30
Propósito	31
Propósito de Smith & Nephew Costa Rica	31
Política de calidad	31
Política de Salud, Seguridad y Ambiente (HSE)	32
Organigrama	33
Principios de Excelencia Operacional	33
Footprint Ultra PK	36

	10
Planteamiento del problema	37
Objetivos.....	38
Objetivo General	38
Objetivos Específicos.....	38
Justificación.....	38
Antecedentes.....	38
Tesis	39
Artículos.....	40
Proyecciones	41
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	42
Conceptos Generales	42
Moldeo por inyección	42
Cavidad	43
Molde	43
Demanda	44
Producción	45
Stock	45
Proceso.....	45
Procedimiento	46
Tolerancia	46
Producto No Conforme	46
Validación	46
Protocolo de validación.....	46
Reporte de validación	46

Instrumento de medición.....	47
Herramientas Para Describir El Problema.....	47
Diagrama de flujo	47
Los cinco por qué.....	50
Diagrama SIPOC	52
Herramientas Para Medir Las Consecuencias	55
AMEF	55
Matriz de riesgos	59
Herramientas Para Analizar Las Causas.....	61
Diagrama de Ishikawa.....	61
Lluvia de ideas	64
Matriz de priorización.....	67
Herramientas Para La Propuesta.....	69
Índice de capacidad real del proceso (Cpk)	69
Minitab.....	70
Herramientas Para El Control De La Propuesta	72
Diagrama de Gantt	72
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	75
Enfoque.....	75
Enfoque cuantitativo	75
Enfoque cualitativo	75
Enfoque mixto.....	76
Alcance	76
Exploratorio	76

	12
Descriptivo.....	77
Correlacional.....	78
Explicativo.....	78
Diseño.....	78
Experimental.....	79
No Experimental.....	79
Variables.....	80
Muestra.....	81
Instrumentos.....	82
Recolección De Datos.....	82
Método De Análisis.....	83
Cronograma.....	84
Estructura de desglose de trabajo.....	84
Diagrama de Gantt.....	85
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN.....	87
Descripción Del Problema.....	87
Medición De Las Consecuencias.....	97
Análisis De Las Causas.....	99
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
Conclusiones.....	102
Recomendaciones.....	102
CAPÍTULO VI PROPUESTA.....	103
Propuesta.....	103
Tener cavidades de resguardo.....	103

Actualización de procedimientos.....	104
Capacitación a los técnicos	105
Reparación de la cavidad actual.....	106
Encargado de mantenimiento de moldes	107
Análisis Económico.....	108
Beneficios cualitativos	118
Plan De Implementación	119
APÉNDICES.....	121
REFERENCIAS	133

TABLAS

Tabla 1 Variables de los objetivos	80
Tabla 2 Muestras para la investigación	81
Tabla 3 Instrumentos	82
Tabla 4 Proceso de recolección de datos	83
Tabla 5 Método de Análisis	83
Tabla 6 Cavidad 1	90
Tabla 7 Cavidad 2	91
Tabla 8 Producción entre Setiembre 2022 y Febrero 2023	95
Tabla 9 Inventario del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm	96
Tabla 10 Costos de las partes del molde	108
Tabla 11 Costo de los lotes para validación de las cavidades	108
Tabla 12 Costo de las piezas para los FAI	109
Tabla 13 Costo de las piezas para pruebas funcionales	110
Tabla 14 Costo final de los lotes para validación	110
Tabla 15 Costo de horas extra de los inspectores de calidad por turno para los FAI	111
Tabla 16 Costo total de horas extras de los inspectores de calidad para los FAI	112
Tabla 17 Costo de las horas extras de los entrenadores	112
Tabla 18 Costos de horas extras de los técnicos de moldeo	112
Tabla 19 Costo de la reparación de la cavidad actual	113
Tabla 20 Costo del lote para validación de la cavidad	113
Tabla 21 Costo de las piezas para el FAI	114
Tabla 22 Costo de las piezas para pruebas funcionales	114
Tabla 23 Costo final del lote para validación	115

Tabla 24 Costo de las horas extras de los inspectores de calidad para el FAI	115
Tabla 25 Salario del encargado de mantenimiento de moldes	116
Tabla 26 Costo de tener detenida el área de moldeo por turno	116
Tabla 27 Costo total de la detención del área.....	117
Tabla 28 Costo total de la propuesta	117
Tabla 29 Cálculo del ROI.....	118
Tabla 30 Salario del Analista del Proyecto	118
Tabla 31 Tabla para documentar los Pasa/Falla de los Steps.....	121
Tabla 32 Tabla para documentar los Pasa/Falla de las Notes	125
Tabla 33 Tabla para documentar las medidas de los Steps	129

FIGURAS

Figura 1 Logo de la empresa	19
Figura 2 Logo de Arthrocare	19
Figura 3 Productos de Ortopedia.....	20
Figura 4 Clavo anterógrado intertrocantérico	21
Figura 5 Sistema de colocación de placas	21
Figura 6 Productos de Sport Medicine	22
Figura 7 Healicoil Anclaje de sutura.....	23
Figura 8 Ultrabutton	24
Figura 9 Productos de Tratamiento avanzado de heridas.....	25
Figura 10 Sistema de terapia de presión negativa	26
Figura 11 Apósito con borde	27
Figura 12 Productos de Otorrinolaringología.....	28

Figura 13 Rapid Rhino	29
Figura 14 Coblation.....	29
Figura 15 Ubicación de Smith and Nephew.....	30
Figura 16 Organigrama de Smith and Nephew.....	33
Figura 17 Footprint.....	36
Figura 18 Footprint anclado en el hueso	36
Figura 19 Moldeo por inyección	42
Figura 20 Ejemplo de cavidad.....	43
Figura 21 Molde	44
Figura 22 Simbología del diagrama de flujo.....	49
Figura 23 Cinco Porqués	51
Figura 24 Diagrama SIPOC	55
Figura 25 Formato AMEF.....	59
Figura 26 Matriz de riesgos.....	60
Figura 27 Diagrama de Ishikawa	64
Figura 28 Lluvia de ideas	67
Figura 29 Matriz de priorización.....	68
Figura 30 Fórmula del Cpk	69
Figura 31 Minitab.....	71
Figura 32 Diagrama de Gantt	73
Figura 33 Estructura de desglose de trabajo.....	84
Figura 34 Diagrama de Gantt	85
Figura 35 Diagrama de flujo del proceso de moldeo	87
Figura 36 Cavidad 1	91

Figura 37 Cavidad 2	92
Figura 38 Daño en la cavidad 1.....	93
Figura 39 Daño en la cavidad 2.....	94
Figura 40 Inventario del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm	96
Figura 41 AMEF	97
Figura 42 Lluvia de ideas	99
Figura 43 Diagrama de Ishikawa	100
Figura 44 Ejemplo de matriz de conocimientos.....	105
Figura 45 Plan de implementación.....	119

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Smith and Nephew es una de las empresas líderes en el sector de dispositivos médicos en el mundo, actualmente tiene presencia en más de 100 países del mundo, con una extensa cartera de productos en el mercado divididos en tres franquicias: Tratamiento avanzado de heridas, Ortopedia y Medicina deportiva y Endoscopia.

En la actualidad la empresa se encuentra en un proceso de transferencia de varios números de parte a la sede en Costa Rica, algunas de estas transferencias son para apoyar al crecimiento que tiene la empresa en los últimos años. El presente trabajo de investigación se enfoca en la línea de diseño, desarrollo, mejoramiento de sistemas productivos o de servicios, por cuanto se realiza en el área de moldeo y en un número de parte que tiene poco de ser validado y empieza a tener problemas con una característica.

Este proyecto tiene como finalidad proponer una eliminación del flash en las piezas moldeadas que permita la producción continua y evitar hacer paros de producción para estar evaluando el flash, pues a nivel de especificación tiene una altura máxima y zonas delimitadas en donde se puede retrabajar las unidades, además de evaluar cuál es la causa de ocasionar que apareciera el flash en las piezas.

El trabajo está conformado por seis capítulos, en ellos se desarrolla lo siguiente:

En el capítulo uno se define los objetivos del trabajo y se habla sobre la historia de empresa, el producto en el que se enfoca el planteamiento del problema, se detalla las proyecciones, los antecedentes y la justificación del proyecto.

En el capítulo dos se realiza el marco teórico donde se define las herramientas por utilizar durante la realización del presente trabajo, también se explica los conceptos, técnicas y fórmulas relacionadas con el proyecto.

En el capítulo tres se define la metodología por utilizar para la recolección de datos, el enfoque que tiene el proyecto, los alcances, establecer las muestras empleadas, los instrumentos a que se recurre, así como el análisis de las causas del problema.

El capítulo cuatro se enfoca en el análisis de la situación de la empresa, se explica por medio de las herramientas escogidas el problema presente en la empresa y de igual manera se comenta las consecuencias del problema.

El capítulo cinco brinda las conclusiones obtenidas después del análisis de la situación y las recomendaciones posibles de brindar a la compañía para el problema presentado, en el capítulo seis se desarrolla la propuesta para el problema, acompañada con de un análisis económico y un plan de implementación.

Generalidades de la Empresa

La empresa Smith and Nephew se funda por Thomas James Smith en Inglaterra en el año 1856 y en 1896 se asocia con su sobrino Horacio Smith, en 1928 desarrolla un tratamiento para heridas llamado Elastoplast, en la década 1950 se expanden a Australia y Nueva Zelanda, también adquirieron la primera empresa y así consecutivamente hasta la actualidad.

A continuación, en la Figura 1 se pueden observar el logo de la empresa.

Figura 1 Logo de la empresa

The logo for Smith+Nephew features the company name in a bold, orange, sans-serif font. The '+' symbol is integrated into the letter 'N', creating a unique visual element.

Nota: Google, 2023

En el 2014 adquiere la empresa Arthrocare tiene presencia en el país añadiendo a su cartera el sector de dispositivos médicos deportivos. Estos dispositivos permiten realizar cirugías mínimamente invasivas permitiendo una recuperación más rápida, desde el 2021 se transfieren varios números de parte para ensamble de producto final, aumentando la capacidad productiva de la planta de Costa Rica.

A continuación, en la Figura 2 se pueden observar el logo de Arthrocare.

Figura 2 Logo de Arthrocare



Nota: Google, 2023

La compañía cuenta cuatro subdivisiones, son las siguientes:

Ortopedia

La cartera de productos de ortopedia de Smith and Nephew incluye una innovadora gama de implantes de cadera y rodilla utilizados para sustituir articulaciones enfermas, dañadas o desgastadas, tecnologías asistidas por robot y de apoyo y, servicios que capacitan a los cirujanos. También incluye productos traumatológicos utilizados para estabilizar fracturas graves y corregir deformidades óseas.

A continuación, en la Figura 3 Productos de Ortopedia se puede observar algunos productos de esta división.

Figura 3 Productos de Ortopedia



Nota: Smith and Nephew, 2023

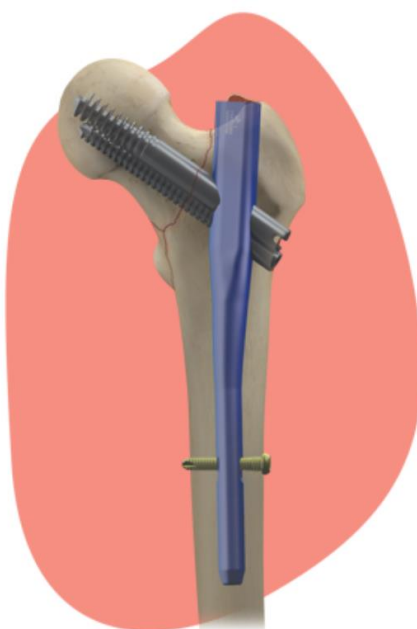
Algunos productos de esta división son los siguientes:

Clavo anterógrado intertrocantérico

Los tornillos de compresión integrados generan fuerzas de empuje/tracción, diseñadas para mantener la compresión después de la retirada del instrumento y eliminar el efecto Z, con un mecanismo de engranaje de tornillo sin fin que convierte la rotación en compresión activa y al tiempo estabiliza el fragmento medial.

A continuación, en la Figura 4 se muestra el dispositivo.

Figura 4 Clavo anterógrado intertrocantérico



Nota: Smith and Nephew, 2023

Sistema de colocación de placas

Este dispositivo les ofrece a los cirujanos la simplicidad de un sistema único y completo de colocación de placas que ayuda en las intervenciones quirúrgicas para fragmentos pequeños.

A continuación, en la Figura 5 se muestra el dispositivo.

Figura 5 Sistema de colocación de placas



Nota: Smith and Nephew, 2023

Sport Medicine

La cartera de productos de medicina deportiva de Smith and Nephew incluye tecnología avanzada, instrumentos e implantes que permiten a los cirujanos realizar intervenciones mínimamente invasivas, incluida la reparación de lesiones de tejidos blandos y afecciones degenerativas del hombro, la rodilla, la cadera y las articulaciones pequeñas.

Enseguida, en la Figura 6 Productos de Sport Medicine se pueden observar algunos productos de esta división.

Figura 6 Productos de Sport Medicine



Nota: Smith and Nephew, 2023

Algunos productos de esta división son los siguientes:

Healicoil Anclaje de sutura

Este dispositivo combina el diseño de arquitectura abierta patentado, el material Regenesorb y un mecanismo de acción único para ayudar a promover una fijación segura, fuerza de separación y crecimiento/consolidación del hueso.

En la Figura 7 Healicoil Anclaje de sutura se muestra el dispositivo.

Figura 7 Healicoil Anclaje de sutura



Nota: Smith and Nephew, 2023

Ultrabutton

Es un dispositivo diseñado para la protección del injerto en las cirugías de reparación de rodilla, tiene menos desplazamiento cíclico, tiene una fijación más fuerte comparado con los de la competencia. en la Figura 8 Ultrabutton se puede observar el dispositivo.

Figura 8 Ultrabutton



Nota: Smith and Nephew, 2023

Tratamiento avanzado de heridas

La cartera de productos para el tratamiento avanzado de heridas de Smith and Nephew ofrece soluciones completas para satisfacer necesidades clínicas amplias y complejas y ayudar a los profesionales sanitarios a reducir las consecuencias humanas y económicas de las heridas. Incluye productos para el tratamiento de heridas agudas y crónicas, como úlceras de pierna, diabéticas y por presión, quemaduras y heridas postoperatorias.

A continuación, en la Figura 9 Productos de Tratamiento avanzado de heridas, se puede observar algunos productos de esta división.

Figura 9 Productos de Tratamiento avanzado de heridas



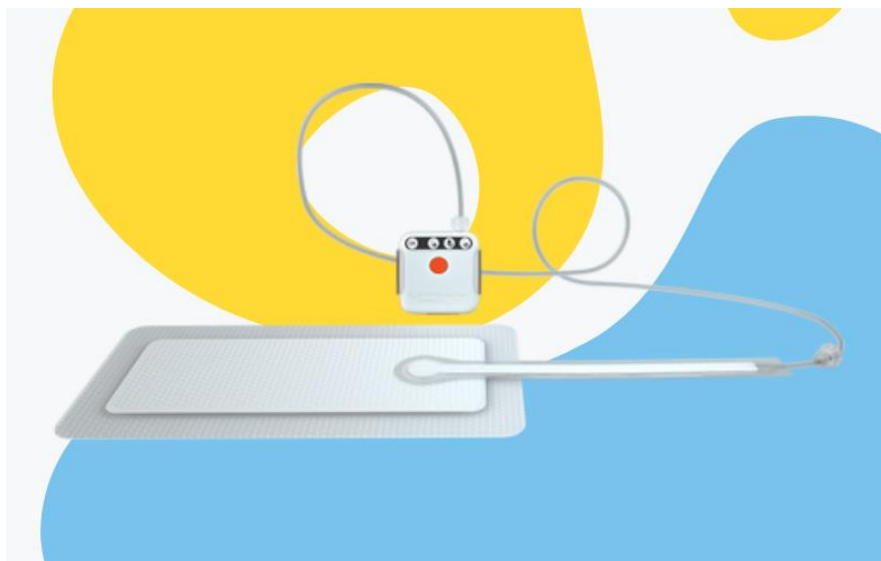
Nota: Smith and Nephew, 2023

Algunos productos de esta división son los siguientes:

Sistema de terapia de presión negativa

Es un dispositivo pensado en tratar incisiones quirúrgicas cerradas y heridas de difícil cicatrización con una bomba mejorada, la cual facilita el uso hasta 14 días con menos intervención del usuario, a continuación, en la Figura 10 se puede observar el dispositivo.

Figura 10 Sistema de terapia de presión negativa



Nota: Smith and Nephew, 2023

Apósitos de espuma

Son una gama de dispositivos médicos tipo apósitos de espuma de tres y cinco capas, diseñados para satisfacer una amplia gama de necesidades para el tratamiento y prevención de heridas. Hay diferentes tipos de apósitos, los cuales son los siguientes: con borde, sin borde, ag gentle border, ag adhesive y ag non adhesive, a continuación, en la Figura 11 se puede observar el dispositivo.

Figura 11 Apósito con borde



Nota: Smith and Nephew, 2023

Otorrinolaringología

La cartera de Otorrinolaringología de Smith and Nephew incluye productos para epistaxis, reducción de laringe y paladar blando, septoplastia, reducción de cornetes, cirugía sinusal, timpanostomía y extirpación de amígdalas y adenoides.

A continuación, en la Figura 12 Productos de Otorrinolaringología se pueden observar algunos productos de esta división.

Figura 12 Productos de Otorrinolaringología



Nota: Smith and Nephew, 2023

Algunos productos de esta división son los siguientes:

Taponamientos nasales reabsorbibles

El dispositivo RAPID RHINO incorpora la tecnología CMC exclusiva para proporcionar absorción de líquidos y están diseñados para reabsorberse por completo.

A continuación, en la Figura 13 se puede observar el dispositivo.

Figura 13 Rapid Rhino



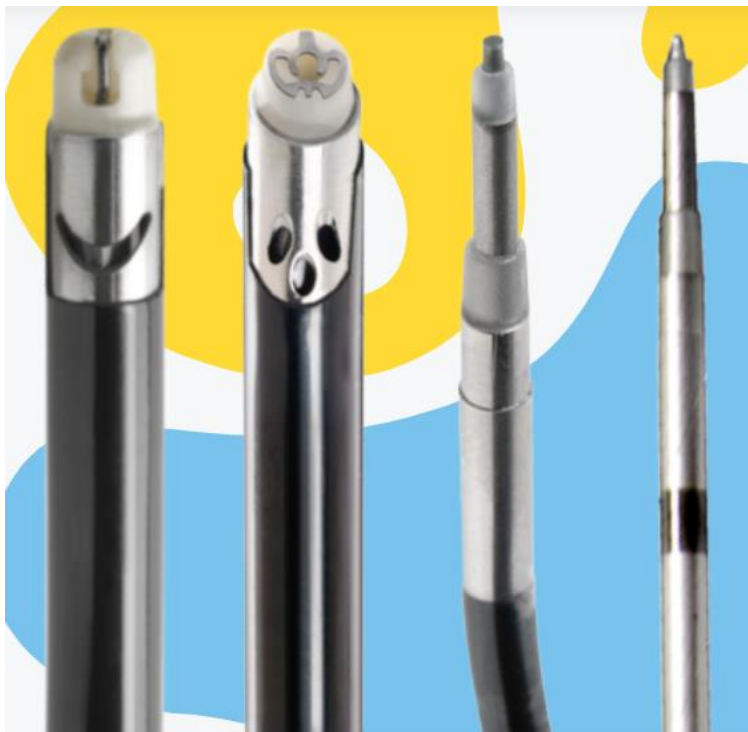
Nota: Smith and Nephew, 2023

Tecnología para la gestión de las vías respiratorias

Este dispositivo elimina eficazmente una gran variedad de pólipos y lesiones, al tiempo se diseña con una precisión milimétrica para preservar la delicada anatomía laríngea.

A continuación, en la Figura 14 se puede observar el dispositivo.

Figura 14 Coblation



Nota: Smith and Nephew, 2023

Ubicación

Smith and Nephew se encuentra ubicada en la provincia de Alajuela, en la zona franca El Coyol, siendo una ubicación estratégica, pues la zona franca se encuentra a ocho kilómetros del aeropuerto internacional Juan Santamaría, a 60 kilómetros del puerto de Caldera y a 177 kilómetros del puerto de APM Terminals Moín.

Enseguida, en la Figura 15 se observa la ubicación de la empresa.

Figura 15 Ubicación de Smith and Nephew



Nota: Google Maps, 2023

Propósito

La salud física nunca es sólo nuestro cuerpo. Es nuestra mente, sentimientos y ambiciones. Cuando algo la frena, toda nuestra vida queda en suspenso.

Estamos aquí para cambiar eso, para utilizar la tecnología para eliminar los límites de la vida y ayudar a otros profesionales médicos a hacer lo mismo.

Para que los trabajadores del campo, los jugadores de rugby, las abuelas y sus nietos se enfrenten al miedo, vean que todo es posible y sigan adelante con más fuerza. Inspirados por una simple promesa. Tres palabras que unen todo lo que hacemos. Vida sin límites.

Propósito de Smith & Nephew Costa Rica

Mejora continua de la seguridad y el compromiso de nuestro personal, calidad de nuestros productos entregados a tiempo y reducción de los costos de producción en un 5% cada año.

Política de calidad

En Smith & Nephew estamos comprometidos con:

- Proporcionar productos seguros y eficaces que satisfagan las necesidades de los clientes.
- Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

- Asegurar el cumplimiento de todas las normativas aplicables.
- Satisfacer las necesidades de las partes interesadas mejorando continuamente el desempeño de sostenibilidad.

Nuestra política de calidad se cumple a través de objetivos alineados, como una compañía comprometida con el Cuidado, la Colaboración y el Coraje.

Política de Salud, Seguridad y Ambiente (HSE)

Smith & Nephew se compromete a llevar a cabo sus negocios de una forma sostenible y socialmente responsable en relación con la salud, seguridad y bienestar de nuestros empleados; el medio ambiente y otros que puedan verse afectados por nuestras actividades, incluidas las comunidades en las que actuamos.

Específicamente, es política de Smith & Nephew:

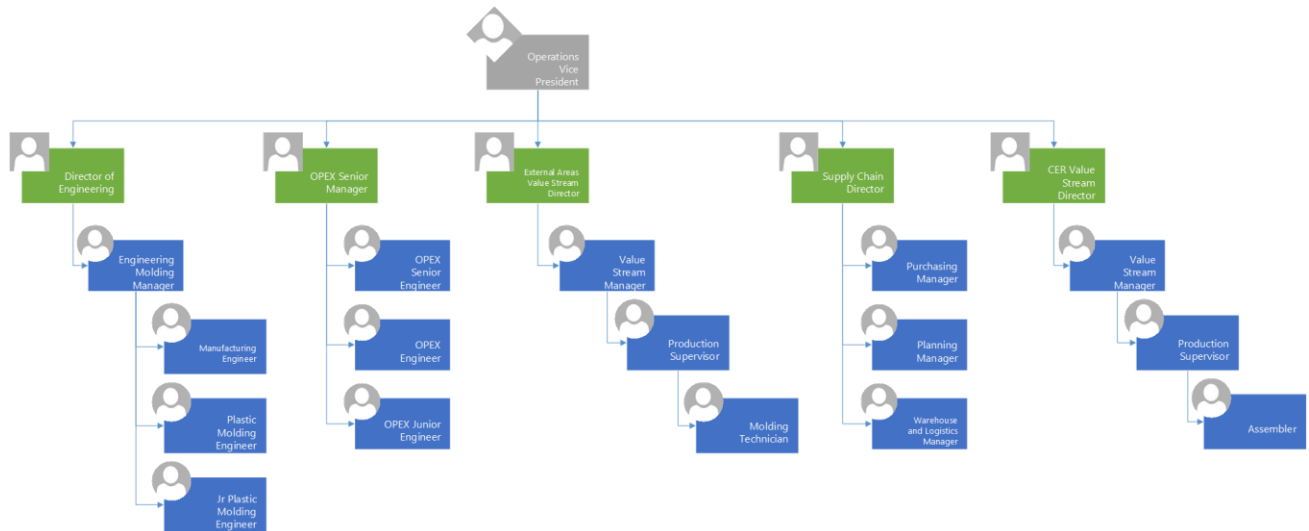
- Cumplir absolutamente con todas las regulaciones y leyes pertinentes y adoptar las medidas responsables que se consideren necesarias para reducir el riesgo.
- Asegurar que todas las actividades se llevan a cabo de manera que minimicen el impacto ambiental, prevengan la contaminación, reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, minimicen los residuos enviados al relleno sanitario y maximicen el uso eficiente de los recursos.
- Crear conciencia mejorando continuamente el desempeño de HSE a través de la capacitación y estableciendo y manteniendo altos estándares con el involucramiento y compromiso de todos los empleados.
- Responsabilizar a todos los empleados y a quienes trabajan en Smith & Nephew de implementar esta política, comportarse de manera segura y prevenir la contaminación y el daño al medio ambiente.
- Establecer objetivos para reducir los impactos ambientales y medir y reportar rutinariamente el desempeño de manera transparente.

Esta política se aplica a todas las ubicaciones y actividades de Smith & Nephew en todo el mundo, incluidas las subsidiarias de propiedad mayoritaria, la diligencia debida, las fusiones y las adquisiciones. Se revisará anualmente o cuando las circunstancias cambien materialmente.

Organigrama

A continuación, en la Figura 16 se visualiza el organigrama del personal que trabaja relacionado con el área de moldeo en Smith and Nephew.

Figura 16 Organigrama de Smith and Nephew



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Principios de Excelencia Operacional

Smith and Nephew tiene tres principios de Excelencia Operacional, los cuales son los siguientes:

Colaboración

Porque cuando trabajamos juntos -interna y externamente-, hacemos más y nos transformamos en una fuerza imparable en nuestra industria.

- Trabajo en equipo
- Confianza
- Respeto

Pensar Sistémicamente

Antes de implementar una idea de mejora o cambio consultamos otras áreas que se pueden ver afectadas.

Cuando proponemos una idea de mejora seguimos el orden de Seguridad, Gente, Calidad, Entrega y Costo.

Crear Valor para el Cliente

Nos entrenamos en cómo debe quedar la calidad y tiempo de la unidad para que mi compañero produzca sin problemas.

Identificamos oportunidades en los materiales y formas en las que hacemos las cosas para eliminar aquellas que no agregan valor al cliente.

Crear Constancia en el Propósito

Sabemos por qué existe nuestra empresa, hacia dónde vamos y cómo llegaremos allí.

Cuando revisamos las métricas de la pizarra podemos conectar cada una de ellas con el Propósito de la Planta (Seguridad, Gente, Calidad, Entrega y Costo).

Coraje

Expandimos los límites de nuestra industria aprendiendo constantemente, pensando en grande y teniendo la humildad para retar las formas convencionales de hacer las cosas.

- Innovación
- Aprendizaje
- Responsabilidad

Asegurar la Calidad en la Fuente

Reportamos Quali-Casis.

No recibimos, no generamos y no pasamos mala calidad.

Nos detenemos cuando llegamos al nivel máximo de inventario.

Buscar la Perfección

Participamos en las sesiones de solución de problemas con el fin de que no volvamos a sufrir por la misma causa.

Sugerimos mejoras en la pizarra de ideas alineadas y priorizadas al Área de Enfoque.

Mejorar el Flujo y Jalón de Valor

Generamos ideas para aumentar la producción.

Nos enfocamos en crear un flujo continuo.

Conocemos nuestro cuello de botellas y nunca lo dejamos sin cobertura.

Abrazar el Pensamiento Científico

Antes de proponer una idea, buscamos información en el sitio (gemba) que nos confirme la causa del problema.

Revisamos la efectividad de las acciones y su implementación en las reuniones diarias (Tiers).

Enfocarse en el Proceso

Seguimos el método de trabajo.

Si queremos cambiar el resultado de algo que no está bien trabajamos en cambiar el proceso.

Cuando logramos un resultado excepcional lo documentamos como parte del nuevo estándar de trabajo.

Cuidado

Nuestra pasión nos impulsa a mejorar continuamente y a expandir el impacto positivo que tenemos en el mundo.

- Cada uno
- Clientes
- Pacientes

Respetar a cada Individuo

Desarrollamos nuestro talento adquiriendo experiencias y conocimientos alineados a nuestros planes de carrera.

Reportamos Casi-Casi's.

Resolvemos condiciones y actos inseguros.

Liderar con Humildad

Reconocemos a las personas por comportamientos y resultados sobresalientes.

Reconocemos una equivocación propia y estamos abiertos a recibir retroalimentación.

Footprint Ultra PK

Es el producto en el que se centra el presente trabajo, este producto pertenece a la división de Sports Medicine, es un producto que se utiliza para cirugías de hombros, donde el producto que presenta problemas con el flash se introduce entre el tendón y el hueso, debido a las características del producto este crea un anclaje en el hueso.

A continuación, en la Figura 17 se puede observar una imagen del producto del tema de investigación.

Figura 17 Footprint



Nota: Smith and Nephew, 2023

Como se puede observar en la Figura 17 se observa la pieza tiene como una especie de aleta en los costados, esta característica permite tenga un anclaje en el hueso cuando es introducido durante la cirugía, a continuación, en la Figura 18 se visualiza como queda el Footprint después de la cirugía.

Figura 18 Footprint anclado en el hueso



Nota: Smith and Nephew, 2023

En la Figura 18 Footprint anclado en el hueso se puede observar cómo queda el producto después de que se le realiza el procedimiento quirúrgico al paciente.

Planteamiento del problema

Smith and Nephew es una empresa la cual se dedica a la manufactura de dispositivos médicos, en los últimos años tiene un crecimiento en mercado, por lo cual la empresa ve una oportunidad de crecimiento en sus operaciones y decide abrir una línea de producción de componentes moldeados en la planta que tienen en Costa Rica con la cual quieren cubrir la demanda de los productos ensamblados en Costa Rica.

El número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm se valida en el año 2022 entre los meses de abril y julio, a comienzos de agosto empieza a producir las piezas para los dispositivos que se ensambla como producto final y son de uso humano, a mediados de octubre empieza a tener problemas con el flash alrededor de la pieza, pues está fuera de especificación provocando tener que desechar unidades y se toma la decisión de detener la producción para revisar el molde.

La producción de este número de parte tiene un alto costo, además cuanto se produce en Costa Rica es para suplir la demanda interna y bajar los costos de exportación del producto desde Estados Unidos, además, detener tanto tiempo la producción por el problema mencionado no

beneficia a la empresa, de esta manera se genera la pregunta de investigación: ¿Cómo eliminar el flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew?

Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos planteados para el presente trabajo de investigación.

Objetivo General

Proponer la eliminación del flash en las piezas moldeadas del número de parte 90504247 en la empresa Smith and Nephew.

Objetivos Específicos

Definir el problema en el número de parte 90504247.

Medir las consecuencias que genera el flash durante el moldeo de los componentes.

Analizar las causas que afectan el proceso de moldeo.

Desarrollar la propuesta para la eliminación del flash en los componentes en la máquina inyectora.

Establecer un cronograma para el control del cumplimiento de la propuesta.

Justificación

El desarrollo de esta propuesta le permite al departamento de ingeniería del área de moldeo tener una base para los demás números de parte cuando se presenten problemas con el flash, esto debido a tener mapeadas las posibles causas influyentes para se salga de especificación la pieza, teniendo ya previsto por donde iniciar a revisar para reducir el flash.

Con esta propuesta se beneficia al departamento de producción al evitar detener la producción por un tiempo prolongado y también para el departamento de ingeniería a tener en cuenta la solución al problema presentado en este proyecto, pues el departamento debe realizar un estudio ingenieril el cual ayuda a ver cuáles son las posibles causas que afectan y hacen el flash sea más grande de lo permitido, además de los costos que se genera por tener la máquina detenida.

Antecedentes

Para la realización del presente proyecto se consulta varias tesis y artículos, a continuación, un resumen de los documentos.

Tesis

Ortiz y Daza (2015) utilizan la metodología DMAIC para la realización del trabajo de grado, usan herramientas como: gráficos de control, SIPOC, la voz del cliente y, diagramas de flujo para el análisis de las causas, utilizan el diagrama de Pareto, análisis de capacidad, matriz de variables críticas para la medición del problema, para el análisis del problema utilizan el diagrama de Causa y Efecto, 5 ¿Por qué?, AMEF, ANOVA, por medio de estas herramientas llegan a la conclusión de que debían mejorar los procedimientos y los métodos usados para la producción.

Zegarra (2017) en su tesis para reducir el producto no conforme en jabones, para determinar las causas del problema realiza un diagrama de flujo, entrevistas, diagramas de funciones, diagramas de actividades del proceso, diagramas de operaciones del proceso, diagrama de recorrido y para el análisis de las causas utiliza un AMEF, con estas herramientas pueden determinar mejorar el método con el cual fabrican los jabones, así como mejorar el plan de mantenimiento de las máquinas.

Mora (2017) en su tesina para una disminución del material no conforme, describe el proceso de moldeo de los números de parte del problema por medio de un diagrama de flujo, para después describir las causas que generan exista material no conforme, para esto utiliza un diagrama de Ishikawa y gráficos para el análisis de la información recolectada, llega a la conclusión de fabricar nuevas cavidades, por cuanto las que tienen producen el producto con medidas de los límites inferiores y fabricar un fixture para estandarizar el método de medición.

En la tesis de Ovalle (2021) se enfoca en la reducción de scrap para analizar las causas del problema, sigue los pasos de la metodología DMAIC, para describir el problema utiliza la herramienta de los 5 ¿Por qué? y la voz del cliente, para la medir las causas del scrap Ovalle (2021) se apoya en un diagrama de flujo para describir los procesos para obtener el producto final, realiza un análisis R&R para posteriormente analizar los datos por medio de varios ANOVA, para analizar las causas elabora un diagrama de Ishikawa y un AMEF, concluye es necesario realizar reportes de calidad y elaborar un plan de mantenimiento para los moldes.

Pérez (2022) en su tesis para reducir el scrap utiliza para analizar las causas del problema un diagrama de flujo, estudio de tiempos, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, entrevistas al

personal gracias al análisis realizado llega a la conclusión de automatizar el proceso por medio de una máquina de moldeo por inyección, pero igualmente se necesitaría de operarios para que operen las máquinas.

Artículos

Los autores Martínez y Garza (2013) en su investigación empírica sobre la reducción de desperdicios utilizan la metodología DMAIC, donde usan el análisis Gage R&R para verificar si el método de medición es el adecuado, el ANOVA para ver las variaciones, la prueba de normalidad para conocer la distribución de datos, el AMFE para conocer los riesgos, los autores mencionados logran reducir en un 73% el scrap.

Los autores Grado, Barragán y García (2016) en su artículo para la reducción de scrap en la máquina M-345 utilizan la metodología Seis Sigma, ellos usan el diagrama de Ishikawa para definir el problema, el diagrama de Pareto para medir las causas y análisis de capacidad (CPK) para verificar las especificaciones estén dentro de lo requerido, usando las herramientas mencionadas logran reducir en un 24% el scrap.

Los autores Gutiérrez, Chacón, Rico y Castañeda (2018) en su artículo para la reducción de scrap en una empresa donde se fabrica tornillos, los autores llevan a cabo una investigación exploratoria, descriptiva y explicativa sobre el problema presentado, ellos realizan un Checklist para que los operadores verificaran que las máquinas están en las mejores condiciones, realizan pruebas para estandarizar los procesos con lo cual pueden determinar que se debe actualizar y mejorar los procedimientos y las instrucciones de trabajo.

Los autores Covarrubias, Reynoso, Gallegos, Capetillo y Zembrano (2019) en su artículo sobre la reducción de scrap y optimización de recursos utilizan la metodología DMAIC, en la cual usan herramientas como el análisis R&R, el diagrama de Pareto y un AMEF con ellas pueden determinar implementar un rediseño del sello de los pistones, también implementaron ayudas visuales.

Los autores Miranda, Montoya, Vilcara y Díaz (2021) en su estudio tiene como objetivo reducir los defectos con mayor incidencia, este estudio posee un enfoque cuantitativo y aplican herramientas como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, la metodología Lean, la metodología de los 8 pasos, Kaizen, 5S, entre otros, con las cuales logran reducir el producto no conforme permitiéndole a la empresa un ahorro.

Proyecciones

A continuación, se establece las proyecciones para el presente trabajo:

- Comprender si el mantenimiento de los moldes tiene alguna repercusión en las piezas con el tiempo.
- Verificar que las condiciones del proceso sean las adecuadas para el moldeo de las piezas.
- Lograr la definición de las variables que afectan el flash no cumpla con la especificación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se define algunos conceptos relacionados con la realización del trabajo de investigación, además se detalla las herramientas por usar durante el proyecto para la descripción del problema, medir las consecuencias, analizar las causas, la propuesta y el control de la propuesta.

Conceptos Generales

A continuación, se presenta algunos conceptos generales del proyecto de investigación:

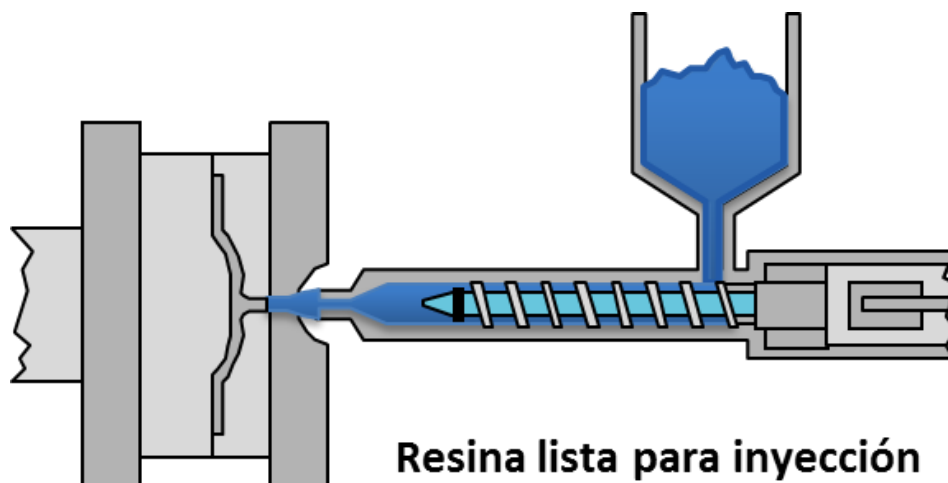
Moldeo por inyección

Los autores Prada y Acosta (2017) mencionan el moldeo por inyección como:

El moldeo por inyección es una de las técnicas más comunes en el procesamiento de plásticos. Este proceso consiste en fundir el polímero y hacerlo fluir bajo presión y temperatura en un molde, en el cual la pieza solidifica y duplica su forma. El material, previamente calentado hasta alcanzar su punto de fusión, se introduce en el interior de un molde cerrado, a alta presión donde se enfría adquiriendo la forma deseada. La gran ventaja de este proceso es la posibilidad de fabricar piezas de geometrías complejas a altas velocidades de producción. (párr. 2)

A continuación, en la Figura 19 se muestra un ejemplo de la cavidad.

Figura 19 Moldeo por inyección



Nota: Google, 2023

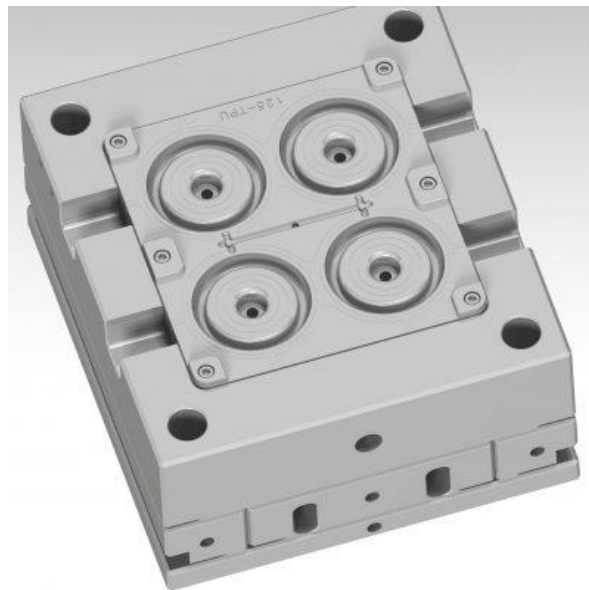
Cavidad

El autor desconocido (2013) define la cavidad de la siguiente manera:

“Esa parte del molde que forma la superficie exterior de la pieza moldeada. Los moldes pueden estar diseñados como cavidad sencilla o cavidades múltiples.” (p. 2)

A continuación, en la Figura 20 se muestra un ejemplo de la cavidad.

Figura 20 Ejemplo de cavidad



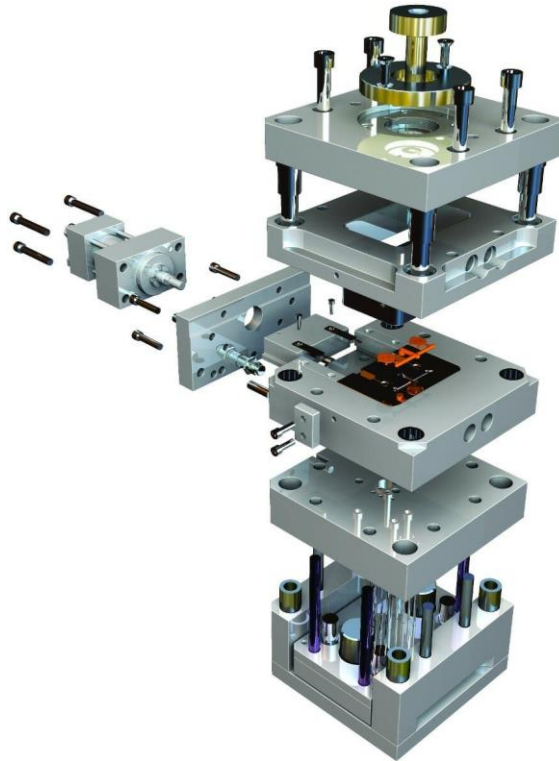
Nota: Google, 2023

Molde

El autor desconocido (2013) define el molde de la siguiente manera:

“Este término generalmente se refiere al montaje completo de los elementos que componen la sección del equipo en la que las piezas están formadas. Consiste en una base o marco, cavidades, fuerzas, placa de expulsión, elementos térmicos y termopares.” (p. 3)

A continuación, en la Figura 21 se muestra un ejemplo de un molde.

Figura 21 Molde

Nota: Google, 2023

Demanda

La autora Cruz (2018) define la demanda como:

La demanda en un entorno económico consiste en el conjunto de productos y servicios que se mueven en un momento dado dentro de un lugar. Dependiendo del momento, lugar y participantes, se podrá hablar de un tipo de demanda o de otra.

La demanda en la empresa está íntimamente relacionada con el proceso de producción, ya que la cadena productiva de la empresa, su planificación, organización, cambio y programación están condicionados por la demanda del producto que la empresa fabrica en un momento determinado.

Existen diferentes tipos de demanda y, dentro de ellos, distintos comportamientos de la misma, encontrando comportamientos constantes, estacionales, con alguna tendencia o incluso cíclicos. (pp. 51-52)

Producción

También según la autora Cruz (2018) menciona lo siguiente:

Dependiendo de si la empresa es una empresa transformadora y produce sus propios productos, contará o no con esta función. La función de producción o fabricación es básica en las empresas industriales donde sus productos son transformados y producidos por ellas en parte o en su totalidad.

Producción consiste en adquirir unos inputs y, sometiéndolos a un proceso de transformación, obtener los outputs de la empresa que estarán destinados a la venta o a formar parte de los otros productos de la misma.

La función de producción es propia de las empresas transformadoras, esto es, aquellas empresas que fabrican los productos que venden. Para ello requieren de una serie de factores que forman parte del proceso como son la maquinaria, mano de obra especializada, instalaciones específicas, materias primas, etc.

La clave de la producción en la empresa es la de abastecerse y transformar de la forma más eficiente para ofrecer el producto que demanda el mercado. (pp. 12-21)

Stock

Continuando con la autora Cruz (2018) define el stock como lo siguiente: “Lo que integra los almacenes de la empresa, pueden ser mercancías, materias primas, combustibles, consumibles, productos en curso, productos semiterminados o productos terminados, todos ellos implicados en el proceso de producción y venta de la empresa.” (p.13)

Proceso

El autor Bravo (2009) menciona lo siguiente acerca del proceso:

Proceso es un conjunto de actividades e interacciones que transforma entradas en salidas que agregan valor a los clientes, la finalidad común. El proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información. (p. 27)

Procedimiento

También el autor Bravo (2009) menciona lo siguiente sobre el procedimiento: “Un procedimiento es una descripción detallada de una parte del hacer de la organización, puede ser un macroproceso, un proceso o algunas actividades.” (p. 29)

Tolerancia

Los autores Fenoll, Borja y Seco de Herrera (2011) define la tolerancia como: “Una medida especificada por el fabricante para un elemento que indica el umbral de variación de la medida inicial de dicho elemento dentro del cual se asegura su correcto funcionamiento.” (p. 35)

Producto No Conforme

El autor De la Cruz (2009) define el producto no conforme como: “Aquel que posee una o varias no conformidades es decir se incumple con uno o varios de sus requisitos.” (p. 6)

Validación

La autora Trifonova (1999) menciona lo siguiente: “El programa de validación en sus principios generales es común para cualquier proceso o equipo, y está dirigido a la recopilación de los documentos que confirman la correspondencia entre el desenvolvimiento previsto y real de éstos.” (p. 88)

Protocolo de validación

Los autores Mosquera y Cabrera (2009) define el protocolo de validación de la siguiente manera:

El protocolo de validación es un documento fechado, elaborado y aprobado por personas competentes en el que se describen en forma detallada la planificación del proceso de validación de que se trate, Todos los procedimientos que serán usados deben ser descritos sin ambigüedades o se hará referencia a los que estén ya elaborados como parte del SAC y del cumplimiento de las BPF. (p. 5)

Reporte de validación

Los autores Mosquera y Cabrera (2009) definen el reporte de validación como se sigue:

Es también un documento fechado elaborado y aprobado por personal competente Al igual que el protocolo el reporte de validación tiene un contenido científico y

como tal debe ser conciso y claro, es el resumen de los trabajos de validación realizados, se refleja el análisis de los mismos y sus conclusiones.

Este documento da por terminada la tarea de validación y se corresponde con uno o varios protocolos en específico, dando el resultado de si realmente una tarea de validación ha tenido el resultado esperado o no, lo cual depende del cumplimiento de los criterios de aceptación previamente establecidos en los protocolos El reporte debe redactarse aunque se encuentren discrepancias o desviaciones durante los ejercicios de validación, en tales casos el reporte debe describir la investigación realizada ante este hecho así como las acciones correctivas para erradicar el problema. (p. 7)

Instrumento de medición

El autor Escamilla (2014) describe de la siguiente manera al instrumento de medición:

Dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos anexos Representa una serie de elementos interrelacionados que constituye la trayectoria de la señal medida, que inicia con un sensor (entrada) y termina en un indicador (salida) Este último dará el resultado de la medición o de un valor relacionado directamente con la variable de entrada, a través de una escala u otro indicador numérico de salida Un instrumento de medición es un equipo, aparato o máquina que realiza la lectura de una propiedad (o característica) de una variable aleatoria. (p. 38)

Herramientas Para Describir El Problema

A continuación, se presenta las herramientas por utilizar para describir el problema en la empresa Smith and Nephew.

Diagrama de flujo

El autor Gutiérrez (2010) describe el diagrama de flujo como:

Una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el

proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso. (pp. 199-200)

Los autores Camisón, Cruz y González (2006) dan una serie de pasos por seguir para la realización del diagrama de flujo:

1. Elaborar una definición de proceso para el proceso que se esté analizando

En primer lugar, hay que identificar el proceso que va a ser representado, al que se debe poner un nombre. A menudo, las personas de la base operativa suelen conocer en detalle aspectos concretos del proceso que permiten completar correctamente el proceso. En el caso de procesos transversales, es probable que tengan que intervenir personas pertenecientes a la alta dirección.

El equipo de trabajo encargado de la elaboración del diagrama debe incluir personas implicadas en todas las partes del proceso, para garantizar una descripción real de cómo se está llevando a cabo el proceso y no cómo debería ser éste, es decir, una descripción idealizada.

2. Identificar la primera entrada (input) y a partir de ésta la primera actividad en el Diagrama de Flujo

Se trata de determinar dónde comienza el proceso, que se indica en la parte superior del folio con un símbolo de «inicio» como el que muestra la Figura 21.77. A partir de aquí, el diagrama se va dibujar en sentido vertical descendente, es decir, de arriba abajo.

3. Continuar paso a paso a lo largo del flujo identificando decisiones clave

En esta fase, se debe empezar a rellenar el diagrama. En la elaboración de los diagramas se utilizan diferentes símbolos; el primer símbolo se incorpora tras la contestación a la pregunta: ¿Qué ocurre en primer lugar? Entonces, se selecciona el símbolo adecuado en función de la respuesta. Posteriormente se van añadiendo símbolos contestando sucesivamente a la pregunta: ¿Qué ocurre después?

En la elaboración del diagrama hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilizar descripciones cortas y sencillas. Es mejor emplear frases breves, como, por ejemplo, «comprobar la satisfacción del cliente», en vez de «investigar el nivel de satisfacción del cliente mediante el cuestionario».
- Mantener un nivel constante de detalle en todo el diagrama.
- Intentar que todo el diagrama quede recogido en una página. Esta limitación puede ser útil para restringir el nivel de detalle; como máximo, procurar que el diagrama no presente más de quince símbolos. De lo contrario, se complica enormemente su interpretación.
- Identificar e incluir decisiones clave en el proceso.
- Intentar dibujar el diagrama siempre de arriba abajo, con extensiones hacia la derecha siempre que sea necesario, reservando el margen izquierdo solamente para volver hacia arriba en el proceso, o bien cuando no quede espacio en el margen derecho. En cualquier caso, siempre debe predominar la claridad para su interpretación.
- Terminar el proceso con un único output o símbolo final.

4. Identificar la actividad final y, con ello la última salida (output)

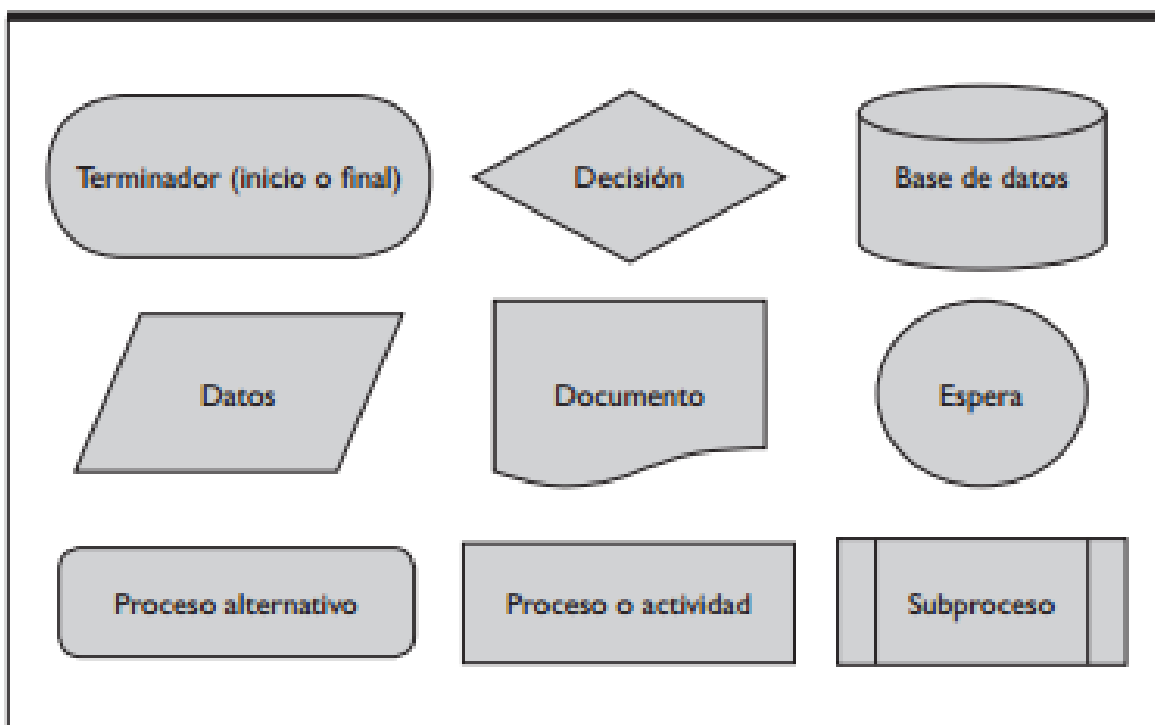
Se trata de determinar dónde termina el proceso para finalizar con el símbolo de «final».

5. Elaborar la versión final

Tras una primera elaboración completa del Diagrama de Flujo, en ocasiones, es recomendable que el equipo reflexione para detectar posibles errores u omisiones que se hayan podido cometer y poder elaborar una versión final y definitiva del mismo. (pp. 1307-1309)

A continuación, en la Figura 22 se presenta la simbología del diagrama de flujo:

Figura 22 Simbología del diagrama de flujo



Nota: Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas, 2023

Los cinco por qué

EL autor Becher (2020) define los cinco porqués de la siguiente manera: “Cinco Porqués es un método de análisis simple y al mismo tiempo poderoso, que ayuda a identificar la causa raíz de un problema.” (párr. 1).

Siguiendo con el anterior autor, él explica en su artículo como aplicar los cinco porqués:

La aplicación de los Cinco Porqués es bastante simple: al identificar un problema, se pregunta “por qué” por cinco veces, hasta llegar a la causa del problema. Es importante esclarecer que “cinco” es sólo un número sugerido por el método. Existirán casos en que será necesario continuar más allá de las cinco preguntas, así como también existirán casos en que será posible llegar a la causa raíz del problema antes del quinto por qué. La gran ventaja de este método es permitir ir más allá de lo que es obvio y llegar a las causas que inicialmente no están visibles. Esa característica de simplicidad lo vuelve una de las herramientas más usadas cuando se trata de buscar la causa raíz de un problema. (párr. 2)

También Becher (2020) explica algunas consideraciones en el momento de realizar la herramienta:

- No trate de resolver todo solo. Es importante contar con un equipo que conozca bien el proceso y los detalles del problema que precisa ser corregido. Es importante que este equipo tenga un facilitador, que pueda orientar a los demás participantes y ayude a mantener el enfoque en la identificación de las causas.
- El segundo punto es describir el problema, para que todos entiendan con claridad lo que está sucediendo. Muchas veces mediante un análisis de informaciones (documentos, registros, e-mails) o desplazándose hasta el local, el propio equipo puede observar el problema sucediendo. Con varias miradas sobre el mismo enfoque, se evita que pasen desapercibidos detalles importantes.
- A continuación, el equipo puede comenzar preguntando “¿Por qué sucedió este problema?”. Un equívoco que muchos equipos cometen en este momento es responder esta pregunta con suposiciones o hipótesis. Eso sucede principalmente con quien está iniciándose con el método y puede llevar al equipo a perseguir problemas imaginarios. Por eso, es importante que cada respuesta sea fundamentada en una evidencia.
- Repita la pregunta “Por qué” hasta llegar a la causa raíz del problema. Como fuera dicho anteriormente, cinco es sólo una referencia. En determinados problemas usted precisará repetir la pregunta más de cinco veces, mientras que, en otros, será posible determinar la causa raíz del problema antes de eso.
- Otro punto que suele causar confusión para quien está iniciándose con los Cinco Porqués, es saber el momento correcto de parar las preguntas y finalizar el análisis. Eso generalmente ocurre cuando la pregunta es hecha y no se llega a una respuesta con evidencias.
- Una vez identificada la causa raíz del problema, el equipo debe definir qué acciones deben ser tomadas para corregir el problema y evitar que vuelva a repetirse. (párr. 3-8).

A continuación, en la Figura 23 se muestra los cinco porqués:

Figura 23 Cinco Porqués



Nota: Google, 2023

Diagrama SIPOC

La autora MacNeil (2022) describe el diagrama SIPOC de la siguiente manera:

El diagrama SIPOC sirve para trazar un proceso de negocios a través de la documentación de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. No está diseñado para proporcionar demasiados detalles, sino más bien para brindar información clave sobre un proceso a los responsables de la toma de decisiones. (párr. 1)

La misma autora MacNeil (2022) menciona lo siguiente sobre el diagrama SIPOC:

El diagrama SIPOC proporciona un panorama general de un proceso a través de la documentación de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Muestra cómo los participantes de un proceso reciben materiales o datos unos de otros.

Los diagramas SIPOC no están diseñados para proporcionar demasiados detalles, sino que brindan a las partes interesadas un mapa general de los procesos para ayudarlos a tomar decisiones y generar ideas de mejora.

El acrónimo SIPOC proviene de estos cinco componentes:

- Proveedores (Suppliers): la fuente de las entradas del proceso
- Entradas (Inputs): los recursos que necesitas para que el proceso funcione
- Proceso (Process): los pasos generales que componen el proceso
- Salidas (Outputs): los resultados del proceso
- Clientes (Customers): las personas que reciben los resultados o salidas, o se benefician del proceso (párr. 4-6)

La autora MacNeil (2022) menciona los pasos por seguir para realizar un diagrama SIPOC.

1. Elige un proceso

Selecciona el proceso que quieres visualizar con tu diagrama SIPOC. Puede ser un nuevo proceso de negocios que quieras implementar o un proceso existente que quieras optimizar. La creación de un diagrama SIPOC puede ayudarte a comprender el proceso, generar ideas para mejorar y brindar una descripción general del proceso para ayudar a las partes interesadas a tomar decisiones.

El diagrama SIPOC puede ayudarte a identificar inefficiencias, asegurarte de que estás gestionando a los proveedores de la mejor manera posible y determinar si estás entregando un producto de calidad a los clientes.

2. Define el proceso: P

En lugar de completar tu diagrama SIPOC en orden, suele ser más fácil comenzar con la sección “P” y definir primero el proceso. Divide el proceso en 4 o 5 pasos generales, cada uno con su propia acción y sujeto. Si lo deseas, puedes organizar estos pasos como un diagrama de flujo, en el que cada uno se alimenta del otro.

Para continuar con nuestro ejemplo de envío de productos, el proceso se puede dividir en los siguientes pasos:

- El cliente realiza la compra
- Se envía la factura al almacén
- El equipo de almacén prepara el envío
- La empresa de distribución retira el envío

- La empresa de distribución lleva el envío a destino

Si tu proceso es largo y contiene muchos pasos diferentes, intenta agrupar pasos más pequeños en uno solo. Recuerda que el propósito de un diagrama SIPOC es proporcionar una descripción general, no una vista detallada.

3. Enumera las salidas: O

Identifica las salidas o resultados del proceso. Esto te ayuda a comprender lo que obtienes de los recursos que inviertes en el proceso y lo que los clientes realmente reciben. Las salidas pueden ser elementos como materiales, productos, servicios o información, esencialmente cualquier cosa que tú, los miembros del equipo interno o los clientes obtengan del proceso. Idealmente, las salidas deberían coincidir con los requisitos del cliente.

4. Identifica a los clientes: C

Los clientes son las personas que reciben los resultados o salidas, o se benefician del proceso. Ten en cuenta que los clientes no necesariamente tienen que ser externos; también pueden incluir a compañeros de trabajo y partes interesadas internas. Usemos un ejemplo diferente al del escenario del envío. Digamos que estás organizando el retiro anual de tu empresa. En este caso, tus clientes y partes interesadas serían los miembros del equipo que asistirán al evento.

5. Enumera las entradas: I

Las entradas son los recursos que necesitas para que el proceso funcione correctamente. Al igual que las salidas, estas pueden ser elementos como materiales, productos, servicios o información. Enumerar las entradas te ayuda a comprender los recursos necesarios para el proceso y a determinar si tus proveedores están proporcionando los materiales que necesitas.

6. Identifica a los proveedores: S

Los proveedores son quienes proporcionan cada una de las entradas del proceso. Este paso te ayuda a comprender con cuántos proveedores estás trabajando y si los estás gestionando de la manera más eficiente.

7. Comparte tu diagrama

El diagrama SIPOC está pensado para compartirse. Su función principal es ayudarte a ti, a tu equipo y a las partes interesadas a comprender cómo funciona un proceso de negocios. Eso significa que para obtener el máximo beneficio de tu esquema SIPOC, no solo debes compartirlo, sino también asegurarte de que todos puedan acceder a él fácilmente. (párr. 13-19)

A continuación, en la Figura 24 se muestra los cinco porqués:

Figura 24 Diagrama SIPOC



Nota: Google, 2023

Herramientas Para Medir Las Consecuencias

A continuación, se presenta las herramientas por utilizar para medir las consecuencias del problema.

AMEF

Los autores Gutiérrez y de la Vara (2013) plantean el análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) de la siguiente manera:

Permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que

provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas. (p. 382)

También Gutiérrez y de la Vara (2013) mencionan:

AMEF es una metodología analítica utilizada para asegurar que los problemas potenciales han sido considerados y analizados a lo largo del diseño del producto y el proceso.

Cada AMEF debe asegurar que se da la atención a cada componente del producto o el proceso. A los componentes críticos se les debe dar alta prioridad. (p. 382)

Formato AMEF.

Según Gutiérrez y de la Vara (2013) dan a conocer que el formato AMEF tiene varios segmentos por completar los cuales son los siguientes:

- Etapa/Función del proceso/Requerimientos (a).
Registrar la identificación de la etapa del proceso u operación que está siendo analizado; como usualmente se identifica en el diagrama del correspondiente proceso.
- Modo potencial de falla (b).
Es la manera en la que el proceso (sistema, componente) puede fallar en el cumplimiento de requerimientos. En esta etapa es preciso anotar todos los modos potenciales de falla, sin tomar en cuenta la probabilidad de su ocurrencia.
- Efectos potenciales de la falla (c).
Se definen como los efectos potenciales del modo de falla. Este efecto negativo puede darse en el proceso mismo, sobre una operación posterior o sobre el cliente final. De esta forma, suponiendo que la falla ha ocurrido, en esta etapa se deben describir todos los efectos potenciales de los modos de falla señalados en el paso previo.
- Severidad (S) (d).

Estimar la severidad de los efectos listados en la columna previa. La severidad de los efectos de las fallas potenciales se evalúa en una escala del 1 al 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, una vez que esta falla ha ocurrido. La severidad sólo se refiere o se aplica al efecto.

- Clasificación (e).

Esta columna puede ser utilizada para identificar o clasificar los modos de falla o las causas que pueden requerir valoraciones adicionales de ingeniería. También puede clasificarse cualquier característica especial del producto o del proceso (crítica, clave, mayor, significativa) para los componentes o sistemas que requieren controles adicionales del proceso.

- Causas potenciales del modo de falla (f).

Hacer una lista de todas las posibles causas para cada modo de falla. Entendiendo como causa de falla a la manera como podría ocurrir ésta. Cada causa ocupa un renglón

- Ocurrencia (O) (g).

Estimar la posibilidad con la que se espera ocurra cada una de las causas potenciales de falla listadas antes (¿con qué frecuencia se activa tal mecanismo de falla?). La posibilidad de que ocurra cada causa potencial (que se active el mecanismo de falla) se estima en una escala de 1 a 10.

- Controles actuales del proceso (h).

Se describen controles que están dirigidos ya sea a prevenir que la causa de la falla ocurra o bien a detectar que el modo o la causa de la falla ocurrió.

De esta manera hay dos tipos de controles a considerar:

- Preventivos. Elimina (previene) la posibilidad de que la causa o el modo de falla ocurra, o bien reduce la tasa de ocurrencia.
- Detección. Identifica (detecta) la ocurrencia de la causa o el modo de falla, de tal forma que es posible generar acciones correctivas o tomar medidas reactivas con oportunidad.

- Detección (D) (i).

Se trata de valorar la posibilidad de que los mejores controles listados en la

columna (h) detecten el modo de falla o su causa. La posibilidad se expresa en una escala inversa de 1 a 10, en el sentido de que entre más preventivos y mejores sean los controles reciben una calificación más baja, mientras que los peores controles reciben una puntuación más alta.

- Evaluación del riesgo; número de prioridad del riesgo (NPR) (j).

Es un procedimiento que ha sido usado para ayudar a priorizar las acciones. El NPR se calcula como sigue:

$$\text{NPR} = \text{Severidad (S)} \times \text{Ocurrencia (O)} \times \text{Detección (D)}$$

El NPR puede tomar valores de 1 a 1 000, y se calcula para cada una de las líneas del formato generadas por la correspondencia Efecto-Causas-Controles.

- Acciones recomendadas (k).

Un AMEF de proceso bien desarrollado y pensado será de un valor limitado si no se contemplan acciones correctivas y efectivas. En general deben preferirse acciones de prevención sobre las de detección, para de esta manera reducir la ocurrencia de las fallas.

- Responsabilidad y fecha compromiso (l).

Especificar el nombre del área y persona responsable de completar cada una de las acciones recomendadas, incluyendo la fecha prometida para concluir tales acciones.

- Resultados de acciones (m-n).

Esta sección identifica los resultados de cualquier acción que se complete y su efecto sobre la evaluación de S, O, D y el NPR.

- Acciones tomadas y fecha de finalización (m).

Después de que las acciones han sido implementadas, registrar una breve descripción de estas y la fecha en las que fueron concluidas.

- Severidad, Ocurrencia, Detección y NPR (n).

Después de que las acciones preventivas/correctivas ha sido llevada a cabo, se deberá actualizar la información para la puntuación de severidad, ocurrencia y detección para la causa de falla estudiada. Todos los NPR

resultantes deberán ser revisados y si es necesario considerar nuevas acciones. (pp. 384-394)

A continuación, en la Figura 25 se muestra un ejemplo del formato AMEF.

Figura 25 Formato AMEF

Etapa/función del proceso/requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de la falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) potenciales de la falla	Proceso actual				NPR	Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de acciones			
						Controles preventivos	Ocurrencia	Controles de detección	Detección				Acciones tomadas, y fecha de finalización	Severidad	Ocurrencia	Detección
a	b	c	d	e	f	h	g	h	i	j	k	l	m	--	n	--

Nota: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2023

Matriz de riesgos

El autor Mora (2016) define la matriz de riesgo como:

Una matriz de riesgos es una sencilla pero eficaz herramienta para identificar los riesgos más significativos inherentes a las actividades que desarrolla una organización, aplicable en cualquier tipo de escenario o proceso. Por lo tanto, es un instrumento válido para mejorar el control de riesgos y la seguridad corporativa. (p. 26)

También Mora (2016) menciona algunas características de la matriz de riesgos:

- Debe ser flexible.
- Comprensible tanto al elaborar como al consultar.
- Que permita realizar un diagnóstico objetivo de la totalidad de los factores de riesgo.

- Actualizable en el tiempo entre otras. (p. 28)

Este autor menciona los elementos que debe de tener una matriz de riesgo:

- Factor de riesgo: Elementos internos o externos que se conjugan entre sí para dar nacimiento al riesgo.
- Riesgo: probabilidad de ocurrencia de un evento de riesgo dentro del contexto.
- Impacto: consecuencias que pueden ocasionar al sujeto obligado la materialización del riesgo.
- Probabilidad: posibilidad de ocurrencia del riesgo.
- Control existente: detalle del control interno que la organización tiene implementado para prevenir la ocurrencia del riesgo.
- Riesgo residual: suceso o circunstancia indeterminada que permanece después de haber ejecutado las respuestas a los riesgos.
- Causa: la explicación de que pudo o puede llegar a ocasionar el riesgo.
- Nivel de riesgo: es la calificación entre alto, moderado y bajo, de acuerdo al nivel o impacto que pueda ocasionar en la organización.
- Plan de mitigación: es la explicación o acciones concretas que se van a implementar en la organización para prevenir, reducir o mitigar el nivel de riesgo.
- Responsables: son los encargados de adelantar las acciones propuestas para mitigar el riesgo.
- Tolerancia a riesgos: capacidad que tiene una organización de asumir riesgos y mantenerlos bajo control.
- Apetito de riesgo: es el máximo riesgo que una organización puede aceptar para lograr sus objetivos. (pp. 30-31).

A continuación, en la Figura 26 se muestra una Matriz de riesgos:

Figura 26 Matriz de riesgos.

		PROBABILIDAD				
		Raro	Poco probable	Posible	Muy probable	Casi seguro
CONSECUENCIAS	Despreciable	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Menores	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Moderadas	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Mayores	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Catastróficas	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto

Nota: Google, 2023

Herramientas Para Analizar Las Causas

A continuación, se presenta las herramientas por utilizar para analizar las causas del problema.

Diagrama de Ishikawa

Los autores Niebel y Freivalds (2009) definen el diagrama de Ishikawa de la siguiente manera:

El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Por lo general, las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales — humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas—, cada una de las cuales se subdividen en subcausas. (p.19)

Gutiérrez (2010) menciona las siguientes ventajas de realizar un diagrama de Ishikawa:

- Hacer un diagrama de Ishikawa (DI) es un aprendizaje en sí (se logra conocer más el proceso o la situación).
- Motiva la participación y el trabajo en equipo, y les sirve de guía para la discusión.

- Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que se han logrado sobre el proceso.
- Señala todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con lo cual la solución se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad. (p.193)

Factores para considerar.

Siguiendo con el anterior autor, menciona seis factores los cuales se deben considerar cuando se construye el diagrama de Ishikawa, son los siguientes:

Mano de obra o gente

- Conocimiento: ¿la gente conoce su trabajo?
- Entrenamiento: ¿están entrenados los operadores?
- Habilidad: ¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?
- Capacidad: ¿se espera que cualquier trabajador pueda llevar a cabo de manera eficiente su labor?
- ¿La gente está motivada?, ¿sabe la importancia de su trabajo por la calidad?

Métodos

- Estandarización: ¿las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos clara
- y adecuadamente o dependen del criterio de cada persona?
- Excepciones: cuando el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo, ¿existe un procedimiento alternativo claramente definido?
- Definición de operaciones: ¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue hecha de manera correcta?

Máquinas o equipos

- Capacidad: ¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se les pide?
- Condiciones de operación: ¿las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha hecho algún estudio que respalde esta afirmación?
- ¿Hay diferencias?: al hacer comparaciones entre máquinas, cadenas, estaciones, instalaciones, etc., ¿se identificaron grandes diferencias?
- Herramientas: ¿hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?
- Ajustes: ¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y se determinaron de forma adecuada?
- Mantenimiento: ¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?

Material

- Variabilidad: ¿se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?
- Cambios: ¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?
- Proveedores: ¿cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen éstas?
- Tipos: ¿se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?

Mediciones

- Disponibilidad: ¿se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?
- Definiciones: ¿están definidas operacionalmente las características que se miden?
- Tamaño de muestra: ¿se han medido suficientes piezas?, ¿son lo bastante representativas como para sustentar las decisiones?

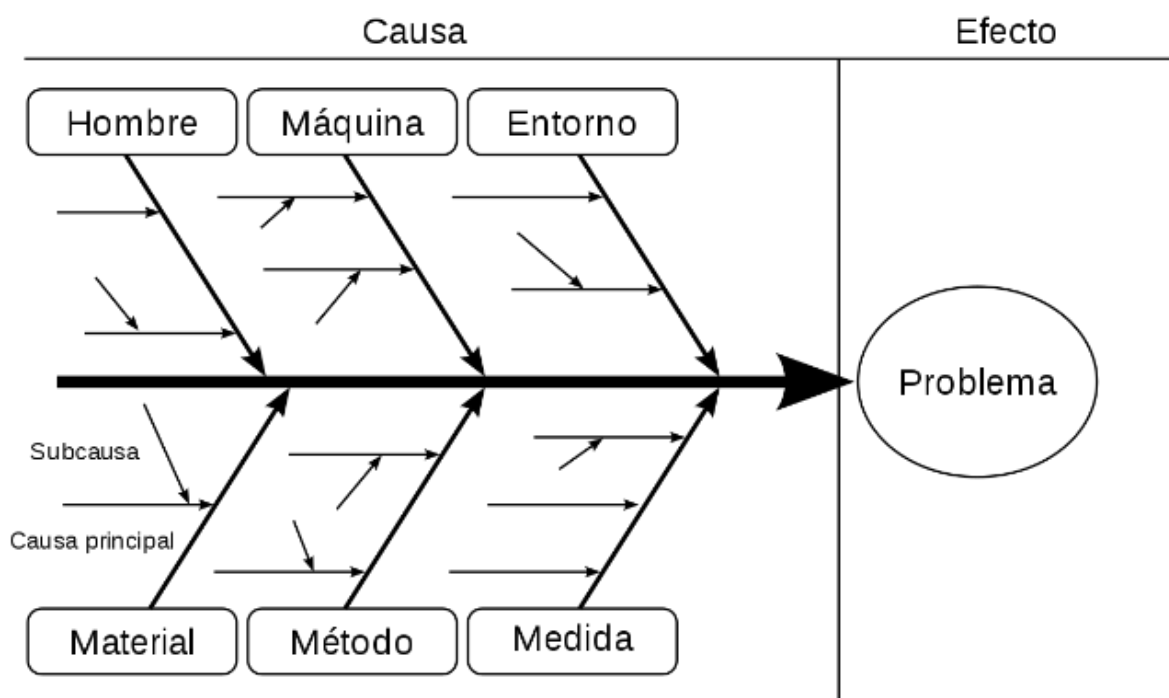
- Repetibilidad: ¿se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?
- Reproducibilidad: ¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son los adecuados?
- Calibración o sesgo: ¿existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?

Medio ambiente

- Ciclos: ¿existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de las condiciones del medio ambiente?
- Temperatura: ¿la temperatura ambiental influye en las operaciones? (pp. 194-195)

A continuación, en la Figura 27 se presenta un ejemplo del diagrama de Ishikawa:

Figura 27 Diagrama de Ishikawa



Nota: Google, 2023

Lluvia de ideas

Los autores Gutiérrez y de la Vaca (2013) definen la lluvia de ideas como:

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. (p. 153)

Además, detallan los pasos por seguir para realizar la lluvia de ideas:

1. Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aportan ideas. Esto permitirá que el resto de la sesión sólo esté enfocada a ese punto y no se dé pie a la divagación en otros temas.
2. Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás participantes.
3. Cada participante en la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema (una lista de posibles causas si se analiza un problema). La razón de que esta lista sea por escrito y no de manera oral es que así todos los miembros del grupo participan y se logra concentrar más la atención de los participantes en el objetivo. Incluso, esta lista puede encargarse de manera previa a la sesión.
4. Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una idea de su lista cada vez. A medida que se leen las ideas, éstas se presentan visualmente a fin de que todos las vean. El proceso continúa hasta que se hayan leído todas las ideas de todas las listas. Ninguna idea debe tratarse como absurda o imposible, aun cuando se considere que unas sean causas de otras; la crítica y la anticipación de juicios tienden a limitar la creatividad del grupo, que es el objetivo en esta etapa. En otras palabras, es importante distinguir dos procesos de pensamiento: primero pensar en las posibles causas y después seleccionar la más importante. Realizar ambos procesos al mismo tiempo entorpecerá a ambos. Por eso, en esta etapa sólo se permite el diálogo para aclarar alguna idea señalada por un participante. Es preciso fomentar la informalidad y la risa instantánea, pero la burla debe prohibirse.
5. Una vez leídos todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales. Este proceso continúa hasta que se agoten

las ideas. Ahora se tiene una lista básica de ideas acerca del problema o tema. Si el propósito era generar estas ideas, aquí termina la sesión; pero si se trata de profundizar aún más la búsqueda y encontrar las ideas principales, entonces se deberá hacer un análisis con las siguientes actividades.

6. Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un diagrama de Ishikawa, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama, a la cual se le asigna un título representativo del tipo de causas en tal grupo. Este proceso de agrupación permitirá clarificar y estratificar las ideas, así como tener una mejor visión de conjunto y generar nuevas opciones.

7. Una vez realizado el DI se analiza si se ha omitido alguna idea o causa importante; para ello, se pregunta si hay alguna otra causa adicional en cada rama principal, y de ser así se agrega.

8. A continuación, se inicia una discusión abierta y respetuosa dirigida a centrar la atención en las causas principales. El objetivo es argumentar en favor de y no de descartar opciones. Las causas que reciban más mención o atención en la discusión se pueden señalar en el diagrama de Ishikawa resaltándolas de alguna manera.

9. Elegir las causas o ideas más importantes de entre las que el grupo ha destacado previamente. Para ello se tienen tres opciones: datos, consenso o por votación. Se recomienda esta última cuando no es posible recurrir a datos y en la sesión participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando hay alguien de opiniones dominantes. La votación puede ser del tipo 5,3,1 (vea el paso 5 de las recomendaciones presentadas antes para construir un diagrama de Ishikawa). Se suman los votos y se eliminan las ideas que recibieron poca atención; ahora, la atención del grupo se centra en las ideas que recibieron más votos. Se hace una nueva discusión sobre éstas y después de ello una nueva votación para obtener las causas más importantes que el grupo se encargará de atender.

10. Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar, para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa. Es importante dar énfasis a las acciones para no caer en el error o vicio

de muchas reuniones de trabajo, donde sólo se debaten los problemas, pero no se acuerdan acciones para solucionarlos. (pp.153-154).

A continuación, en la Figura 28 se muestra un ejemplo de lluvia de ideas:

Figura 28 Lluvia de ideas



Nota: Google, 2023

Matriz de priorización

El autor Besterfield (2009) describe la matriz de priorización de la siguiente manera:

Las matrices de priorización son para dar prioridades a asuntos, tareas, características, etcétera, con base en criterios ponderados, usando una combinación de las técnicas de diagrama de árbol y diagrama matricial. Dada la priorización, se pueden tomar decisiones efectivas. Las matrices de priorización son para reducir, en forma racional, las opciones del equipo, antes de hacer la planeación detallada de la implementación.

Hay cuatro criterios de implementación, como se ve en la parte superior de la matriz. Los cuatro son: rapidez de implementación, aceptación por los usuarios, tecnología disponible y bajo costo. (p. 502)

Besterfield (2009) menciona los siguientes pasos para crear una matriz de priorización:

- Formar una matriz en forma de L que combine las opciones, que son el nivel más bajo de detalle en el diagrama de árbol con los criterios.
- Determinar los criterios de implementación, usando la técnica nominal de grupo (NGT, de nominal group technique) o cualquier otra técnica que pondere los criterios en forma satisfactoria. Para usar la técnica nominal de grupo, cada miembro del equipo presenta los criterios más importantes en un papel. Se hace una lista de ellos en un rotafolios, y los miembros del equipo presentan otra hoja de papel donde escriben, con orden de prioridad, los que hay en el rotafolios. Los criterios con mayor valor son los más importantes. El equipo decide cuántos criterios usar. En este caso, el equipo decidió usar los cuatro criterios que hay en la parte superior de la matriz.
- Priorizar los criterios con la técnica nominal de grupo. Cada miembro del equipo asigna factores de ponderación a los criterios, para que el peso total sea igual a 1.00, y los resultados se suman para todo el equipo.
- Al aplicar la técnica nominal de grupo, calificar las opciones por importancia y por cada criterio; promediar los resultados y redondear al entero más cercano. Así, este orden debe ser de 1 hasta la cantidad de opciones para cada criterio.
- Calcular la calificación de importancia de la opción bajo cada criterio, multiplicando el lugar por el peso del criterio. Las opciones con el total mayor son las que se deben implementar primero.

A continuación, en la Figura 29 se muestra un ejemplo de matriz de priorización:

Figura 29 Matriz de priorización

PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS	Impacto social	Procesos clave	Personal motivado hacia la mejora	Imagen de la institución	Madurez organizativa	TOTAL	Ponderación del Criterio
1 Impacto social		1,00	5,00	5,00	5,00	16,00	0,29
2 Procesos clave	1,00		5,00	10,00	0,20	16,20	0,29
3 Personal motivado hacia la mejora	0,20	0,20		0,20	1,00	1,60	0,03
4 Imagen de la institución	0,20	0,10	5,00		10,00	15,30	0,28
5 Madurez organizativa	0,20	5,00	1,00	0,10		6,30	0,11
TOTALES	1,60	6,30	16,00	15,30	16,20	55,40	1,00

Nota: Google, 2023

Herramientas Para La Propuesta

A continuación, se presenta las herramientas por utilizar para la propuesta del proyecto de investigación.

Índice de capacidad real del proceso (Cpk)

Los autores Gutiérrez y de la Vaca (2013) mencionan: “es considerado una versión corregida del Cp que sí toma en cuenta el centrado del proceso.” (p. 105). También estos autores mencionan una fórmula para el cálculo del índice de capacidad real, a continuación, en la Figura 30 se muestra la fórmula del Cpk:

Figura 30 Fórmula del Cpk

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Nota: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma

Donde:

μ : Es la media del proceso.

ES: Es el límite superior del proceso.

EI: Es el límite inferior del proceso.

σ : Es la desviación estándar del proceso.

Gutiérrez y de la Vaca (2013) mencionan algunos elementos adicionales para la interpretación del Cpk:

- El índice Cpk siempre va a ser menor o igual que el índice Cp. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice Cp.
- Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $Cpk > 1.45$.
- Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones. (p. 105)

Minitab

Minitab Statistical Software es una herramienta para el análisis de datos que, según su página de internet, “puede examinar datos actuales y pasados para descubrir tendencias, encontrar y predecir patrones, descubrir relaciones ocultas entre las variables y crear visualizaciones impresionantes para aprovechar las oportunidades y abordar incluso los desafíos más abrumadores.” (Minitab, 2023, párr. 1)

Por otra parte, esta herramienta tiene tres etapas para el análisis de datos, son las siguientes:

- Descubra

Independientemente del bagaje estadístico, Minitab permite a todas las partes de una organización predecir mejores resultados, diseñar mejores productos y mejorar los procesos para generar mayores ingresos y reducir los costos. Solo Minitab ofrece un enfoque único e integrado al proporcionar software y servicios que impulsan la excelencia empresarial desde cualquier lugar, a través de la nube.

Las pruebas estadísticas clave incluyen las pruebas t, una y dos proporciones, prueba de normalidad, prueba de chi-cuadrada y pruebas de equivalencia. (Minitab, 2023, párr. 3-4)

- Pronostique

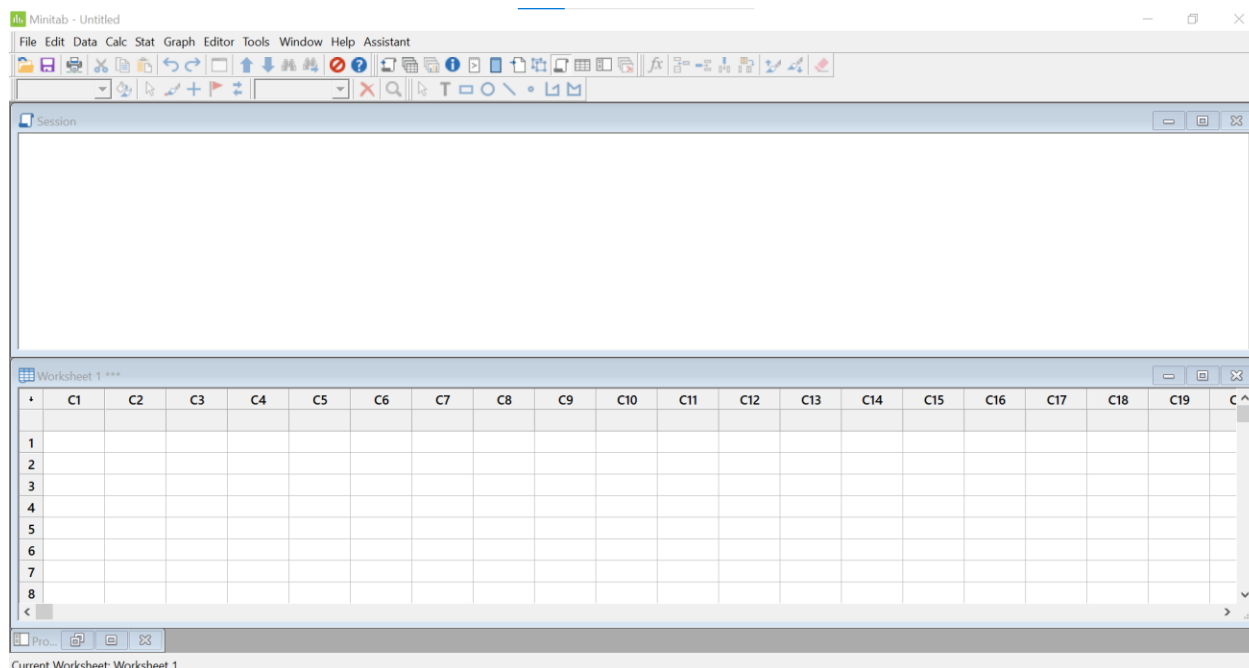
“Acceda a un moderno análisis de datos y explore más a fondo sus datos con nuestra analítica avanzada. Haga predicciones, compare alternativas y pronostique su negocio con facilidad, como todo un experto, utilizando nuestras revolucionarias técnicas de analítica predictiva.” (Minitab, 2023, párr. 5)

- Logre

“Ver para creer. Las visualizaciones son indispensables para comunicar con precisión los hallazgos y logros. Decidir qué gráfica muestra mejor sus datos y apoya su análisis es rápido y fácil con el Creador de gráficas.” (Minitab, 2023, párr. 8)

A continuación, en la Figura 31 se muestra la pantalla principal de Minitab:

Figura 31 Minitab



Nota: Minitab, 2023

Herramientas Para El Control De La Propuesta

A continuación, se presenta las herramientas por utilizar para el control de la propuesta del trabajo de investigación.

Diagrama de Gantt

Los autores Niebel y Freivalds (2009) mencionan que el diagrama de Gantt “Muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo” (p. 19).

La autora Pérez (2021) define el diagrama de Gantt en un artículo como:

El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un período 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. (párr. 1)

La autora Hinojosa (2003) menciona una serie de pasos por seguir para construir un diagrama de Gantt:

Dibujar los ejes horizontal y vertical.

Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.

En primer lugar, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).

A continuación, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas. En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:

Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente.

Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.

Las dependencias inicio-inicio se representan alineando los inicios de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.

Los retardos se representan desplazando la tarea dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos.

(pp. 3-4)

A continuación, se presenta en la Figura 32 un diagrama de Gantt:

Figura 32 Diagrama de Gantt



Nota: Google, 2023

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo tiene como objetivo describir los tipos de enfoques, de alcances y de diseño de una investigación, a su vez se define el tipo de enfoque, de alcance y de diseño al que mejor se ajuste el presente proyecto de investigación, también se describe las variables, el método de la muestra de la investigación, los instrumentos, el proceso de recolección de datos, el método de análisis y el cronograma que se usa para realizar el trabajo de investigación.

Enfoque

A continuación, se define los distintos tipos de enfoques existentes, a la vez se selecciona el que mejor se adapte al proyecto de investigación.

Enfoque cuantitativo

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el enfoque cuantitativo como:

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (pp. 4-5).

Enfoque cualitativo

Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el enfoque cualitativo de la siguiente manera:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para

descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (p. 7).

También los anteriores autores mencionan lo siguiente sobre el enfoque cualitativo:

Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. (p. 7).

Enfoque mixto

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) comentan que los enfoques mixtos representan:

Un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p. 534)

Para el presente trabajo de investigación después de describir los tipos de enfoques existentes se determina utilizar el enfoque cuantitativo, pues el trabajo se realiza llevando a cabo una serie de pasos, los cuales se deben seguir cronológicamente para poder investigar el problema presentado.

Alcance

A continuación, se describe los distintos tipos de alcances que existen, a la vez se selecciona el que mejor se adapte al trabajo de investigación.

Exploratorio

Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican cuando se utiliza el alcance exploratorio:

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de

estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (p. 91)

Siguiendo con los autores anteriores, ellos mencionan lo siguiente sobre los estudios exploratorios:

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.

Esta clase de estudios son comunes en la investigación, sobre todo en situaciones en las que existe poca información. (p. 91)

Descriptivo

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan lo siguiente sobre el alcance descriptivo:

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p. 92)

También los anteriores autores comentan lo siguiente sobre los estudios descriptivos:

Así como los estudios exploratorios sirven fundamentalmente para descubrir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. En esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (qué conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos). (p. 92)

Correlacional

Hernández, Fernández y Baptista (2014) comentan que este tipo de estudio tiene como finalidad lo expuesto enseguida:

Conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables.

Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. (p. 93)

Los anteriores autores explican la utilidad de los estudios correlacionales:

La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en las variables relacionadas. (p. 93)

Explicativo

Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el estudio explicativo de la siguiente manera:

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p. 95)

El alcance que aplica para el presente trabajo de investigación según lo anteriormente mencionado es el alcance explicativo, pues se va a determinar las causas que afectan a las piezas les empiece a salir el flash que se sale de la tolerancia.

Diseño

A continuación, se mencionan los diferentes tipos de diseños existentes, a la vez se selecciona el que mejor se ajuste al trabajo de investigación.

Experimental

Según los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) el diseño experimental es:

Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (p. 129)

No Experimental

Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el diseño no experimental como:

La investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. (p. 152)

Siguiendo con los autores anteriores, ellos mencionan la diferencia entre ambos tipos de diseño de la siguiente manera:

La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos. La investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural. (p.153)

El diseño no experimental se divide en dos subtipos, los transeccionales y los longitudinales, a continuación, una explicación de cada tipo.

Transeccional

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen este diseño de la siguiente manera:

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede. (p. 154)

Longitudinal

Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan lo siguiente sobre el diseño longitudinal:

Recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos generalmente se especifican de antemano. (p. 159)

Basado en las definiciones dadas anteriormente sobre los tipos de diseño, el tipo de diseño que mejor se adapta al proyecto es el diseño no experimental del tipo transeccional, pues la recolección de los datos se obtiene en un periodo específico y además de no se realiza cambios en la data obtenida.

Variables

En la Tabla 1 Variables de los . Se muestra las variables por utilizar para cada uno de los objetivos específicos, dicha tabla contiene el objetivo, la variable correspondiente, el concepto de la variable, el indicador con el cual se va a medir y los instrumentos de recolección.

Tabla 1 Variables de los objetivos

Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir el problema en el número de parte 90504247	Defecto	“Métrica Seis Sigma para procesos de atributos que cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error.” (Gutiérrez y de la Vaca, 2013, p. 111).	Tiempo inactivo / Tiempo producido	Reportes diarios, plano de manufactura
Medir las consecuencias que genera el flash durante el moldeo de	Demanda	“La demanda en un entorno económico consiste en el conjunto de	Producción / Demanda	Reportes diarios, planeación de la demanda mensual

Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
los componentes		productos y servicios que se mueven en un momento dado dentro de un lugar.” (Cruz, 2018, p. 51).		
Analizar las causas que afectan el proceso de moldeo	Oportunidad de error	“Cualquier parte de la unidad a la que es posible medir o verificar si cumple con lo estipulado.” (Gutiérrez y de la Vaca, 2013, p. 110).	Causas de afectación directas / Total de causas	Entrevistas con los técnico e ingenieros, reportes diarios
Desarrollar la propuesta para la eliminación del flash en los componentes en la máquina inyectora	Eliminación del flash	“Grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previstos son logrados. Se atiende maximizando resultados” (Gutiérrez y de la Vaca, 2013, p. 8).	Etapas realizadas / Total de etapas	Reuniones con ingeniería
Establecer un cronograma para el control del cumplimiento de la propuesta	Avance	“Las diferentes partes interesadas querrán actualizaciones e informes de la evolución del proyecto periódicos” (Harvard Business Review, 2017, p. 21)	Tareas cumplidas / Total de tareas	Lista de chequeo de tareas

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Muestra

En la Tabla 2 Muestras para la investigación se observa el tipo de muestreo por utilizar para cada uno de los indicadores propuestos en la Tabla 1, la Tabla 2 está conformada por los indicadores, el tipo de muestra, la unidad de muestreo y la fórmula.

Tabla 2 Muestras para la investigación

Indicadores	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Tiempo inactivo / Tiempo producido	Totalidad de la población	Tiempo	Se requiere el total de horas que se va producir para establecer el tiempo inactivo

Indicadores	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Producción / Demanda	Aleatorio simple	Cantidad solicitada por el cliente	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Causas de afectación directas / Total de causas	Aleatorio simple	Causas que generan el incumplimiento	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Etapas realizadas / Total de etapas	Totalidad de la población	Etapas	Se requiere el total de las etapas para establecer el avance real de lo planeado
Tareas cumplidas / Total de tareas	Totalidad de la población	Tareas	Se requiere el total de las tareas para establecer el avance real de lo planeado

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Instrumentos

En la Tabla 3 Instrumentos, se observa los instrumentos por utilizar para llevar a cabo el proyecto, dicha tabla contiene el indicador, el instrumento y los recursos requeridos.

Tabla 3 Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Tiempo inactivo / Tiempo producido	Reportes de producción	Computadora, registros
Producción / Demanda	Registro de producción, planeación de producción e informe de costos	Computadora, registros
Causas de afectación directas / Total de causas	Registros de producción, registros de mantenimiento y registros de ingeniería	Computadora, registros, personal operativo
Etapas realizadas / Total de etapas	Registros de las etapas y check list	Computadora
Tareas cumplidas / Total de tareas	Registros de las tareas diagrama de Gantt y check list	Computadora

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Recolección De Datos

En la Tabla 4 Proceso de recolección de datos se observa los instrumentos por utilizar para llevar a cabo el proyecto, dicha tabla contiene el indicador, el instrumento y los recursos requeridos.

Tabla 4 Proceso de recolección de datos

Indicador	Fuente de datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
Tiempo inactivo / Tiempo producido	Reporte diario de producción	La información se recolecta de los reportes de producción que realizan los técnicos de moldeo al finalizar cada turno para ser documentado en un documento de Excel	Definir el tiempo de inactividad de los técnicos para determinar un tiempo para próximos eventos de otros números de parte
Producción / Demanda	Reporte diario de producción, reporte de planeación de la producción	Se recolecta diariamente la información de los reportes existentes de producción, también se toma de la información que brinda el departamento de planning para tabular la información en un archivo de Excel.	Establecer el impacto que genera las piezas salgan con flash
Causas de afectación directas / Total de causas	Reportes diarios de producción, registros de mantenimiento	Se toma la información de los reportes existentes de los técnicos de moldeo, como también del registro de mantenimiento existente del técnico de mantenimiento de moldeo	Definir las causas y las afectaciones que genera el flash en las piezas.
Etapas realizadas / Total de etapas	Información brindada por ingeniería	Se realiza reuniones semanales con el departamento de ingeniería	Establecer el estado de cumplimiento de las etapas de la propuesta
Tareas cumplidas / Total de tareas	Cronograma de trabajo	Se revisa semanalmente el diagrama de Gantt para verificar el cumplimiento de las tareas	Establecer el porcentaje de avance de las tareas requeridas

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Método De Análisis

En la Tabla 5 Método de Análisis se muestra los métodos de análisis por utilizar para cada indicador propuesto, dicha tabla contiene el indicador, el análisis por realizar, el programa por utilizar y el uso.

Tabla 5 Método de Análisis

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Tiempo inactivo / Tiempo producido	Análisis de productividad	Excel	Establecer el impacto del tiempo inactivo de no estar produciendo el producto
Producción / Demanda	Análisis de costos	Excel	Establecer el costo que representa no estar produciendo el número de parte

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Causas de afectación directas / Total de causas	Diagrama de Ishikawa	Word	Determinar las causas que generan el flash en las piezas
Etapas realizadas / Total de etapas	Porcentaje de avance de la propuesta	Excel, Word	Llevar un registro de cumplimiento de la propuesta
Tareas cumplidas / Total de tareas	Porcentaje de avance del proyecto	Excel	Visualizar el avance de las tareas del proyecto

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

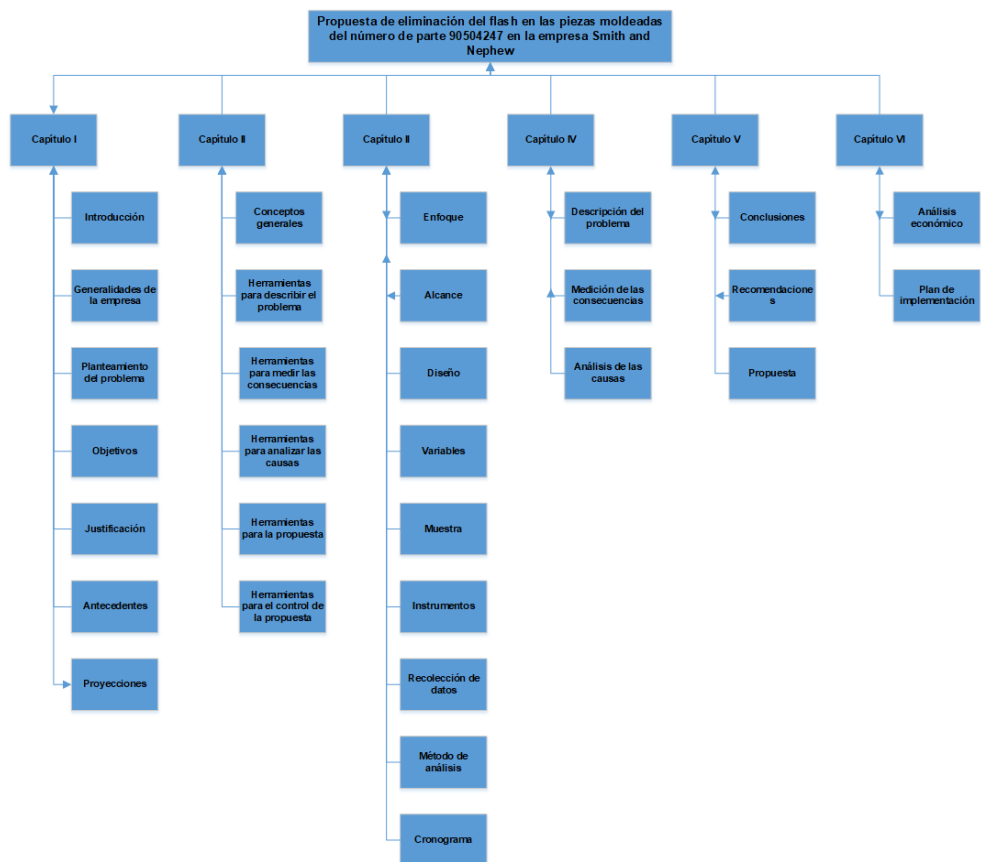
Cronograma

Se desarrolla la estructura de desglose de trabajo y el diagrama de Gantt relacionados con el presente trabajo de investigación.

Estructura de desglose de trabajo

En la Figura 33 Estructura de desglose de trabajo se visualizan las secciones que incluye cada uno de los capítulos del presente trabajo de investigación para un mejor entendimiento de este.

Figura 33 Estructura de desglose de trabajo

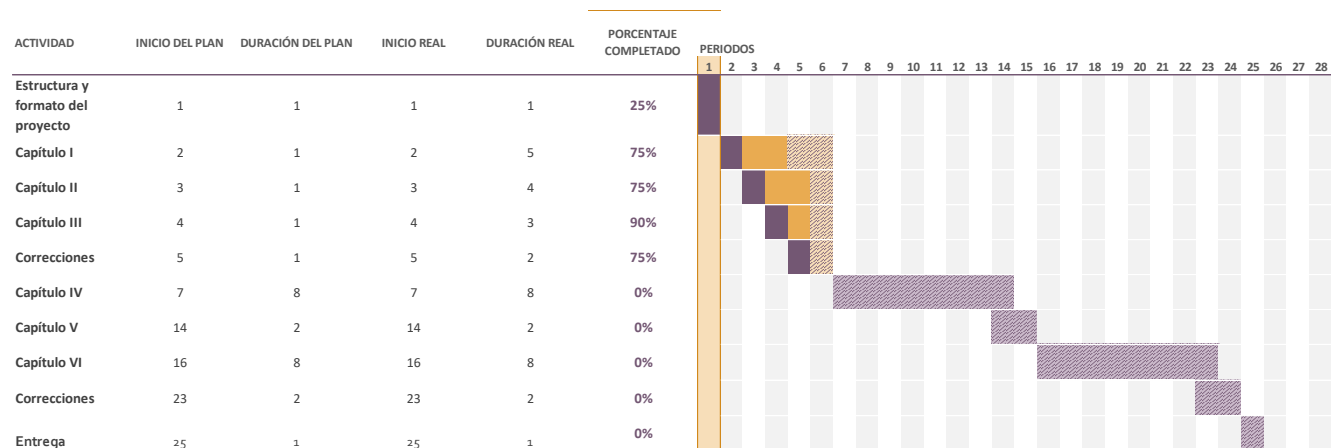


Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Diagrama de Gantt

En la Figura 34 Diagrama de Gantt se detalla las actividades por realizar con sus respectivos tiempos para efectuar cada tarea.

Figura 34 Diagrama de Gantt



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

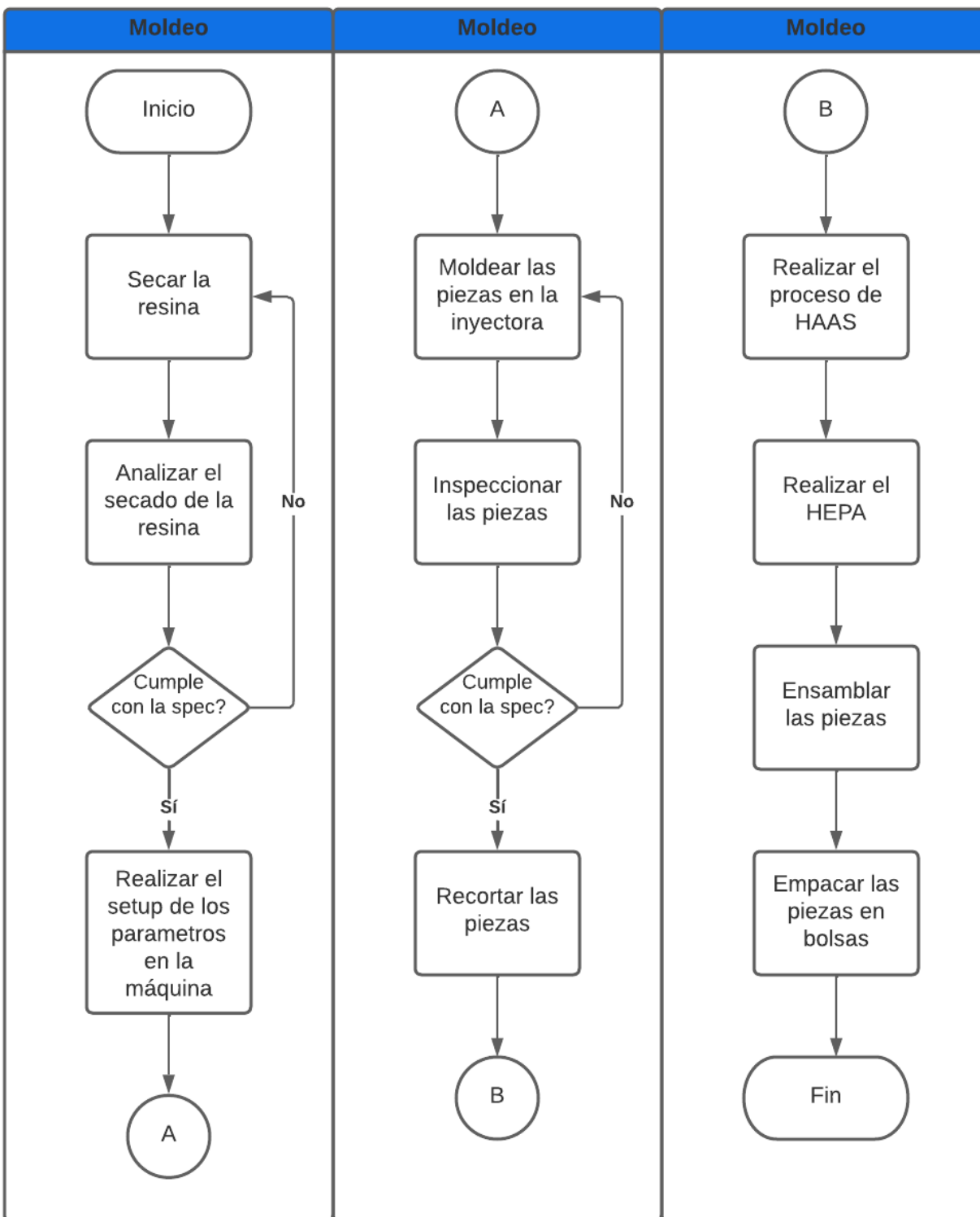
En el presente capítulo se realiza un diagnóstico de la situación presente en el número de parte 90504247 para determinar el problema, las consecuencias y las posibles causas generadoras de que en las piezas les esté saliendo un flash el cual no cumple la especificación del plano, para esto se utiliza varias herramientas, estas ayudan al análisis para encontrar la causa raíz.

El número de parte en el que se centra el análisis se valida entre setiembre del 2021 y agosto 2022 y en setiembre del 2022 se empieza la producción para suplir la demanda del cuarto limpio en Costa Rica, en octubre del 2022 las piezas empiezan a tener presencia de flash, los técnicos realizan los ajustes necesarios para que el flash esté de la especificación de .000 a .005 milésimas de pulgada, lo logran con un lote; pero con el segundo lote por más ajustes realizados a la máquina no logran mantener el flash dentro de especificación, por lo tanto, la gerencia de producción y de ingeniería deciden detener el proceso.

Descripción Del Problema

Para empezar a describir el problema es necesario conocer el flujo del proceso de producción del número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm para detallar en qué parte del proceso es donde se presenta el problema, el proceso de moldeo de este producto consta de 10 subprocesos, se detallan en la Figura 35.

Figura 35 Diagrama de flujo del proceso de moldeo



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se muestra en la Figura 35 el proceso empieza cuando ponen a secar la resina, este proceso dura dos horas con treinta minutos para después continuar con el analizador de resina donde se

revisa la humedad con la que queda la resina después del secado, si cumple con la especificación de la humedad se puede continuar con la configuración de los parámetros de la máquina, una vez ingresados los parámetros en la máquina se puede empezar a moldear las piezas.

Se continua con el moldeo de las piezas, cuando se empieza a producir se revisa la primera pieza y durante el proceso se inspecciona cada 200 piezas para verificar que las dimensiones estén dentro de especificación, así como también si presentan algún flash en la pieza, si las dimensiones o el flash no cumpliera con la especificación los técnicos deben realizar los ajustes para que las piezas estén dentro de especificación y así poder terminar de moldear todas las piezas del lote para continuar con el recorte de las piezas del vástago

El proceso continúa con el siguiente paso de la HAAS consiste en realizar una rosca en el interior de la pieza en una fresadora y después se ejecuta el HEPA, este consiste en remojar las piezas en alcohol y luego pasarlas por una recámara en donde se soplan para eliminar cualquier residuo que quedara de la HAAS, finalizado este paso se continúa con el ensamble de las piezas para finalizar con su empaque en bolsas con su debida etiqueta.

En las etapas de moldeo e inspección es cuando los técnicos detectan cualquier problema como se menciona anteriormente, los técnicos mientras están moldeando las piezas van revisando las piezas que salen de la máquina por si notan algún defecto visual o flash, si fuese el caso de notarse que las piezas tienen flash, ellos verifican en un microscopio digital y si notan que el flash se ve grande lo miden en un sistema de medición para conocer si el flash pasa o no pasa y realizar los ajustes necesarios.

En la segunda semana de octubre durante la producción del primer lote de la semana se empieza a presentar problemas en las cavidades 1 y 2 del molde con el flash que se encontrado fuera de tolerancia, los técnicos realizan los ajustes necesarios hasta tanto el flash estuviera dentro de especificación, en la segunda orden pasa igual; pero en este caso el flash no se logra que estuviera dentro de especificación, por lo tanto, se detiene la producción para evaluar la circunstancia, se revisa 22 piezas de las cavidades afectadas.

A continuación, en la Tabla 6 y Tabla 7 se muestra los resultados del flash para conocer si las piezas pasan o fallan, se revisa un total de 22 piezas por cavidad, pues los procedimientos de la empresa piden se revise 44 piezas por el tipo de inspección que se efectúa de la especificación, para la realizar dicha inspección se hace a simple vista; pero si se detecta la presencia de flash en

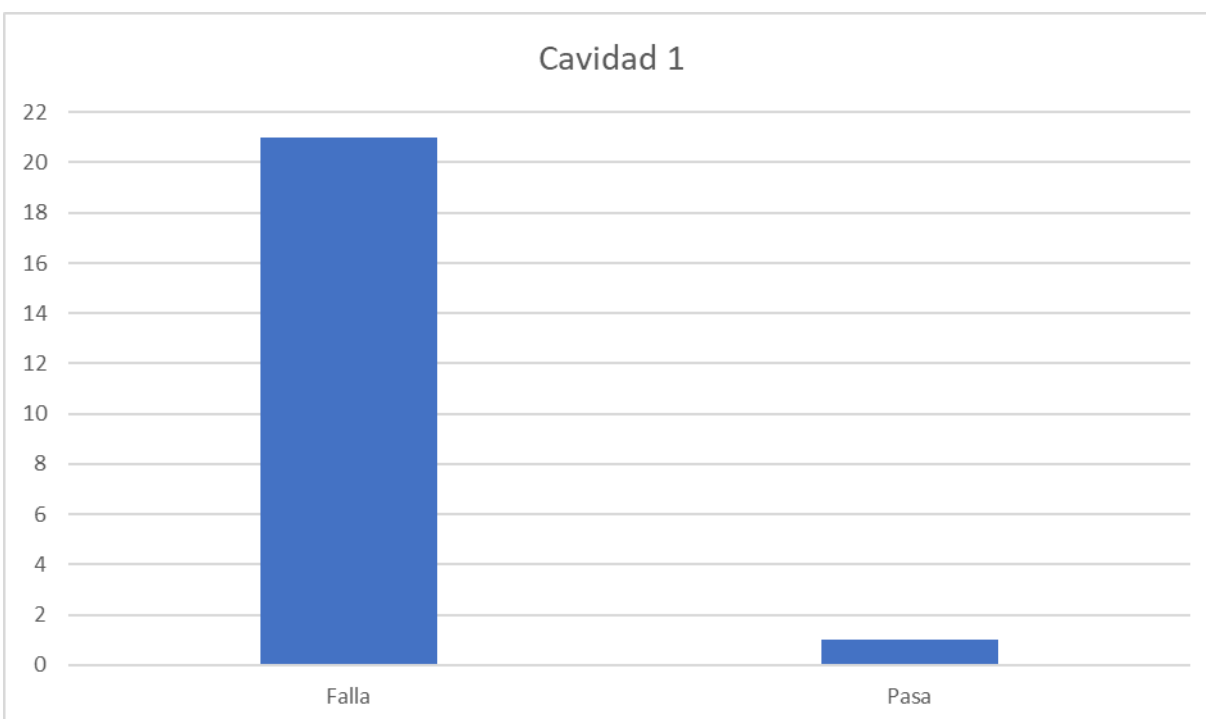
las piezas, los técnicos de moldeo pueden utilizar un sistema de medición digital para medir la altura del flash y ver si cumple con la especificación que en viene el plano de la pieza, dicha especificación es la siguiente: el flash no sea mayor a .005 milésimas de pulgada cualquier pieza por arriba de esta especificación se considera como un rechazo.

Tabla 6 Cavidad 1

Pieza	Pasa / Falla
1	Falla
2	Falla
3	Falla
4	Falla
5	Pasa
6	Falla
7	Falla
8	Falla
9	Falla
10	Falla
11	Falla
12	Falla
13	Falla
14	Falla
15	Falla
16	Falla
17	Falla
18	Falla
19	Falla
20	Falla
21	Falla
22	Falla

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En la Tabla 6 se puede observar las primeras 22 inspecciones, corresponden a la cavidad 1, con la información de la Tabla 6 Cavidad 1 se elabora el siguiente gráfico. Se detalla en la Figura 36 Cavidad 1 para una mejor visualización de los resultados de las piezas revisadas de la cavidad 1.

Figura 36 Cavidad 1

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Figura 36 Cavidad 1 de las 22 piezas inspeccionadas, 21 piezas dan como resultado fuera de especificación, esto al estar por arriba de la especificación de .005 milésimas de pulgada y 1 pieza estuvo dentro de la especificación de .000 a .005 milésimas de pulgada.

A continuación, en la Tabla 7 Cavidad 2 se documenta los resultados del flash de la cavidad 2 del molde del número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.

Tabla 7 Cavidad 2

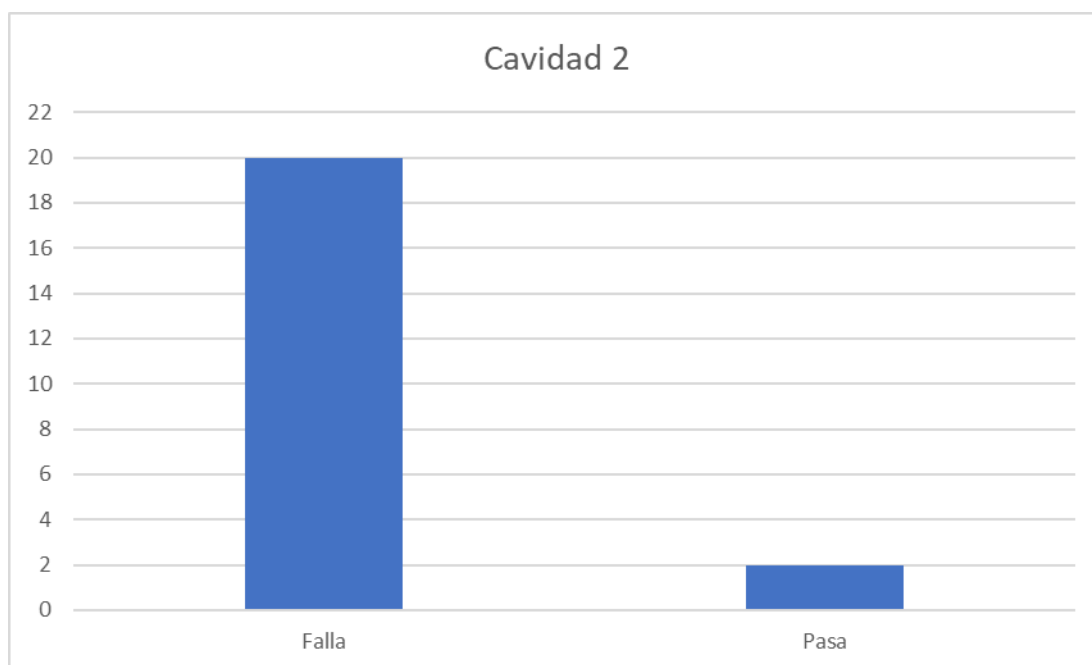
Pieza	Pasa / Falla
1	Falla
2	Falla
3	Falla
4	Falla
5	Falla
6	Falla
7	Falla
8	Pasa

Pieza	Pasa / Falla
9	Falla
10	Falla
11	Falla
12	Falla
13	Pasa
14	Falla
15	Falla
16	Falla
17	Falla
18	Falla
19	Falla
20	Falla
21	Falla
22	Falla

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Para una mejor visualización de la Tabla 7 Cavidad 2, se realiza el siguiente gráfico. Se puede observar en la Figura 37 Cavidad 2.

Figura 37 Cavidad 2



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

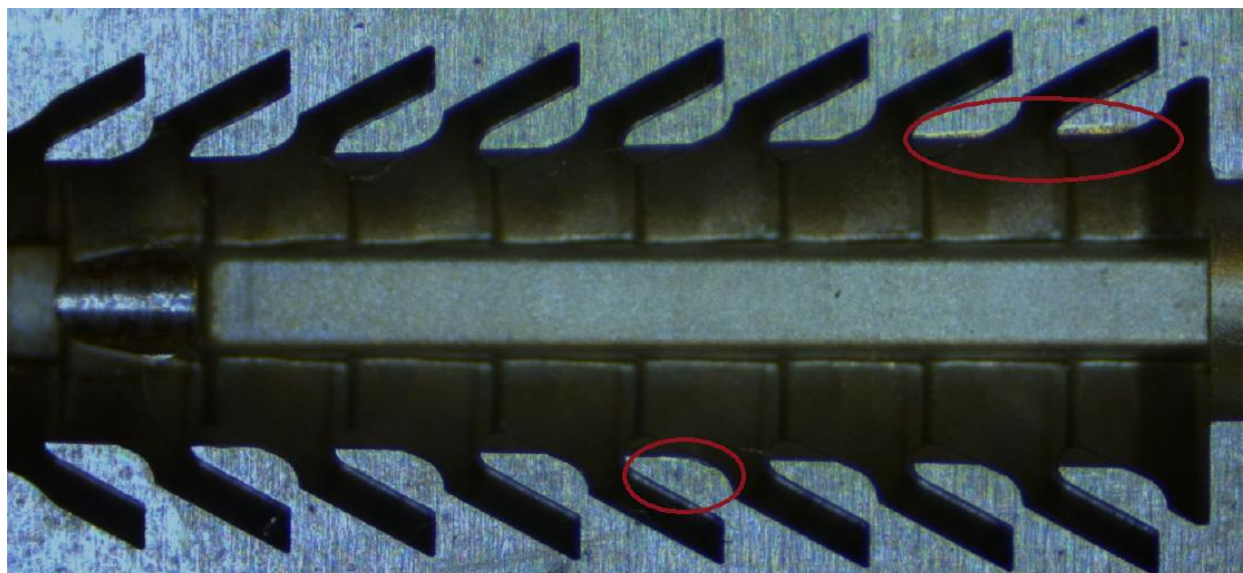
En la Figura 37 Cavity 2 se puede observar que de las 22 inspecciones solo dos piezas pasan, pues están dentro de la especificación de .000 a .005 milésimas de pulgada y las otras 18 inspecciones fallan por estar fuera de especificación, del muestreo que se realiza de 44 piezas solo tres unidades están dentro de especificación, de seguir con esa tendencia si se trabaja en cada lote se debe desechar aproximadamente 1000 piezas debido al flash.

Por las características de la pieza el procedimiento de la operación de recorte de las piezas limita el área donde pueden eliminar el flash de ellas, los técnicos pueden eliminar el flash que se presente en la zona superior de la pieza y en la punta de la pieza, pero no pueden eliminar el flash que se encuentra en el área de las aletas de la pieza, por cuanto es una zona compleja para manipular un bisturí y las personas se pueden llegar a cortar un dedo por eliminar el flash.

La gerencia de producción y de ingeniería toman la decisión de detener la producción del número de parte 90504247 para revisar el molde del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm, debido al problema presente en las piezas se estaría produciendo para desechar aproximadamente la mitad de las piezas de cada lote, lo cual no es beneficioso para el departamento de producción.

La razón por la cual las piezas empiezan a tener flash se observa cuando se baja el molde de la máquina y se revisa las cavidades donde se puede observar que las cavidades 1 y 2 presentan un golpe en los bordes de la silueta de la pieza, la razón por la cual las cavidades presentan este golpe es incierta y es lo que se busca entender durante la presente investigación, a continuación, en la Figura 38 y Figura 39 se puede observar los daños presentes en las cavidades 1 y 2 respectivamente.

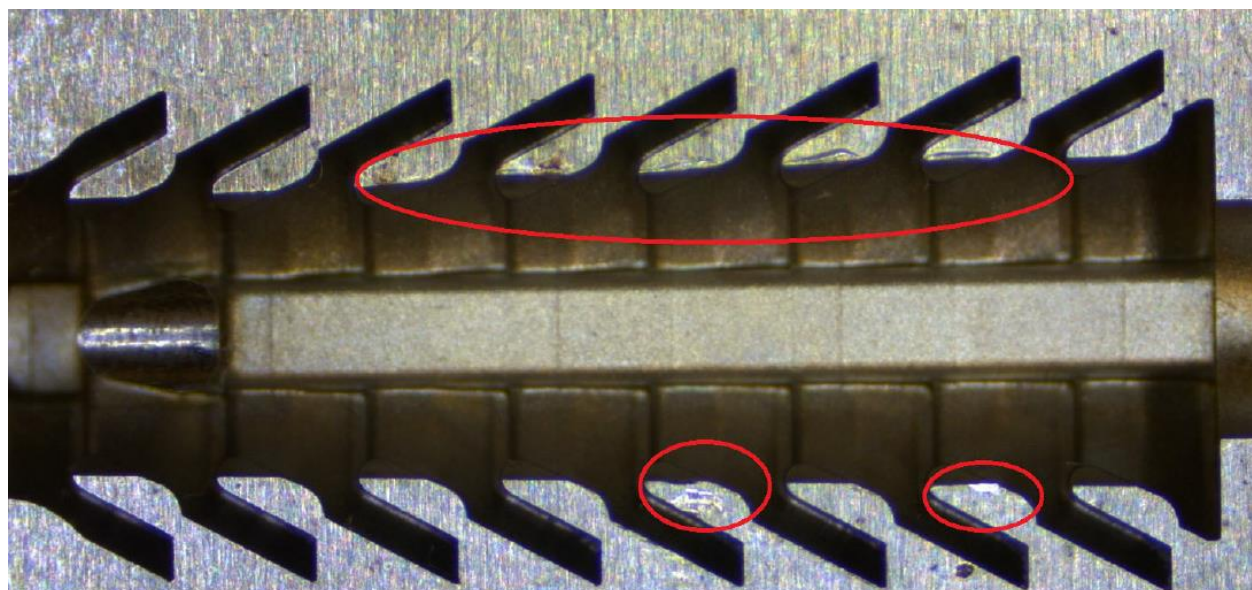
Figura 38 Daño en la cavidad 1



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En la Figura 38 se puede observar el daño producido en la cavidad 1 del molde del número de parte 90504247, el cual presenta dos golpes, uno en una aleta y el otro entre una aleta y el cuerpo de la pieza.

Figura 39 Daño en la cavidad 2



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En la Figura 39 se observa el daño ocasionado en la cavidad 2 del molde, donde se puede visualizar varios golpes alrededor del cuerpo de la pieza.

Para realizar los cálculos presentados a continuación, en la Tabla 8 se utiliza el costo de producción de un Anchor de aproximadamente \$7, en la siguiente tabla se muestra las producciones del número de parte 90504247 entre los meses de setiembre 2022 y febrero 2023.

Tabla 8 Producción entre Setiembre 2022 y Febrero 2023

Mes	Unidades Buenas	Unidades malas	Unidades No Producidas	Ganancias	Pérdidas
Setiembre	12,000	0	0	84,000	0
Octubre	2,000	200	9,800	14,000	70,000
Noviembre	0	0	12,000	0	84,000
Diciembre	0	0	12,000	0	84,000
Enero	0	0	12,000	0	84,000
Febrero	0	0	12,000	0	84,000
Total	14,000	200	57,800	98,000	406,000

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

De manera aclaratoria para realizar los cálculos presentados en la Tabla 8 se considera el costo de producción de la pieza, se multiplica por las unidades buenas fabricadas para obtener las ganancias, de igual manera se considera el costo de producción de la pieza, se multiplica por las unidades que son scrap, así como las unidades no fabricadas para obtener las pérdidas.

Como se puede observar en la Tabla 8 solo durante el mes de setiembre se puede cumplir con la producción del mes del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm de 12 000 unidades, en octubre solo se puede producir 2 000 unidades buenas antes de fallar el flash y desde la segunda semana de octubre hasta febrero no se puede producir nada debido al problema presentado, entre setiembre del 2022 y febrero del 2023 el departamento solo tiene una ganancia de \$98 000 y entre esos meses la pérdida es de aproximadamente \$406 000 por no poder producir el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.

Debido al paro de producción ante la presencia de flash en el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm se tiene la posibilidad de que el stock del número de parte 90504247 se llegue a quedar sin unidades para ser utilizadas en el cuarto limpio para la fabricación del producto final. A continuación, en la Tabla 9 se puede visualizar la demanda del producto, así como las unidades producidas en el área de moldeo como las unidades utilizadas por el cuarto limpio.

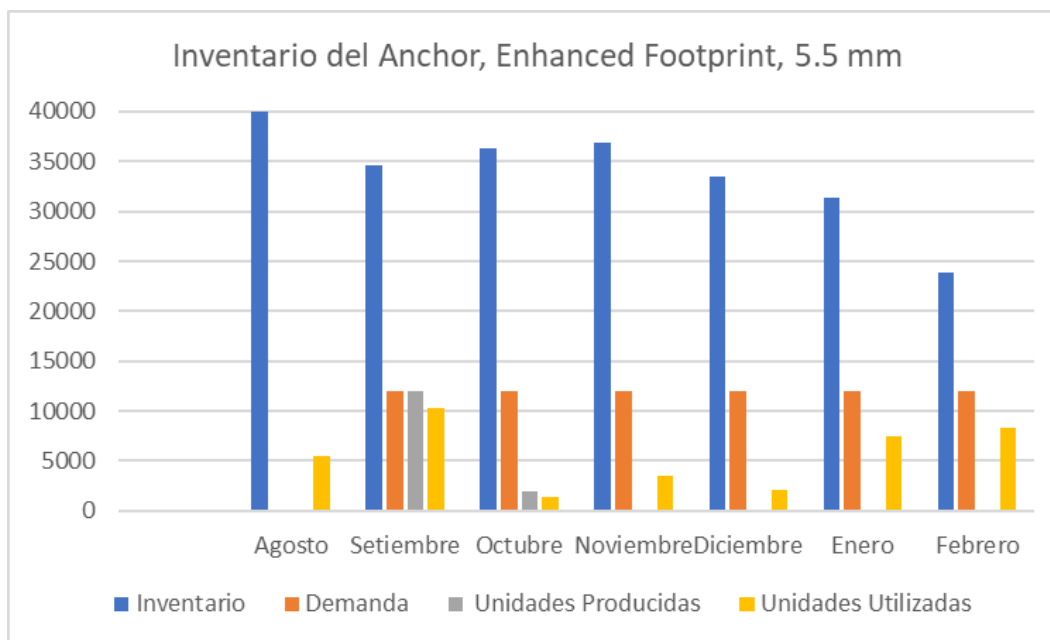
Tabla 9 Inventario del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm

Mes	Inventario	Demanda	Unidades Producidas	Unidades Utilizadas
Agosto	40,000	0	0	5,424
Setiembre	34,576	12,000	12,000	10,274
Octubre	36,302	12,000	2,000	1,430
Noviembre	36,872	12,000	0	3,435
Diciembre	33,437	12,000	0	2,047
Enero	31,390	12,000	0	7,476
Febrero	23,914	12,000	0	8,285
Total	23,914	72,000	14,000	38,371

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Con base en la Tabla 9 se realiza un gráfico para una mejor interpretación de los datos, se puede observar a continuación en la Figura 40 Inventario del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.

Figura 40 Inventario del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede visualizar en la Figura 40 al mes de agosto se tiene un inventario de 40 000 unidades del número de parte 90504247, entre los meses de setiembre y febrero la demanda es de 12 000 unidades por mes; pero esta demanda solo se puede cumplir en el mes de setiembre y en el mes de octubre solo se producir 2 000 piezas del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm, mientras las unidades utilizadas por la línea de producción varían de acuerdo con el plan de producción y para el mes de febrero el inventario llega a tener en existencias 23 914 unidades del número de parte 90504247.

Medición De Las Consecuencias

Con el fin de analizar las consecuencias presentes en la producción del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm, se utiliza diversas herramientas para realizar la medición de las consecuencias.

A continuación, en la Figura 41 se realiza un AMFE para conocer las consecuencias de que las piezas del número de parte tengan flash.

Figura 41 AMEF

AMFE								
Función	Modo Potencial de fallo	Efectos Potenciales de la falla	Severidad	Causas	Ocurrencia	Controles en el lugar	Detención	NPR
Moldeo	Flash en la línea de separación	No conformidad, desecho, fallo del dispositivo, afectación en la salud del paciente	7	Set-up incorrecto del molde	5	Inspección visual, hojas de inspección, inspección final de calidad	2	70
	Daño en cavidades	No conformidad, desecho, fallo del dispositivo	8	Fallo en la protección del molde, manipulación inadecuada del molde	4	Programa de mantenimiento preventivo, inspección en proceso de componentes, inspección visual, inspección final de calidad	2	64
Recorte de las piezas	Excesivo flash	No conformidad, desecho, fallo del dispositivo, afectación en la salud del paciente	8	Recorte inadecuado por falta de iluminación, equipo o de entrenamiento	6	Procedimiento de recorte, inspección visual, entrenamiento	3	144
	Dimensiones fuera de especificación	Por remover mucho material, la pieza se puede salir de tolerancia	7	Remoción de material en el recorte de las piezas	2	Inspección visual, planos en la estación de trabajo, inspección final de calidad	3	42

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En el proceso de moldeo se puede generar flash en la línea de separación, si no se logra visualizar en este proceso o en el proceso de inspección se puede detectar en el proceso de recorte, pues en este proceso por procedimiento, mientras se realiza la operación si detectan flash en la pieza la pueden retrabajar, en el procedimiento se menciona dos zonas las cuales se pueden retrabajar, son la parte de arriba y el agujero que se encuentra en el centro de la pieza, si las piezas presentan flash en la zona de las aletas, se deben desechar, por cuanto es una zona complicada de retrabajar.

También en el proceso de moldeo se puede generar daños en las cavidades, estos pueden generar flash en la pieza, eso puede suceder por algún fallo en la máquina o por manipular inadecuadamente el molde del número de parte 90504247. En el proceso de recorte de las piezas, si una pieza llegara con un excedente de material, puede ocasionar los técnicos realicen un recorte inadecuado y también las piezas se encuentren fuera de especificación.

En el proceso de ensamble final, puede pasar que la pieza cuando la están ensamblando no logre un ensamble correcto, además si llega a terminar todos los procesos dentro de la empresa y el producto llega a cliente de esa manera, el flash se puede llegar a desprender de la pieza y ocasionar problemas en la salud del paciente, esto pues el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm

puede llegar al sistema circulatorio y provocar el paciente esté en riesgo y hacer que la empresa deba recolectar todo el producto en venta, así como el vendido en todo el mundo.

Análisis De Las Causas

Con el fin de analizar las causas que hacen se presente flash en la producción del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm, se utiliza diversas herramientas para realizar la medición de las consecuencias.

Se efectúa una lluvia de ideas donde se toma la opinión de los técnicos de moldeo e ingenieros del área sobre las posibles causas por las cuales se puede presentar flash en el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm. A continuación, en la Figura 42 se observa la lluvia de ideas.

Figura 42 Lluvia de ideas



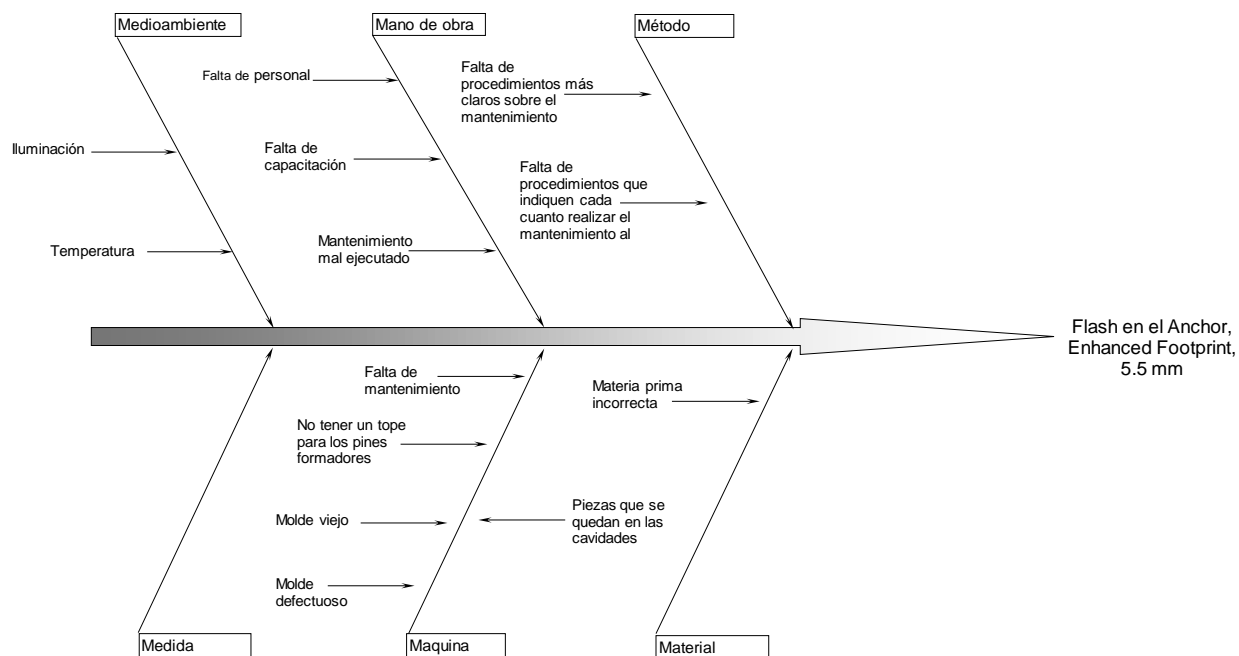
Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En la Figura 42 se puede observar las posibles causas por las cuales los técnicos e ingenieros creen se genera flash en las piezas, se utiliza un diagrama de Ishikawa para acomodar las ideas

según las 6M, son las siguientes: Medioambiente, Mano de obra, Método, Medida, Máquina y Material.

A continuación, en la Figura 43 se puede observar un diagrama de Ishikawa realizado con las posibles causas por las que las piezas presentan flash.

Figura 43 Diagrama de Ishikawa



Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

En la Figura 43 Diagrama de Ishikawa, se puede observar que en el campo de medida no hay una posible causa, por tanto, este campo se descarta, en el campo de mano de obra se encuentra tres posibles causas, se considera la falta de personal; pues actualmente no hay una persona quien se encargue del mantenimiento de los moldes. Eso hace que se deba asignar a un técnico de moldeo para esta tarea y no todos los técnicos tienen la capacitación necesaria para realizar un mantenimiento adecuado de los moldes, por lo cual surge la otra posible causa de un mantenimiento mal ejecutado.

En la M de medioambiente hay dos posibles causas, la primera es la iluminación en el área donde se realizan los procesos debido a que se utilizan lupas con luz, pero la misma es mínima y la otra posible causa es la temperatura debido a que puede variar durante el proceso de moldeo y esto provoque que el plástico en el molde deje excesos de material.

En la siguiente M de método hay dos posibles causas, la falta de procedimientos más claros sobre realizar los mantenimientos a los moldes para que el personal tenga una guía de como ejecutar su mantenimiento al molde y la otra posible causa es la falta de procedimientos que indiquen la frecuencia con la cual se debe realizar los mantenimientos al molde, esto acorde con las condiciones del molde. Un molde nuevo no ocuparía un mantenimiento más frecuente a un molde viejo que se debería de revisar más seguido para evitar cualquier problema.

En la M de máquina hay cinco posibles causas, la primera causa que sea un molde viejo y debido a esta condición presente más desgaste, la siguiente causa, el molde sea defectuoso y por esta razón no condense de manera correcta y provoque que durante la producción la temperatura del molde suba y baje, la otra posible causa sería falta de mantenimiento, esta causa va ligada a la frecuencia que se les asigna a los moldes desde la primera vez y como anteriormente se menciona se debería de tomar en cuenta su antigüedad, la cuarta posible causa sería la falta de un tope de los pines formadores, esto, pues cuando los retiran para revisarlos y los vuelven a colocar no tienen un tope como tal, sino en el molde tienen una posición y dependiendo de cómo los coloquen puede ocasionar un golpe en el molde y la última posible causa es, durante el proceso las piezas cuando van a ser expulsadas de las cavidades estas se queden pegadas en la cavidad y con el tiempo esto puede producir un desgaste.

En la última M de Material se tiene una posible causa, la primera posible causa es que se utilice la materia prima incorrecta; pero esta causa se descarta porque la materia prima se encuentra debidamente identificada y separada de la materia prima utilizada para validaciones.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones generadas después del análisis de la situación actual realizada.

Conclusiones

- Se concluye: el problema del flash se presenta durante el moldeo de las piezas del número de parte 90504247 y afecta en más del 50% de las piezas producidas de cada lote esto hace difícil que los técnicos puedan separar las piezas buenas de las malas.
- Se concluye: el impacto económico que tiene por no producir el Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm entre los meses de octubre y de febrero es de aproximadamente \$406000, el cual puede seguir aumentando durante el año si se sigue presentando este tipo de flash en las piezas.
- Según el análisis al tener el problema del flash en las piezas esto afecta a dos líneas de producción, pues se reduce el producto en proceso y eso hace se detengan las líneas de producción.
- Se concluye: el no contar con una persona en específico para el mantenimiento de los moldes y esta tarea sea realizada por los técnicos de moldeo sin una previa capacitación, puede afectar al molde.

Recomendaciones

- Se recomienda tener cavidades de resguardo, para cubrir eventualidades en caso de daño en la cavidad que pudiera generar nuevamente flash en la pieza.
- Se recomienda al departamento de ingeniería realizar una capacitación a los técnicos de moldeo para nivelarlos en los conocimientos de mantenimiento de moldes.
- Se recomienda actualizar el procedimiento de cómo hacer el mantenimiento preventivo y correctivo de los moldes, para que el personal tenga una guía de cómo realizarlo.
- Se recomienda la reparación de las cavidades actuales para poder continuar con la producción del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.
- Se recomienda contratar a una persona para que se encargue del mantenimiento de moldes.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

En el presente capítulo se desarrolla la propuesta para la eliminación del flash en el número de parte 90504247, Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm, además se realiza el análisis financiero de la propuesta y el impacto económico que tendrá en la empresa Smith and Nephew y por último se detalla el plan de implementación de la propuesta.

Propuesta

Tener cavidades de resguardo

Realizar la orden de compra en el sistema de tres juegos de cavidades y de pines formadores para tener en inventario, la llegada de las cavidades y de los pines formadores dura aproximadamente dos meses en arribar a la empresa. Con la compra de estas partes es necesario primeramente realizar pruebas de ingeniería con las cavidades y los pines formadores nuevos para revisar si las piezas se están moldeando de manera correcta, además, las cavidades y los pines formadores no presenten fallos, una vez aprobadas estas pruebas se procederá con la validación de las tres cavidades y de los tres pares de pines formadores.

Por procedimientos de la empresa se debe validar las cavidades de los moldes y los pines formadores nuevos, los procedimientos piden que para cada validación se corra un lote por cavidad por pines formadores, en este caso los lotes se distribuyen en un lote para los tres turnos con los cuales cuenta la empresa, esto para que cada turno inicie un lote y lo trabajen durante ese turno.

Estas órdenes son de uso humano y serán de 1 000 unidades, por ello se tendrá que completar todos los procesos posteriores al moldeo de las piezas, para poder cumplir con los procedimientos de la empresa se debe utilizar 30 shots para las características variables y 44 shots para las características atributivas, cada shot consta de cuatro piezas y, se utilizará 44 piezas para realizar pruebas funcionales. Dichas pruebas funcionales se envían a Mansfield en Estados Unidos para ser realizadas allá y los resultados de las pruebas se vuelven a Costa Rica para ser incluidos en el documento de aprobación de la validación.

Los técnicos deberán medir e inspeccionar 12 puntos, los cuales son los puntos críticos de calidad, una vez se termina de medir los 30 shots para las características variables y los 44 shots para las características atributivas, se realizará un análisis estadístico para determinar la

capacidad para cada punto crítico de calidad, los datos que presenten una distribución normal deberán tener un Cpk mayor o igual a uno y los datos que presenten una distribución no normal deberán de tener un Ppk mayor o igual a uno, esto según los procedimientos de la empresa.

Una vez se termine el proceso de moldeo, inspección y recorte de cada lote se apartará tres shots por lote para dárselas a los inspectores de calidad, el fin es que las inspeccionen y realicen el FAI de las piezas para que den el visto bueno de las piezas, para esta inspección se le solicitará al departamento de calidad el soporte en horas extras, por cuanto en el horario normal queda complicado realizar las inspecciones.

Los inspectores deberán medir todas las medidas que vienen en el plano, por esta razón se apartan tres shots, porque la pieza tiene varias medidas internas y para poder medirlas se debe cortar la pieza por el centro; pero cuando se va a realizar el corte puede ser este no quede bien en la primera pieza y se tendrá que usar la siguiente pieza; pero antes de realizar este corte se debe medir las medidas externas, una vez se tiene todas las medidas externas se procede a realizar el corte y se miden las medidas internas.

Finalizado el FAI por el inspector de calidad, se le va a entregar el FAI al ingeniero de calidad para su aprobación, una vez aprobado el FAI se le va a entregar a ingeniería de moldeo para que realice la documentación donde se detalla los resultados de las características atributivas y el análisis estadístico de las características variables, los resultados de los FAI y los resultados de las pruebas funcionales, finalizado este documento y aprobado por las personas necesarias se podrá contar con tres cavidades y tres pares de pines formadores del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm para la producción y no depender solamente de un juego de cavidades y de pines formadores.

Actualización de procedimientos

Se realizará una actualización del procedimiento de mantenimiento de moldes, donde se explicará los pasos por seguir para realizar el mantenimiento del molde, así como los formularios necesarios por llenar para realizar el mantenimiento correspondiente al molde, también se explicará de una mejor manera lo que se debe hacer en caso de tener que reparar, modificar o reemplazar alguna parte de molde, dependiendo de la parte del molde es como se va a trabajar.

Se explicará lo siguiente: según ya sea una reparación menor, una reparación moderada, un reemplazo moderado o una modificación mayor, los pasos por seguir, ya sea realizar un FAI o

inspeccionar las medidas que se ven afectadas, realizar un análisis de capacidad de las medidas críticas para calidad, realizar un protocolo de validación para volver a validar el proceso, además de agregar un código de colores del estado de los moldes, si el molde requiere mantenimiento correctivo o preventivo, que esté listo para utilizarse o en proceso de validación.

También se especificará el adecuado manejo del molde, el lugar donde se van a almacenar los moldes que necesiten ser revisados, a los cuales se les debe realizar mantenimiento correctivo o mantenimiento preventivo, también se explicará las medidas que debe tomar el personal en caso de realizarle el mantenimiento al molde y no encuentren donde colocar la etiqueta.

Además, se realizará una actualización del procedimiento de mantenimiento preventivo explicando los pasos por seguir cuando se encuentre algún fallo, si alguna pieza del molde requiere un cambio o se necesite enviar a algún proveedor para su reparación, esto cuando se realiza los mantenimientos preventivos de los moldes, además al igual que en el procedimiento de mantenimiento de moldes, agregar un código de colores del estado de los moldes, si el molde requiere mantenimiento correctivo, listo para utilizarse o en proceso de validación..

Capacitación a los técnicos

Se realizará una reunión con el departamento de entrenamiento de área, de producción y de ingeniería de moldeo para determinar los puntos necesarios de deben conocer por los técnicos de moldeo para poder efectuar el mantenimiento a los moldes y, así poder realizar la matriz de conocimientos e ingeniería pueda realizar el entrenamiento a los técnicos con base en la matriz de conocimientos y se definirá si se necesita horas extras para poder realizar la matriz de entrenamiento.

Para poder realizar la matriz de conocimientos se contará con el soporte del personal de entrenamiento del área, para turno uno y turno dos cuentan con un entrenador para cada turno quien pueda realizar la entrevista a los técnicos de moldeo, pero para turno tres no hay personal para llevarla a cabo, por ello es necesario los entrenadores de turno uno y turno dos realicen horas extras para poder entrevistar a los dos técnicos de moldeo. A continuación, en la Figura 44 se da un ejemplo de la matriz de conocimientos.

Figura 44 Ejemplo de matriz de conocimientos

	Conocimiento 1	Conocimiento 2	Conocimiento 3	Conocimiento 4	Conocimiento 5	Conocimiento 6	Conocimiento 7	Conocimiento 8	Conocimiento 9	Conocimiento 10
Técnico 1										
Técnico 2										
Técnico 3										
Técnico 4										
Técnico 5										
Técnico 6										

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Con la matriz de conocimiento se buscará igualar los conocimientos de todos los técnicos según los puntos que se determinados en conjunto con ingeniería, esto porque si durante producción presentan problemas con el molde, ellos puedan revisar y evaluar el molde, teniendo realizada esta matriz ingeniería buscará los recursos necesarios para capacitar a los técnicos en los puntos desconocidos por ellos.

La capacitación se realizará en dos semanas, se necesitará los técnicos de los tres turnos realicen horas extras para poder capacitarlos en los puntos que desconocen de mantenimiento, la capacitación se hará de manera personal con cada uno para asegurarse de que entiendan y puedan preguntar lo necesario a ingeniería, además se aprovechará para entrenarlos en las actualizaciones de los procedimientos de mantenimiento.

Reparación de la cavidad actual

Realizar la orden de compra en el sistema para la reparación de la cavidad actual dura aproximadamente un mes y medio en llegar a la empresa, con la reparación de la cavidad es necesario primeramente realizar pruebas de ingeniería con la cavidad reparada para revisar las piezas se están moldeando de manera correcta, además, la cavidad no presente fallos. Una vez aprobadas estas pruebas se procederá con la validación de la cavidad esto debido a los procedimientos de la empresa, los procedimientos piden que para cada validación se corra un lote por la cavidad, en este caso el lote se realizará en el primer turno.

Esta orden es de uso humano y será de 1 000 unidades, por tanto, se deberá completar todos los procesos posteriores al moldeo de las piezas, para poder cumplir con los procedimientos de la empresa es necesario utilizar 30 shots para las características variables y 44 shots para las

características atributivas, cada shot consta de cuatro piezas y, se utilizará 44 piezas para realizar pruebas funcionales, dichas pruebas funcionales se envían a Mansfield en Estados Unidos para ser realizadas allá y los resultados de las pruebas vuelven a Costa Rica para ser documentados en el documento de aprobación de la validación.

Los técnicos deberán medir e inspeccionar 12 puntos, los cuales son los puntos críticos de calidad, una vez se termina de medir los 30 shots para las características variables y los 44 shots para las características atributivas, se realizará un análisis estadístico para determinar la capacidad para cada punto crítico de calidad, los datos que presenten una distribución normal deberán tener un Cpk mayor o igual uno y los datos que presenten una distribución no normal deberán de tener un Ppk mayor o igual uno, esto según los procedimientos de la empresa.

Una vez se termine el proceso de moldeo, inspección y recorte de cada lote se apartará tres shots para dárselos a los inspectores de calidad e inspeccionen las piezas y realicen el FAI de las piezas para que ellos den el visto bueno de ellas, para esta inspección se le solicitará al departamento de calidad el soporte en horas extras, pues en el horario normal queda complicado realizar las inspecciones.

Los inspectores deben medir todas las medidas que vienen en el plano, por esta razón se aparta tres shots, pues la pieza tiene varias medidas internas y para poder medirlas se debe cortar la pieza por el centro; pero cuando se va a realizar el corte puede este no quede bien en la primera pieza y se tendrá que usar la siguiente pieza; pero antes de efectuar este corte se debe medir las medidas externas, una vez se tienen todas las medidas externas se procede a realizar el corte y se miden las medidas internas.

Una vez finalizado el FAI por el inspector de calidad, se le entrega el FAI al ingeniero de calidad para que apruebe el FAI, una vez aprobado el FAI se le va a entregar a ingeniería de moldeo para que realice la documentación donde se detalla los resultados de las características atributivas y el análisis estadístico de las características variables, los resultados de los FAI y los resultados de las pruebas funcionales, finalizado este documento y aprobado por las personas necesarias se podrá contar con reanudar la producción del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.

Encargado de mantenimiento de moldes

El supervisor de ingeniería del área de moldeo realizará la solicitud para cubrir la vacante del encargado de mantenimiento de moldes al departamento de recursos humanos, se le asignará a un

ingeniero del área la realización de una prueba conocimientos básicos sobre mantenimiento de moldes para que dicha prueba funcione como un filtro de los candidatos que se postulen, los candidatos que continúen a la entrevista con el supervisor de ingeniería deberán de pasar la prueba con una nota de 70, el supervisor una vez realizadas las entrevistas a los candidatos va a agendar una reunión con la persona de recursos humanos que lleva todo el proceso de la vacante para definir el candidato que se escogerá para el puesto.

Una vez que la persona seleccionada entre a la compañía y lleve el proceso correspondiente de inducción, la persona se entrenará con los ingenieros de moldeo para explicarle cada uno de los procedimientos de mantenimiento de moldeo para que así pueda preguntar sobre algunos de los puntos que vienen en los procedimientos y además de enseñarle como proceder en caso de que tenga alguna duda o que suceda algo que no se haya visto antes en cuanto al mantenimiento de moldes.

Análisis Económico

El costo de cada cavidad es de aproximadamente 5 800 dólares y de cada par de pines formadores es de 1 200 dólares. A continuación, en la Tabla 10 se puede observar el costo total de comprar tres cavidades y tres pares de pines formadores.

Tabla 10 Costos de las partes del molde

Costos de las partes			
Parte	Cantidad	Costo unitario	Costo
Cavidad	3	\$ 5,800.00	\$ 17,400.00
Par de pines formadores	3	\$ 1,200.00	\$ 3,600.00
Total		\$	21,000.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Para realizar la validación de las tres cavidades y de los pines formadores se solicitarán 3 lotes de producción, a continuación, en la Tabla 11 se puede observar el costo por los 3 lotes solicitados.

Tabla 11 Costo de los lotes para validación de las cavidades

Costo de los lotes			
Lote	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	1,000	\$ 7.00	\$ 7,000.00
2	1,000	\$ 7.00	\$ 7,000.00
3	1,000	\$ 7.00	\$ 7,000.00
Total		\$	21,000.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 11 el costo de los tres lotes para la validación de las cavidades y de los pines formadores es de 21 000 dólares, a este costo se realiza el rebajo de las unidades que se utilizará para realizar el FAI y las unidades por utilizar en las pruebas funcionales.

Para realizar los tres FAI se necesita 12 piezas por lote. A continuación, en la Tabla 12 se puede observar el costo de las piezas para realizar los FAI de los tres lotes.

Tabla 12 Costo de las piezas para los FAI

Costo de las unidades para los FAI			
Lote	Cantidad de unidades para el FAI	Costo unitario	Costo de las unidades
1	12	\$ 7.00	\$ 84.00
2	12	\$ 7.00	\$ 84.00
3	12	\$ 7.00	\$ 84.00
Total		\$	252.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 12 el costo por utilizar 36 piezas para los FAI es de 252 dólares.

Para los tres lotes se debe realizar pruebas funcionales, para esto son necesarias 44 piezas por lote, a continuación, en la Tabla 13 se puede observar el costo de las piezas para realizar los FAI de los tres lotes.

Tabla 13 Costo de las piezas para pruebas funcionales

Costo de las unidades para pruebas funcionales			
Lote	Cantidad de unidades para pruebas funcionales	Costo unitario	Costo de las unidades
1	44	\$ 7.00	\$ 308.00
2	44	\$ 7.00	\$ 308.00
3	44	\$ 7.00	\$ 308.00
Total			\$ 924.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Se puede observar en la Tabla 13 el costo de realizar las pruebas funcionales para los tres lotes es de 924 dólares.

Como se expone en la Tabla 12 y Tabla 13 los costos respectivos de cada uno son 252 dólares y 924 dólares, sumando estos costos de las piezas que no se llegaría a utilizar en el ensamble final en el cuarto limpio es de 1 176 dólares, esta cantidad se le restará al costo total de los tres lotes producidos para la validación, a continuación, en la Tabla 14 se detalla el costo final de los tres lotes para la validación de las cavidades.

Tabla 14 Costo final de los lotes para validación

Costo final de los lotes				
Lote	Costo de las unidades para el FAI	Costos de las unidades para las pruebas funcionales	Costo de producción	Costo total
1	\$ 84.00	\$ 308.00	\$ 7,000.00	\$ 6,608.00
2	\$ 84.00	\$ 308.00	\$ 7,000.00	\$ 6,608.00

Costo final de los lotes				
Lote	Costo de las unidades para el FAI	Costos de las unidades para las pruebas funcionales	Costo de producción	Costo total
3	\$ 84.00	\$ 308.00	\$ 7,000.00	\$ 6,608.00
Total	\$			19,824.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Se puede observar en la Tabla 14 el costo final de por cada lote es de 6 608 dólares, en consecuencia, por los tres lotes es un costo de 19 824 dólares, esta cantidad queda una vez finalizado todo el proceso de validación de las tres cavidades será ganancia para el departamento de producción de moldeo.

Para la realización del FAI para las cavidades y pines formadores por parte de cada inspector de calidad, será necesario como mínimo cuatro horas extras por lote, a continuación, en la Tabla 15 se puede observar el costo por hora extra de cada inspector por turno.

Tabla 15 Costo de horas extra de los inspectores de calidad por turno para los FAI

Horas extras de los Inspectores de calidad			
Personal	Horas	Salario	Total
Turno 1	4	\$ 7.68	\$ 30.72
Turno 2	4	\$ 8.78	\$ 35.12
Turno 3	4	\$ 10.24	\$ 40.96
Total		\$	106.80

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Según se puede observar en la Tabla 15 el costo de las horas extras para la inspección de un lote es de 106.80 dólares, a continuación, en la Tabla 16 se podrá observar el costo total de las horas extras para los tres lotes que requieren la realización del FAI.

Tabla 16 Costo total de horas extras de los inspectores de calidad para los FAI

Horas extras de los Inspectores de calidad	
3 lotes	\$ 320.40

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como observa en la Tabla 16 el costo total de las horas extras de los inspectores de calidad para así puedan realizar el FAI de los tres lotes de validación es 320.40 dólares.

Para la realización de la matriz de conocimientos de los técnicos de moldeo será necesario solicitar horas extras para los técnicos del turno nocturno, a continuación, en la Tabla 17 se detalla los costos de las horas extras de los entrenadores por turno.

Tabla 17 Costo de las horas extras de los entrenadores

Horas extras de los Entrenadores			
Personal	Horas	Salario	Total
Turno 1	4	\$ 8.96	\$ 35.84
Turno 2	4	\$ 10.24	\$ 40.96
Total		\$	76.80

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 17 el costo total de las extras de los entrenadores para que puedan realizar las entrevistas al personal de turno tres es de 76.80 dólares.

Para la capacitación por parte de ingeniería va a ser necesario los seis técnicos realicen horas extras para poder capacitarlos adecuadamente, a continuación, en la Tabla 18 se detalla los costos de las horas extras de los técnicos de moldeo por turno.

Tabla 18 Costos de horas extras de los técnicos de moldeo

Horas extras de los Técnicos de moldeo			
Personal	Horas	Salario	Total
Turno 1	8	\$ 8.97	\$ 71.76
Turno 2	8	\$ 10.25	\$ 82.00
Turno 3	8	\$ 11.96	\$ 95.68
Total		\$	249.44

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 18 el costo de horas extras para poder capacitar a los técnicos de moldeo es de 249.44 dólares.

El costo de la reparación de la cavidad es de aproximadamente 4 500 dólares, a continuación, en la Tabla 19 se detalla el costo de la reparación de la cavidad actual.

Tabla 19 Costo de la reparación de la cavidad actual

Costo de la reparación			
Parte	Cantidad	Costo unitario	Costo
Cavidad	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Para realizar la validación de la cavidad reparada se solicitará un lote de producción, a continuación, en la Tabla 20 se puede observar el costo por el lote solicitado.

Tabla 20 Costo del lote para validación de la cavidad

Costo del lote			
Lote	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	1,000	\$ 7.00	\$ 7,000.00
Total		\$	7,000.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 20 el costo del lote para la validación de la cavidad reparada es de 7 000 dólares, a este costo se le debe realizar el rebajo de las unidades que se utilizará para realizar el FAI y las unidades que se empleará en las pruebas funcionales.

Para realizar el FAI se necesita 12 piezas, a continuación, en la Tabla 12 se puede observar el costo de las piezas para realizar los FAI.

Tabla 21 Costo de las piezas para el FAI

Costo de las unidades para el FAI			
Lote	Cantidad unidades para el FAI	Costo unitario	Costo de las unidades
1	12	\$ 7.00	\$ 84.00
Total	\$		84.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 21 el costo por utilizar 12 piezas para el FAI es de 84 dólares.

Para el lote se debe, realizar pruebas funcionales, por tanto, son necesarias 44 piezas, a continuación, en la Tabla 22 se puede observar el costo de las piezas para realizar el FAI.

Tabla 22 Costo de las piezas para pruebas funcionales

Costo de las unidades para pruebas funcionales			
Lote	Cantidad unidades para pruebas funcionales	Costo unitario	Costo de las unidades
1	44	\$ 7.00	\$ 308.00
Total	\$		308.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Se puede observar en la Tabla 32 el costo de realizar las pruebas funcionales para el lote es de 308 dólares.

Como se puede observar en la Tabla 21 y Tabla 22 los costos respectivos de cada son 84 dólares y 308 dólares, sumando estos costos de las piezas que no se llegarían a utilizar en el ensamble final en el cuarto limpio es de 392 dólares, esta cantidad se le restará al costo total del lote producido para la validación, a continuación, en la Tabla 23 se detalla el costo final del lote para la validación de la cavidad.

Tabla 23 Costo final del lote para validación

Costo final del lote				
Lote	Costo de las unidades para el FAI	Costos de las unidades para las pruebas funcionales	Costo de producción	Costo total
1	\$ 84.00	\$ 308.00	\$ 7,000.00	\$ 6,608.00
Total	\$			6,608.00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Se puede observar en la Tabla 23 el costo final del lote es de 6 608 dólares, esta cantidad queda una vez finalizado todo el proceso de validación de la cavidad reparada será ganancia para el departamento de producción de moldeo.

Para la realización del FAI para la cavidad reparada por parte de cada inspector de calidad será necesario como mínimo cuatro horas extras, a continuación, en la Tabla 24 se puede observar el costo por hora extra de cada inspector por turno.

Tabla 24 Costo de las horas extras de los inspectores de calidad para el FAI

Horas extras de los inspectores de calidad			
Personal	Horas	Salario	Total
Turno 1	4	\$ 7.68	\$ 30.72
Turno 2	4	\$ 8.78	\$ 35.12
Turno 3	4	\$ 10.24	\$ 40.96
Total	\$		106.80

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 24 el costo total de las horas extras de los inspectores de calidad para realizar el FAI de la cavidad reparada es de 106.80 dólares.

La contratación de la persona que va a cubrir la vacante del encargado de mantenimiento de moldes va a tener un salario de aproximadamente 6.76 dólares por hora, a continuación, en la Tabla 25 se detalla el salario más las cargas sociales.

Tabla 25 Salario del encargado de mantenimiento de moldes

Salario del Encargado de mantenimiento de moldes		
Salario bruto sin cargas sociales	% Cargas sociales	Salario con cargas sociales
\$ 1 125,00	15,43%	\$ 1 298,59

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

A continuación, en la Tabla 26 se detalla el costo de tener detenida el área de moldeo por turno.

Tabla 26 Costo de tener detenida el área de moldeo por turno

Costo por turno			
Mes	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Octubre	\$ 1 684,80	\$ 2 328,12	\$ 3 510,00
Noviembre	\$ 2 246,40	\$ 3 104,16	\$ 4 680,00
Diciembre	\$ 1 684,80	\$ 2 328,12	\$ 3 510,00
Enero	\$ 2 246,40	\$ 3 104,16	\$ 4 680,00
Febrero	\$ 2 246,40	\$ 3 104,16	\$ 4 680,00
Total	\$ 10 108,80	\$ 13 968,72	\$ 21 060,00

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede observar en la Tabla 26, el costo de no estar produciendo para turno 1, turno 2 y turno 3 es de 10 108.80 dólares, 13 968.72 dólares y 21 060.00 dólares respectivamente, para un total de aproximadamente de 45 137.52 dólares el cual se detalla a continuación, en la Tabla 27.

Tabla 27 Costo total de la detención del área

Costo total	
Turno	Costo
1	\$ 10 108,80
2	\$ 13 968,72
3	\$ 21 060,00
Total	\$ 45 137,52

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

El costo total de la propuesta sería de 74 257.88 dólares, el cual se detalla a continuación, en la Tabla 28.

Tabla 28 Costo total de la propuesta

Costo de la propuesta	
Detalle	Costo
Compra de cavidades y pines formadores	\$ 21 000,00
Piezas para los 3 FAI	\$ 252,00
Piezas para las 3 pruebas funcionales	\$ 924,00
Horas extras de los inspectores para los 3 FAI	\$ 320,40
Horas extras de los entrenadores	\$ 76,80
Horas extras de los técnicos de moldeo	\$ 249,44
Reparación de la cavidad actual	\$ 4 500,00
Piezas para el FAI	\$ 84,00
Piezas para la prueba funcional	\$ 308,00
Horas extras de los inspectores para el FAI	\$ 106,80
Horas sin trabajar de los técnicos de moldeo	\$ 45 137,52
Salario del encargado de mantenimiento de moldes	\$ 1 298,92
Total	\$ 74 257,88

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Para finalizar con el análisis económico se realiza el cálculo del retorno sobre la inversión. Se detalla en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29 Cálculo del ROI

Ganancias	Inversión	ROI
\$ 110 432,00	\$ 74 257,88	49%

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Se puede observar en la Tabla 29 el porcentaje del retorno sobre la inversión es de 49%, lo cual indica que por cada dólar invertido se obtendrá 0.49 dólares de ganancia en un periodo de seis meses.

Para la realización del proyecto se necesitaría un analista quien se dedique a la ejecución del proyecto y les dé seguimiento a las actividades de implementación, a continuación, en la Tabla 30 se detalla el salario por mes del analista del proyecto.

Tabla 30 Salario del Analista del Proyecto

Salario del Analista del proyecto		
Salario bruto sin cargas sociales	% Cargas sociales	Salario con cargas sociales
\$ 1 057.02	15.43%	\$ 1 220.12

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Beneficios cualitativos

La empresa Smith and Nephew tendrá varios beneficios con la implementación de la propuesta del proyecto, algunos de estos beneficios serían los siguientes:

- Contar con personal más capacitado.
- Evitar tener paros de producción por no contar con cavidades de resguardo.
- Se podrá mejorar la calidad del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm.
- Mejorar el cumplimiento de la demanda.

Plan De Implementación

En la siguiente Figura 45 se puede observar el plan de implementación con las actividades propuestas, las actividades se visualizan por semana.

Figura 45 Plan de implementación

ACTIVITY	PLAN START	PLAN DURATIO N	ACTUAL START	ACTUAL DURATIO N	PERCENT COMPLETE	PERIODS																		
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Compra de cavidades y pines formadores	1	1	1	1		■																		
Envío de las cavidades y pines formadores	2	8	2	8		■	■	■	■	■	■	■	■											
Realizar matriz de conocimientos	1	1	1	1		■																		
Entrevista a los técnicos de moldeo	2	2	2	2		■	■																	
Realizar actualización de procedimientos	2	2	2	2		■																		
Capacitar a los técnicos	4	2	4	2					■	■														
Pruebas de ing	10	1	10	1										■										
Producción de los lotes	11	3	11	3										■	■	■								
FAI de cada lote	12	3	12	3												■	■	■						
Medición de 44 shots por lote	14	2	14	2																■	■			
Análisis de capacidad	15	1	15	1																	■			
Pruebas funcionales	14	2	14	2																	■	■		
Finalización de documentación y aprobación	16	1	16	1																			■	
Reparación de la cavidad actual	1	6	1	6		■	■	■	■	■														
Pruebas de ing	6	1	6	1						■														
Producción del lote	7	1	7	1							■													
FAI del lote	7	1	7	1								■												
Medición de 44 shots	8	1	8	1									■											
Análisis de capacidad	8	1	8	1										■										
Pruebas funcionales	8	2	8	2										■	■									
Finalización de documentación y aprobación	10	1	10	1												■								
Solicitud de la vacante	1	1	1	1		■																		
Proceso de contratación y entrenamiento	2	10	2	10		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									

Nota: Héctor Picado Jiménez, 2023

Como se puede apreciar en la Figura 45 Plan de implementación, el plan tiene una duración de 16 semanas, inicia con la compra de las cavidades y los pines formadores, esta tarea dura una semana para las aprobaciones, estas partes del molde duran aproximadamente dos meses en llegar a la empresa para posteriormente empezar con las pruebas para verificar las cavidades y los pines formadores estén en condiciones, una vez superadas estas pruebas se puede empezar a producir los tres lotes de la validación, una vez se termine de producir cada lote se le puede entregar a calidad los shots para realizar el FAI.

Después de completar todos los procesos de producción del número de parte 90504247 de los tres lotes se puede empezar a medir los 44 shots para el análisis de capacidad y se puede solicitar las 44 piezas para las pruebas funcionales, teniendo los resultados de los FAI, de los análisis de capacidad y los resultados de las pruebas funcionales se puede terminar la documentación para el cierre de la validación y la aprobación por parte del ingeniero de calidad.

También el plan inicia con la realización de la matriz de conocimientos por parte del departamento de entrenamiento en conjunto con ingeniería, para después efectuar las entrevistas a los técnicos de moldeo sobre los conocimientos que tienen en mantenimiento de moldes, mientras se realiza las entrevistas se estaría efectuando la actualización de los procedimientos de mantenimientos para aprovechar la capacitación que se les dará a los técnicos, con el fin de entrenarlos en las actualizaciones de los procedimientos.

La reparación de la cavidad actual también da inicio al plan de implementación, la cavidad reparada dura aproximadamente un mes y medio en llegar a la empresa, cuando llegue se procede a realizar las pruebas para verificar que la reparación fuera exitosa y después empezar con la producción del lote, una vez terminada la operación de moldeo se le puede entregar los tres shots a calidad para que realicen el FAI de las piezas.

Terminando todas las operaciones de producción del Anchor, Enhanced Footprint, 5.5 mm se puede empezar a realizar las mediciones de los 44 shots para el análisis de capacidad y separar las 44 piezas necesarias para la prueba funcional, teniendo todos los resultados tanto del FAI, del análisis de capacidad y de las pruebas funcionales se puede finalizar la documentación para el cierre y el ingeniero de calidad apruebe la validación de la cavidad reparada para poder reanudar producción.

APÉNDICES

Tabla 31 Tabla para documentar los Pasa/Falla de los Steps

Shot	Cavidad	Step 1	Step 2	Step 4	Step 5
1	1				
	2				
	3				
	4				
2	1				
	2				
	3				
	4				
3	1				
	2				
	3				
	4				
4	1				
	2				
	3				
	4				
5	1				
	2				
	3				
	4				
6	1				
	2				
	3				
	4				
7	1				
	2				
	3				
	4				
8	1				
	2				
	3				
	4				
9	1				
	2				
	3				
	4				
10	1				

Shot	Cavidad	Step 1	Step 2	Step 4	Step 5
	2				
	3				
	4				
11	1				
	2				
	3				
	4				
12	1				
	2				
	3				
	4				
13	1				
	2				
	3				
	4				
14	1				
	2				
	3				
	4				
15	1				
	2				
	3				
	4				
16	1				
	2				
	3				
	4				
17	1				
	2				
	3				
	4				
18	1				
	2				
	3				
	4				
19	1				
	2				
	3				
	4				
20	1				
	2				

Shot	Cavidad	Step 1	Step 2	Step 4	Step 5
	3				
	4				
21	1				
	2				
	3				
	4				
22	1				
	2				
	3				
	4				
23	1				
	2				
	3				
	4				
24	1				
	2				
	3				
	4				
25	1				
	2				
	3				
	4				
26	1				
	2				
	3				
	4				
27	1				
	2				
	3				
	4				
28	1				
	2				
	3				
	4				
29	1				
	2				
	3				
	4				
30	1				
	2				
	3				

Shot	Cavidad	Step 1	Step 2	Step 4	Step 5
	4				
31	1				
	2				
	3				
	4				
32	1				
	2				
	3				
	4				
33	1				
	2				
	3				
	4				
34	1				
	2				
	3				
	4				
35	1				
	2				
	3				
	4				
36	1				
	2				
	3				
	4				
37	1				
	2				
	3				
	4				
38	1				
	2				
	3				
	4				
39	1				
	2				
	3				
	4				
40	1				
	2				
	3				
	4				

Shot	Cavidad	Step 1	Step 2	Step 4	Step 5
41	1				
	2				
	3				
	4				
42	1				
	2				
	3				
	4				
43	1				
	2				
	3				
	4				
44	1				
	2				
	3				
	4				

Tabla 32 Tabla para documentar los Pasa/Falla de las Notes

Shot	Cavidad	Note #3	Note #4	Note #5	Note #7	Note #8
1	1					
	2					
	3					
	4					
2	1					
	2					
	3					
	4					
3	1					
	2					
	3					
	4					
4	1					
	2					
	3					
	4					
5	1					
	2					
	3					
	4					

Shot	Cavidad	Note #3	Note #4	Note #5	Note #7	Note #8
6	1					
	2					
	3					
	4					
7	1					
	2					
	3					
	4					
8	1					
	2					
	3					
	4					
9	1					
	2					
	3					
	4					
10	1					
	2					
	3					
	4					
11	1					
	2					
	3					
	4					
12	1					
	2					
	3					
	4					
13	1					
	2					
	3					
	4					
14	1					
	2					
	3					
	4					
15	1					
	2					
	3					
	4					
16	1					

Shot	Cavidad	Note #3	Note #4	Note #5	Note #7	Note #8
	2					
	3					
	4					
17	1					
	2					
	3					
	4					
18	1					
	2					
	3					
	4					
19	1					
	2					
	3					
	4					
20	1					
	2					
	3					
	4					
21	1					
	2					
	3					
	4					
22	1					
	2					
	3					
	4					
23	1					
	2					
	3					
	4					
24	1					
	2					
	3					
	4					
25	1					
	2					
	3					
	4					
26	1					
	2					

Shot	Cavidad	Note #3	Note #4	Note #5	Note #7	Note #8
	3					
	4					
27	1					
	2					
	3					
	4					
28	1					
	2					
	3					
	4					
29	1					
	2					
	3					
	4					
30	1					
	2					
	3					
	4					
31	1					
	2					
	3					
	4					
32	1					
	2					
	3					
	4					
33	1					
	2					
	3					
	4					
34	1					
	2					
	3					
	4					
35	1					
	2					
	3					
	4					
36	1					
	2					
	3					

Shot	Cavidad	Note #3	Note #4	Note #5	Note #7	Note #8
	4					
37	1					
	2					
	3					
	4					
38	1					
	2					
	3					
	4					
39	1					
	2					
	3					
	4					
40	1					
	2					
	3					
	4					
41	1					
	2					
	3					
	4					
42	1					
	2					
	3					
	4					
43	1					
	2					
	3					
	4					
44	1					
	2					
	3					
	4					

Tabla 33 Tabla para documentar las medidas de los Steps

Shot	Cavidad	Step 7	Step 8	Step 9
1	1			
	2			
	3			

Shot	Cavidad	Step 7	Step 8	Step 9
	4			
2	1			
	2			
	3			
	4			
3	1			
	2			
	3			
	4			
4	1			
	2			
	3			
	4			
5	1			
	2			
	3			
	4			
6	1			
	2			
	3			
	4			
7	1			
	2			
	3			
	4			
8	1			
	2			
	3			
	4			
9	1			
	2			
	3			
	4			
10	1			
	2			
	3			
	4			
11	1			
	2			
	3			
	4			

Shot	Cavidad	Step 7	Step 8	Step 9
12	1			
	2			
	3			
	4			
13	1			
	2			
	3			
	4			
14	1			
	2			
	3			
	4			
15	1			
	2			
	3			
	4			
16	1			
	2			
	3			
	4			
17	1			
	2			
	3			
	4			
18	1			
	2			
	3			
	4			
19	1			
	2			
	3			
	4			
20	1			
	2			
	3			
	4			
21	1			
	2			
	3			
	4			
22	1			

Shot	Cavidad	Step 7	Step 8	Step 9
	2			
	3			
	4			
23	1			
	2			
	3			
	4			
24	1			
	2			
	3			
	4			
25	1			
	2			
	3			
	4			
26	1			
	2			
	3			
	4			
27	1			
	2			
	3			
	4			
28	1			
	2			
	3			
	4			
29	1			
	2			
	3			
	4			
30	1			
	2			
	3			
	4			

REFERENCIAS

- (2013). *Glosario de Términos para Moldeo Termoendurecido*.
[https://www.plenco.com/plenco_processing_guide_spanish/Sect%201%20Glossary%20of%20Thermoset%20Molding%20Terms%20\(Spanish\).pdf](https://www.plenco.com/plenco_processing_guide_spanish/Sect%201%20Glossary%20of%20Thermoset%20Molding%20Terms%20(Spanish).pdf)
- Becher, M. (30 de noviembre de 2020). 5 Porqués: Qué es y cómo aplica.
<https://blog.softexpert.com/es/5-porqués/>
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. Pearson Educación.
- Bravo Carrasco, J. (2009). *Gestión de procesos*. Editorial Evolución.
- Business Review, H. (2017). *Gestión de proyectos*. Reverté.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/46768>
- Camisón, C., Cruz, S., González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación.
- Covarrubias Ramírez, E., Reynoso Hernandez , D., Gallegos López, M., Capetillo Gómez, J., Zambrano de la Torre, C. (2019). Reducción de scrap y optimización de recursos en la fabricación de componentes para fluidos automotrices.
<https://zenodo.org/record/4111113/files/IA25.pdf>
- Cruz Fernández, A. (2018). *Como implementar un sistema de gestión de la calidad*. IC Editorial.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/129549>
- Cruz Fernández, A. (2018). *Planificación y gestión de la demanda*. IC Editorial.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/129549>
- De la Cruz Bovea, C. (2009). *Cómo implementar un sistema de gestión de calidad en su empresa; control de los productos no conformes*. El Cid Editorial | apuntes.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/31389>
- Eraso Guerrero, O. (2008). *Procesos de manufactura*. UNAD.
https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4998/332571_Modulo2011.pdf;jsessionid=E2309BEDD89CE54699BFC006E4F8C8F5.jvm1?sequence=1

- Escamilla Esquivel, A. (2014). *Metrología y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Patria.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/39456>
- Fenoll, J., Borja, J., Seco de Herrera, J. (2011). *Mecanizado básico*. Macmillan Iberia.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/52823>
- Grado Rodríguez, D. A., Barragán Rubí, E., García Altamirano, N. G. (2016). Reducción de scrap en máquina M-345 en área de bodines empleando estudios estadísticos. *Academia Journals*.
<https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6019b285ee21c056a30be98c/1612296861376/Memorias+Online+Academia+Journals+Colima+2016+con+ISSN+-+Tomo+03.pdf>
- Gutiérrez Cortes, M. G., Chacón Olivares, M., Rico Chagollán, M., Castañeda Canales, M. (2018). Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz. *Revista de Operaciones Tecnológicas*.
https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Operaciones_Tecnologicas/vol2num6/Revista_de_Operaciones_Tecnol%C3%B3gicas_V2_N6_3.pdf
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw-Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hinojosa, M. (2003). *Diagrama de Gantt*. <http://www.colegio-isma.com.ar/Secundaria/Apuntes/Mercantil/4%20Mer/Administracion/Diagrama%20de%20Gantt.pdf>
- MacNeil, C. (2022). *¿Qué es un diagrama SIPOC? 7 pasos para trazar y comprender los procesos de negocios*. https://asana.com/es/resources/sipoc-diagram?gclid=CjwKCAjwtcCVBhA0EiwAT1fY77i3vncoOdxgvoGoS4DehrLhodFMasnMUSYHZN07CPMK4s9GZpmSOhoCAYgQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds

- Martínez Quezadas, M., Garza Villegas, J. B. (2013). Reducción de costos asociados a los desperdicios de un producto perteneciente a una empresa manufacturera. Innovaciones de Negocios. <http://eprints.uanl.mx/12588/1/A3.pdf>
- Miranda Chávez, W. J., Montoya Cárdenas, G. A., Vilcara Cárdenas, E. A., Díaz Dumont, J. R. (2021). Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho. Alpha Centauri. doi:<https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.52>
- Mora Horta, L. H. (2016). Guía práctica - Armandando una precisa matriz de Riesgos: https://www.delitosfinancieros.org/wp-content/uploads/2016/10/TE_Matriz_Riesgo_Lucio_Mora.pdf
- Mora Sibaja, A. (2017). Propuesta de disminución de producto no conforme, en los números de parte producidos por el molde MMT-041. [Bachillerato, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica]. <http://opac.uia.ac.cr/cgi-bin/koha/>
- Mosquera Sierra, J., Cabrera Rabí, L. (2009). *Validación y las buenas prácticas de fabricación en la producción de ingredientes farmacéuticos activos no estériles de origen natural*. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/9349>
- Niebel, B., Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill.
- Ortiz Trujillo, J. D., Daza Quintero, J. D. (2015). Reducir el porcentaje de producto no conforme por adherencia o incrustación en la línea de fibrocemento de Eternit Pacifico S.A [Licenciatura, Universidad de San Buenaventura Cali, Colombia]. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/73ee569e-be95-4de7-ac72-966045755d9e/content>
- Ovalle Orbe, O. (2021). Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC. [Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Ecuador). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20501/1/UPS-GT003276.pdf>
- Pérez Aquino, Á. S. (2022). Diseño de un plan de mejora para reducir el Scrap en la línea de ensamble de agujas DeepleX Needle de la empresa de dispositivos médicos BD

dominicana. [Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, República Dominicana].

<https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/4843/Dise%C3%B1o%20de%20un%20plan%20de%20mejora%20para%20reducir%20el%20Scrap%20en%20la%2001%C3%ADnea%20de%20ensamble%20de%20agujas%20DeepLeX%20Needle%20de%200la%20empresa%20de%20dispositivos%20m%C>

Pérez, A. (2021). *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?*
<https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

Prada Ospina, R., Acosta Prado, J. (2017). *El moldeo en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos.*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632017000100226

Trifonova Arkadieva, E. (1999). *Validación del proceso de esterilización a vapor de soluciones parenterales de gran volumen.* Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria.,
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/3450>

Zegarra Silva, A. J. (2017). Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF. [Licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola, Perú]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/81ee4694-f778-4953-ac22-b5e22f405c6c/content>