

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN
DE DEFECTOS EN EL AREA DE MOLDEO POR
INYECCION DE UNA EMPRESA DE INDUSTRIA
MEDICA, DURANTE EL TERCER CUATRIMESTE
DEL AÑO 2025

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Nombre completo del Estudiante

YAZMÍN ÁVILA LÓPEZ

Nombre completo del tutor

ING. DEYNA MORA MONTERO

HEREDIA, 2025

ACTA DE APROBACIÓN

CARTA DEL TUTOR

San José, 23 de Febrero de 2026

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante Jazmín Ávila López cédula de identidad número 2-0642 0732, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE DEFECTOS EN EL AREA DE MOLDEO POR INYECCION DE UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA, DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		94%

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

Atentamente,

Nombre: Ing Deyna Mora Montero
Cédula identidad N: 1-1622-0956

DEYNA
 YURBIETH MORA
 MONTERO
 (FIRMA)

Firmado digitalmente
 por DEYNA YURBIETH
 MORA MONTERO
 (FIRMA)
 Fecha: 2026.02.23
 20:59:40 -06'00'

CARTA DEL LECTOR

Heredia, 24 de Abril 2026

Señores
Departamento de Registro
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICA

Estimados Señores:

La estudiante Yazmín Avila López, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE DÉFECTOS EN EL AREA DE MOLDEO POR INYECCION DE UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA, DURANTE EL TERCER CUATRIMESTE DEL AÑO 2025", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en ingeniería industrial.

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

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

 **Firmado** Digitalmente
Validar firma en GAUDI

Ing. Marco Cartín Gamboa. MII
Ced: 1-1061-393
Carné Colegio Profesional: II-15546

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

San José, 04 mayo 2026

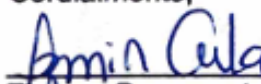
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Yazmín Ávila López con número de identificación 206420732 autor (a) del trabajo de graduación titulado OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE DEFECTOS EN EL AREA DE MOLDEO POR INYECCION DE UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA, presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato para la carrera de Ingeniería Industrial; / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,


Firma y Documento de Identidad

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jazmín Ávila López, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 206420732 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Optimización Del Sistema De Detección De Defectos En El Área De Moldeo Por Inyección De Una Empresa De Industria Medica, Durante El Tercer Cuatrimestre Del Año 2025, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 20 días del mes de febrero del año dos mil veintiséis.


Firma del estudiante
Cédula 206420732

DEDICATORIA

A mi madre, por ser mi inspiración constante a lo largo de este proceso y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación.

A mi esposo, por su apoyo incondicional, su comprensión y su compañía en cada etapa de este camino.

Y, de manera muy especial, a mis hijas, quienes han sido mi mayor fortaleza y la razón principal para alcanzar esta meta.

EPIGRAFES

“La calidad no se controla, se crea desde el origen. Solo cuando cada etapa del proceso se asume con responsabilidad, el resultado refleja excelencia.”

— *W. Edwards Deming*

Tabla de contenido

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	13
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN EN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO.....	13
1.2.1. Descripción general de la organización.....	13
1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución.....	17
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3.1. Definición y medición del problema	18
1.3.2. Justificación del proyecto.....	19
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	22
1.5.1. Alcances.....	22
1.5.2. Limitaciones.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	23
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	24
2.1.1. Ingeniería Industrial	24
2.1.2. Gestión de la Calidad.....	24
2.1.3. Mejora continua	25
2.1.4. Calidad desde la fuente	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	26
2.2.1. Definir.....	26
2.2.1.1. DIAGRAMA S.I.P.O.C	26
2.2.1.2. Diagrama de Flujo.....	27
2.2.1.3. Diagrama de Afinidad.....	28
2.2.2. Medir.....	29
2.2.2.1. Recolección de Datos	29
2.2.2.2. Diagrama de Pareto.....	30
2.2.3. Analizar	30
2.2.3.1. Diagrama de Ishikawa.....	31
2.2.3.2. Técnica de Cinco Porque.....	31
2.2.4. Mejorar	31
2.2.5. Controlar.....	32
2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	32
2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	33
Antecedente 1.....	33
Antecedente 2:.....	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	36
3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO. ...	38
3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	40
3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	42
3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	44

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	46
4.1. INTRODUCCIÓN.....	47
4.2. DIAGRAMA DE FLUJO.....	47
4.3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	49
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON DIAGRAMA DE PARETO.....	50
4.5. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	53
4.6. DETERMINACIÓN DE CAUSAS RAÍZ MEDIANTE LA TÉCNICA DE LOS CINCO PORQUÉS	
56	
4.6.1. <i>Capacitación del personal operativo</i>	57
4.6.2. <i>Criterios de aceptación no estandarizados</i>	58
4.6.3. <i>Falta de elementos de soporte para la inspección</i>	59
4.7. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	60
CAPÍTULO V:.....	62
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	62
5.1. INTRODUCCIÓN.....	63
5.2. PROPUESTAS DE MEJORA SEGÚN CAUSA RAÍZ	63
5.2.1. <i>Actualización de la certificación del personal de moldeo</i>	65
5.2.2. <i>Implementación de un procedimiento de inspección desde la fuente</i>	66
5.2.3. <i>Implementación de una estación de inspección visual en línea</i>	68
5.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN PROPUESTO	69
5.4. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN	70
5.5. CONTROL Y SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN	72
5.5.1. <i>Indicadores de seguimiento</i>	72
5.5.2. <i>Mecanismos de control operativo</i>	73
5.5.3. <i>Sostenibilidad del sistema</i>	74
5.6. ANÁLISIS COSTO / BENEFICIO Y RETORNO DE INVERSIÓN.....	74
CAPÍTULO VI.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1. CONCLUSIONES.....	78
6.2. RECOMENDACIONES.....	80
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
ANEXOS	86

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama SMC LTD Costa Rica.....	16
Figura 2 Organigrama Moldeo por Inyección.....	16
Figura 3 Comportamiento mensual del indicador MRB durante el periodo enero–septiembre 2025.....	19
Figura 4 Diagrama SIPOC.....	27
Figura 5 Ejemplo de diagrama de flujo. Tomado de “Diagrama de flujo: qué es, símbolos y ejemplos”.....	28
Figura 6 Diagrama de afinidad	29
Figura 7 Diagrama Pareto	30
Figura 8 Diagrama de Flujo, proceso de moldeo por inyección SMCLTD.....	48
Figura 9 Diagrama de Pareto	52
Figura 10 Diagrama Ishikawa.....	54
Figura 11 Flujo propuesto Certificación Operarios Moldeo	66
Figura 12 Borrador de procedimiento de Inspección.....	68

Índice de Tablas

Tabla 1 Primera fase DMAIC - Definir	37
Tabla 2 Segunda fase DMAIC - Medir.....	39
Tabla 3 Tercera fase DMAIC – Analizar	41
Tabla 4 Cuarta fase DMAIC – Mejorar.....	43
Tabla 5 Quinta fase DMAIC – Controlar	45
Tabla 6 Modo de fallo y su recurrencia.....	50
Tabla 7 Porcentaje Acumulado.....	51
Tabla 8 Los defectos cosméticos y dimensionales no son detectados oportunamente por el personal operativo.....	57
Tabla 9 Los defectos no son detectados de forma consistente por el personal operativo durante el proceso de moldeo por inyección	58
Tabla 10 Algunos defectos no son detectados durante la inspección en línea	59
Tabla 11 Acción e Impacto	64
Tabla 12 Plan de implementación del sistema de inspección desde la fuente	71
Tabla 13 Indicadores de seguimiento del sistema de Inspección	73
Tabla 14 Inversión inicial del sistema de inspección.....	75
Tabla 15 Análisis costo – beneficio del sistema de inspección desde la fuente	76
Tabla 16 Retorno de inversión (ROI).....	76

ABREVIATURAS

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

FDA: Food and Drug Administration.

ISO: International Organization for Standardization.

Jidoka: Automatización con enfoque humano.

Lean Manufacturing: Manufactura Esbelta.

MRB: Material Review Board.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

PN: Part Number (Número de Parte).

ROI: Return on Investment (Retorno sobre la Inversión).

SCRAP: Material de desecho o desperdicio productivo.

SHOT: Un shot corresponde a un ciclo completo de inyección, del cual se obtiene una cantidad de piezas equivalente al número de cavidades del molde.

SIPOC: Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers.

RESUMEN EJECUTIVO

Ávila López, Y. (2025). *Optimización del sistema de detección de defectos en el área de moldeo por inyección de una empresa de industria médica*. Proyecto de graduación para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Profesora asesora: Ing. Deyna Mora Montero.

El presente proyecto tuvo como objetivo optimizar el sistema de detección de defectos en el área de moldeo por inyección de SMC LTD Costa Rica mediante la metodología DMAIC, durante el tercer cuatrimestre del año 2025.

El problema identificado corresponde a la detección tardía de defectos cosméticos y dimensionales, los cuales representan aproximadamente el 70 % de las No Conformidades registradas en el indicador MRB, generando incrementos en el SCRAP y mayores costos operativos. El alcance del proyecto se delimitó al fortalecimiento del sistema de inspección en línea, sin considerar modificaciones en moldes ni en parámetros técnicos del proceso.

A partir del análisis de datos históricos, se determinaron como causas raíz la falta de capacitación del personal operativo, la ausencia de un método estandarizado de inspección y la carencia de herramientas adecuadas para la inspección en línea.

Con base en estos hallazgos, se diseñó un sistema de inspección desde la fuente que contempla la recertificación del personal, la ejecución de inspecciones horarias y la implementación de una estación de inspección equipada.

El análisis costo–beneficio proyectó una reducción del 50 % en el SCRAP asociado a defectos críticos y un retorno sobre la inversión del 307 %, evidenciando la viabilidad técnica y financiera de la propuesta. Aunque las mejoras no fueron implementadas, se establecieron lineamientos para su futura ejecución.

Se concluye que la detección temprana de defectos, mediante la capacitación del personal y la estandarización de los procesos de inspección, constituye una estrategia efectiva para fortalecer la calidad y reducir pérdidas económicas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En la empresa SMC LTD S.A, se han identificado deficiencias en el proceso de identificación de defectos en el área de moldeo por inyección, los cuales tienen impacto directo el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos. (MRB, SCRAP y Quejas)

Ante esta situación, este proyecto tiene como objetivo mejorar el sistema de inspecciones en la línea de producción, fortaleciendo las capacidades del personal operativo para la detección temprana de defectos.

El proyecto busca, por medio de la aplicación de estrategias centradas en la calidad desde la fuente, disminuir las No Conformidades internas, bajar los niveles de SCRAP y aumentar la satisfacción del cliente, con lo que se contribuye a la mejora del sistema de gestión de la calidad.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN EN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO

1.2.1. Descripción general de la organización.

SMC LTD Costa Rica es una empresa multinacional dedicada a la manufactura por contrato de dispositivos médicos, productos farmacéuticos y de diagnóstico. La compañía se distingue por ofrecer soluciones integrales que abarcan desde el diseño y desarrollo de productos hasta su fabricación, ensamblaje e integración electrónica, garantizando altos estándares de calidad y cumplimiento normativo.

En Costa Rica, la empresa inició operaciones en el año 2014, estableciendo su planta de producción en la Zona Franca Coyol, Alajuela. Actualmente, cuenta con una fuerza laboral aproximada de 395 colaboradores, entre personal operativo, técnico, ingenieros y especialistas, lo que refleja su relevancia dentro del sector de manufactura avanzada en el país.

Las operaciones de SMC LTD. en Costa Rica se dividen en tres áreas principales: moldeo por inyección, ensamblaje en cuartos limpios y procesos secundarios, cubriendo así toda la cadena productiva de los dispositivos médicos. La empresa mantiene certificaciones internacionales como la ISO 13485, está registrada ante la FDA y dispone de cuartos limpios clase 7, lo que asegura el cumplimiento de los requisitos de calidad y trazabilidad exigidos por la industria médica internacional

Misión

Ser aliados en la creación de bienestar y salud a través de soluciones médicas de calidad generadas en un ambiente de desarrollo humano. (SMC LTD,2025)

Visión

“Somos el suplidor preferencial en la industria médica por nuestro compromiso, capacidad y resultados.” (SMC LTD,2025).

Valores

Los valores principales que fomenta la empresa son los siguientes:

- **Credibilidad:** generamos excelentes resultados cumpliendo nuestros compromisos con los compañeros y clientes
- **Pertenencia:** nos sentimos orgullosos de ser parte de SMC, y cuidamos nuestros recursos y procesos

- **Integridad:** somos honestos en lo hacemos procurando un ambiente respetuoso y transparente, siendo ejemplo para los demás.
- **Colaboración:** obtenemos nuestros resultados a través del trabajo en equipo y el apoyo mutuo. (SMC LTD, 2025).

Política de Calidad

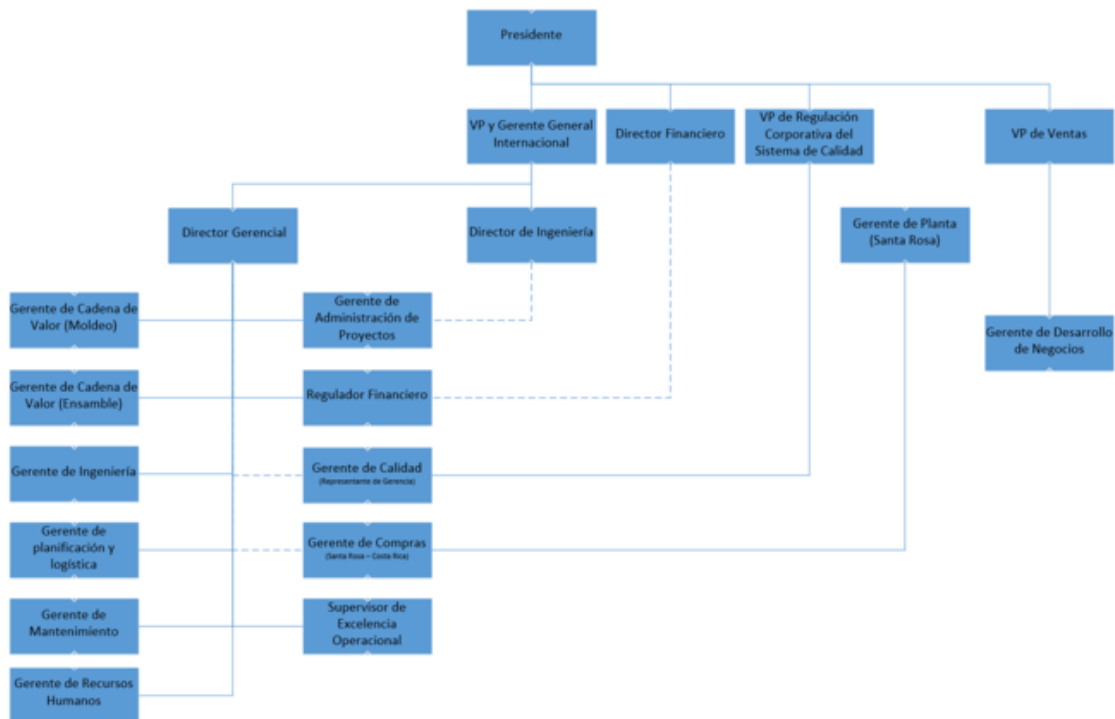
SMC LTD Costa Rica. proporciona un servicio de calidad a sus clientes a través de las mejores prácticas de fabricación y la mejora continua.

A través de estos principios, SMC se compromete a mantener la eficacia de su sistema de gestión de calidad y el cumplimiento de los requisitos. (SMC LTD ,2025).

Estructura Organizacional

La estructura organizacional de SMC LTD Costa Rica se conforma de la siguiente manera:

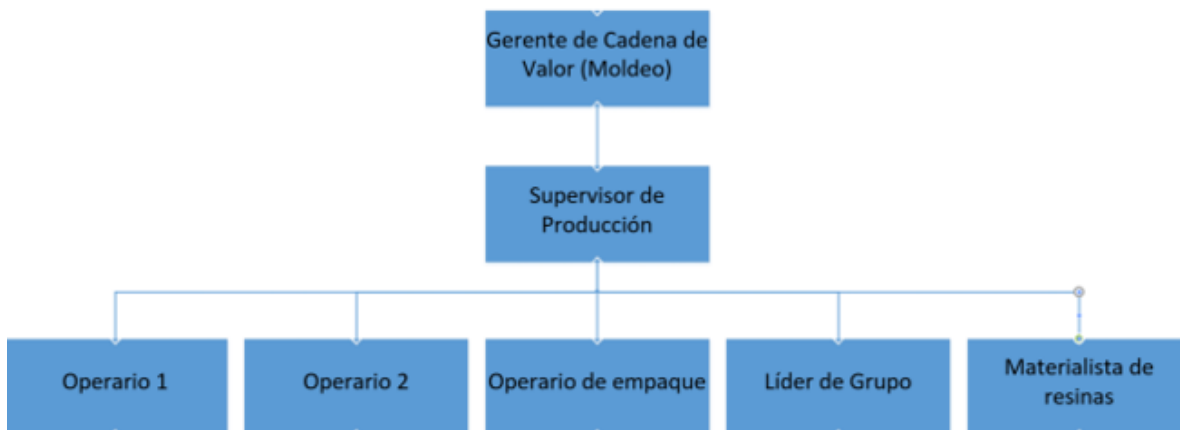
Figura 1 Organigrama SMC LTD Costa Rica.



Fuente: SMC LTD, 2025.

La estructura organizacional de área de moldeo por inyección se conforma de la siguiente manera:

Figura 2 Organigrama Moldeo por Inyección.



Fuente: SMC LTD, 2025.

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución

SMC LTD. fue fundada en 1988 con el propósito de ofrecer servicios de manufactura de alta calidad para la industria médica, centrándose desde sus inicios en dispositivos desechables y productos de diagnóstico.

La empresa ha escalado progresivamente su alcance como contratista en manufactura médica, abarcando desde el diseño, desarrollo, producción, integración electrónica hasta la cadena de suministro global.

En Costa Rica, SMC estableció operaciones en la Zona Franca Coyol, Alajuela. En 2010 fue uno de los primeros proveedores en instalarse en ese parque de zona franca, operando inicialmente en un edificio multiusuario. Cuatro años después, en 2014, la empresa amplió su espacio, duplicando sus instalaciones. Posteriormente, en el 2021 anunció una nueva expansión de su planta costarricense, duplicando nuevamente su capacidad para alcanzar aproximadamente 120,000 pies cuadrados.

Esta expansión no solo implicó crecimiento físico, sino también el incremento del capital humano local. Se proyectó un aumento importante en la plantilla de empleados operativos e ingenieros para sustentar la demanda creciente de manufactura médica en el país.

En Costa Rica opera bajo la razón social SMC Costa Rica Division S.R.L., con registro como contratista fabricante de dispositivos médicos para terceros (“contract manufacturer”) ante autoridades reguladoras internacionales. Además, sus instalaciones muestran una posición estratégica dentro de la industria médica regional, consolidándose como parte del clúster de “ciencias de la vida” en Costa Rica.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Definición y medición del problema

El área de moldeo por inyección trabaja bajo un régimen continuo de 24 horas, los siete días de la semana, mediante turnos diarios de 12 horas. Durante este tiempo, las máquinas inyectoras se mantienen en funcionamiento constante, produciendo piezas sin interrupciones.

No obstante, las inspecciones de calidad se realizan únicamente una o dos veces por turno, dependiendo del PN y los requerimientos específicos del cliente, lo que significa que pueden pasar entre 6 y 12 horas sin verificación directa del producto.

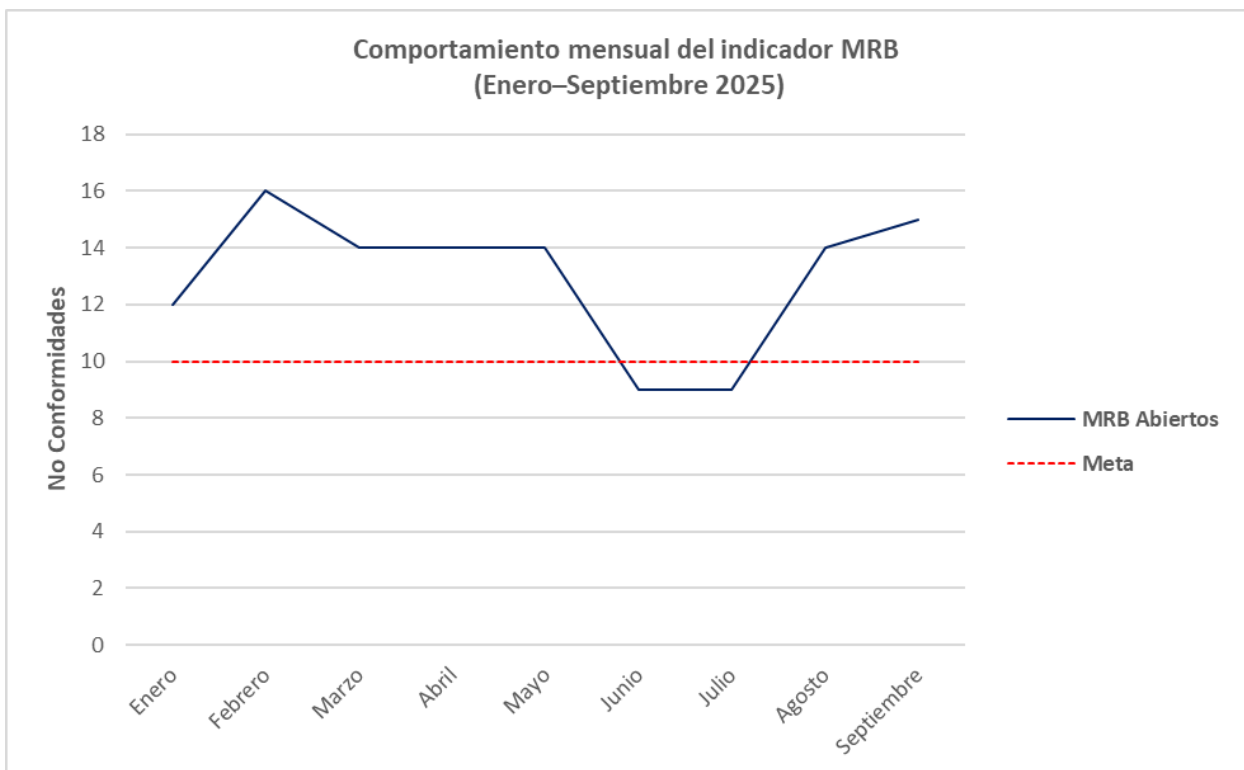
Como consecuencia, cuando se detecta un producto fuera de especificación, el volumen de material afectado es considerable, generando un impacto significativo en la producción/ hombre no recuperable.

Esta situación ha llevado a incumplimientos en las métricas de calidad, especialmente en el indicador MRB (Material Review Board), el cual registra un promedio mensual de 13 aperturas de No Conformidades, excediendo el objetivo establecido de no más de 10.

Este desempeño, por su parte, afecta directamente el indicador de SCRAP, debido a los desperdicios generados por los retrabajos de los productos no conformes, esto afecta directamente el costo unitario de producto y reduce el margen operativo del área. Durante el año 2024 en el área de moldeo se presentaron gastos promedios de \$ 7,750.41 y en lo que va del periodo enero - octubre 2025 se tiene un gasto promedio de \$ 6,622.79

Además, durante el año 2025, se ha registrado un incremento del 25% en las quejas de clientes, relacionadas principalmente con defectos cosméticos y dimensionales, en comparación con el año anterior. Este aumento refleja el impacto que las deficiencias en la detección de defectos tienen no solo en la eficiencia interna, sino también en la satisfacción y percepción de calidad por parte del cliente.

Figura 3 Comportamiento mensual del indicador MRB durante el periodo enero–septiembre 2025.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

1.3.2. Justificación del proyecto

La implementación de un sistema de mejora en la detección temprana de defectos en el área de moldeo por inyección se justifica en la necesidad de fortalecer el desempeño del sistema de calidad de la empresa SMC. Actualmente, las

deficiencias en la identificación oportuna de no conformidades resultan en altos niveles de retrabajo y desperdicio de material, afectando directamente la eficiencia operativa y el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.

Debido a la naturaleza dinámica y variable del proceso de moldeo por inyección, la aparición de defectos puede presentarse de forma repentina, aun cuando el proceso se encuentre operando de manera estable. Ante esta condición, el enfoque del proyecto no se orienta a la eliminación total de los defectos, sino a su detección oportuna, con el fin de reducir su impacto en la calidad y en los indicadores del proceso.

Este proyecto permitirá reducir de manera significativa las pérdidas económicas actuales, al disminuir el número de No Conformidades, el volumen de SCRAP y los tiempos improductivos asociados a reprocesos. Esta mejora se traducirá en una optimización de los costos operativos, un mejor aprovechamiento de los recursos productivos y una reducción directa del impacto financiero generado por la no calidad.

Además, se busca fortalecer el cumplimiento de las métricas y objetivos de calidad, como mantener un máximo de 10 No Conformidades mensuales, lo que ayudara a estabilizar los procesos, garantizar la consistencia del producto final y mejorar la satisfacción del cliente.

Un componente clave del proyecto es la educación continua del personal operativo, junto con la estandarización de criterios de inspección y detección de defectos. Mediante capacitaciones estructuradas y guías visuales, se busca uniformar la interpretación de los estándares de calidad, asegurando que todos los colaboradores apliquen los mismos criterios al momento de inspeccionar las piezas.

Esto reducirá la variabilidad en los resultados y fortalecer la confiabilidad del sistema de calidad.

Finalmente, el proyecto tendrá un impacto positivo en la cultura organizacional, promoviendo una mentalidad de mejora continua y responsabilidad compartida sobre la calidad. De este modo, se fomenta la participación activa de los colaboradores en la prevención de errores, la optimización de los procesos y la consolidación de una cultura basada en la calidad desde la fuente.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo general

Mejorar el programa de detección de defectos en el proceso de moldeo por inyección mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de disminuir las No Conformidades internas y los niveles de SCRAP en un periodo de seis meses, fortaleciendo el cumplimiento de los estándares de calidad, la satisfacción del cliente y reduciendo el impacto económico generado por la falta de inspección.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado actual del programa de detección de defectos en el área de moldeo por inyección, mediante la recopilación y análisis de datos históricos sobre No Conformidades, con el fin de identificar los números de parte críticos en los cuales los defectos no son detectados oportunamente.
2. Analizar las causas raíz que impiden la detección temprana de defectos por parte del personal operativo.

3. Diseñar e implementar un sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente.
4. Evaluar la efectividad del sistema implementado mediante indicadores clave (reducción de No Conformidades, disminución de SCRAP), asegurando la sostenibilidad de las mejoras y fomentando una cultura de calidad continua.
5. Evaluar el impacto económico de la implementación de un sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente, mediante la determinación de su efecto en la reducción porcentual del SCRAP en un 50 %

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcances

El alcance del presente proyecto comprende a todas las personas involucradas en el proceso de moldeo por inyección de la empresa SMC LTD, en la provincia de Alajuela, en la Zona Franca Coyol.

El proyecto se llevará a cabo desde el mes de octubre de 2025 hasta diciembre de 2025.

1.5.2. Limitaciones

- La disponibilidad del personal operativo y técnico para participar en actividades de capacitación o implementación puede verse afectada por la carga de trabajo o la programación de turnos continuos (24/7).
- Infraestructura y recursos técnicos limitados para incorporar nuevas herramientas de inspección.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

Esta sesión busca proporcionarle al lector los conceptos, herramientas y metodologías de la ingeniería industrial las cuales sustentan el desarrollo del proyecto.

2.1.1. Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial busca diseñar, mejorar e integrar sistemas que involucren personas, materiales, equipos, información y energía para mejorar la productividad y la eficiencia en las organizaciones. Su abordaje integral es capaz de resolver problemas productivos con un enfoque sistémico, utilizando métodos cuantitativos y herramientas de gestión para eliminar desperdicios, mejorar procesos y garantizar la calidad de productos y servicios (Purdue University, s.f.; Niebel & Freivalds, 2014).

Principalmente esta rama busca reducir desperdicios, mejorar la calidad y coordinar los recursos de manera más efectiva.

2.1.2. Gestión de la Calidad

La gestión de la calidad es uno de los pilares de la ingeniería industrial moderna, enfocándose en la mejora continua y la satisfacción del cliente mediante la prevención de defectos y la estandarización de procesos. Según Carro Paz y González Gómez (s.f.), la calidad debe ser una responsabilidad de todos los niveles de la organización, siendo el trabajador el primer inspector de su propio trabajo. Esta perspectiva se apoya en las directrices de las normas ISO 9001, las cuales

fomenta el uso de sistemas de gestión de calidad enfocados en el cliente, el liderazgo y la mejora continua (Lasisz, 2016).

2.1.3. Mejora continua

La mejora continua es un proceso sistemático y permanente que optimiza resultados mediante pequeños cambios constantes en el tiempo, basados en medición y retroalimentación (Espinoza Palaguachi, 2021). En la industria, se aplica a través de metodologías como Lean Manufacturing, Six Sigma y el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que eliminan desperdicios, reducen variabilidad y fortalecen el desempeño operativo (Azamfirei, Psarommatis & Lagrosen, 2023).

2.1.4. Calidad desde la fuente

El principio de calidad desde la fuente (Quality at the Source) plantea que la calidad debe asegurarse en el punto de inicio del proceso productivo, para evitar la presencia de defectos en las etapas posteriores. Con su aplicación se pretende eliminar desperdicios, disminuir retrabajos y volver más eficiente el proceso, asegurando que los problemas se detecten y solucionen inmediatamente (Slack, Chambers, & Johnston, 2013; Liker, 2004).

Este principio se ajusta con la filosofía de “hacerlo bien a la primera”, de los sistemas de Lean Manufacturing y Jidoka, los cuales promueven la autonomía del trabajador para detener el proceso y corregir errores en el momento en que ocurren (Ohno, 1988; Liker, 2004). Sin embargo, su aplicación requiere desarrollar competencias técnicas, establecer estándares de inspección claros y fomentar la responsabilidad individual por la calidad del producto.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del presente proyecto se basa en la aplicación de la metodología DMAIC (denominada así por las cinco etapas que la integran: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la cual es una metodología propia de la filosofía Six Sigma. DMAIC se aplica para mejorar procesos, resolver problemas complejos y eliminar fallas. Su propósito es guiar al equipo a través de una secuencia lógica que generen resultados medibles, sostenibles y alineados con los objetivos de la organización (George et al., 2005).

2.2.1. Definir

En esta primera etapa se busca que es lo que está fallando en el proceso productivo. En esta fase se define objetivos del proyecto, su alcance y los requerimientos del cliente (interno o externo). Tal como señala Montgomery (2019), una definición precisa del problema es fundamental para alinear los esfuerzos del equipo y evitar desviaciones durante la ejecución.

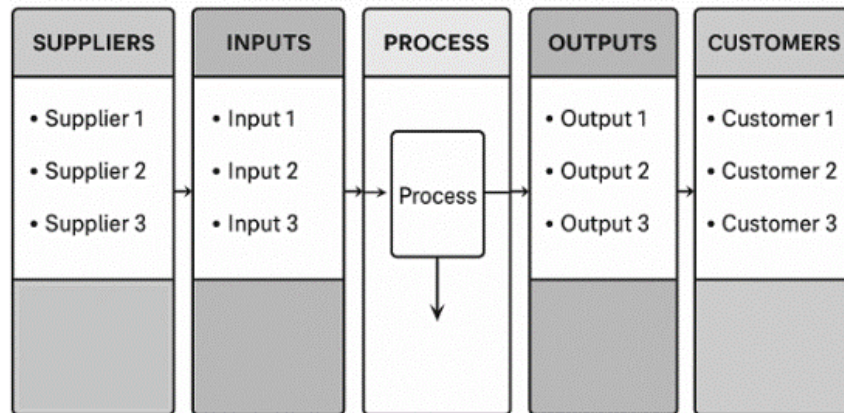
En esta etapa se emplean diversas herramientas para hacer el proceso visible, identificar las necesidades del cliente y definir la situación actual.

2.2.1.1. Diagrama S.I.P.O.C

Diagrama SIPOC (diminutivo de sus siglas en inglés de Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers) es una herramienta grafica que permite representar como opera un proceso, ayudando a identificar quiénes son los proveedores, las entradas, las actividades, las salidas y los clientes.

Según George et al. (2005), el uso del SIPOC facilita que todos los miembros del equipo comprendan el proceso de la misma manera, evitando confusiones y enfocando los esfuerzos en las áreas que realmente necesitan mejora.

Figura 4 Diagrama SIPOC.













Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.1.2. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es la representación gráfica de los pasos de un proceso en forma secuencial. Con símbolos y flechas va mostrando cómo el trabajo fluye, dónde se encuentran cuellos de botella y dónde pueden surgir errores y demoras. Según Slack, Chambers y Johnston (2013), su uso facilita la comunicación entre los equipos y ayuda a encontrar oportunidades de mejora dentro del proceso productivo.

Figura 5 Ejemplo de diagrama de flujo. Tomado de “Diagrama de flujo: qué es, símbolos y ejemplos”

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo “Sí” – “No”.		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

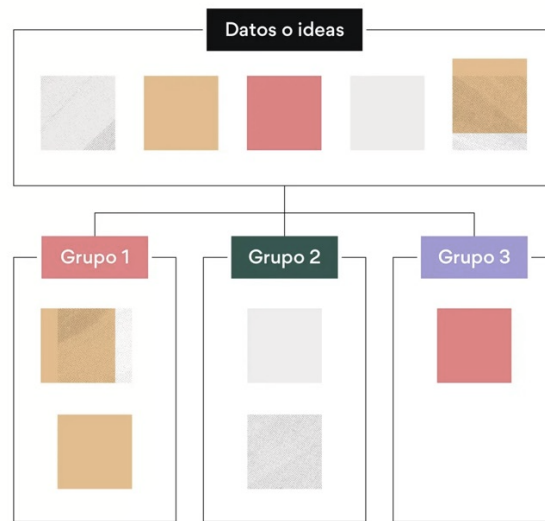
Fuente: Aiteco Consultores, s.f., <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo>

2.2.1.3. Diagrama de Afinidad

El diagrama de afinidad es una herramienta que se utiliza para organizar ideas o datos similares en grupos, y así poder analizar grandes cantidades de información y descubrir las relaciones entre ellas.

De acuerdo con Brassard y Ritter (2010), esta herramienta es especialmente útil en la etapa inicial de los proyectos, cuando se busca dar sentido a diferentes opiniones o causas posibles de un problema.

Figura 6 Diagrama de afinidad



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.2. Medir

En la fase de medición se recopilan datos confiables del proceso con el fin de cuantificar la magnitud del problema. Se establecen métricas de desempeño, líneas base y niveles actuales de calidad. Esta información permite identificar tendencias y priorizar las áreas con mayor impacto (Montgomery, 2019).

Algunas de las herramientas que se utilizan en esta etapa son:

2.2.2.1. Recolección de Datos

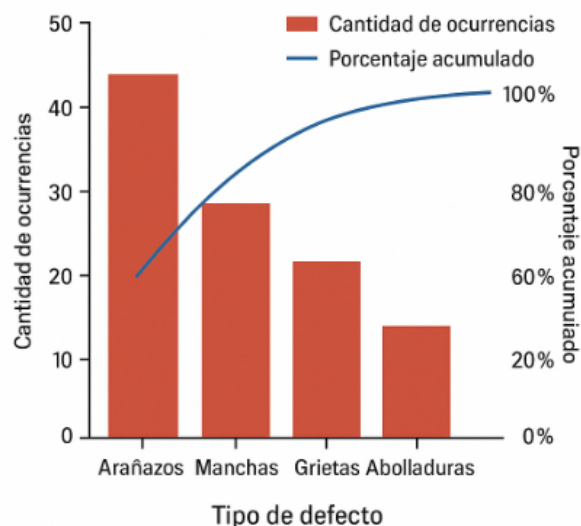
La recolección de datos es esencial en la metodología Six Sigma para obtener información confiable y representativa del comportamiento real de los procesos. Es fundamental como fuente de información para conocer la situación actual del área de trabajo, encontrar oportunidades de mejora y apoyar la toma de decisiones para realizar cambios que mejoren la calidad y eficiencia del sistema productivo.

2.2.2.2. Diagrama de Pareto

Es una gráfica de barras que permite identificar las causas o defectos más frecuentes en un proceso. Se basa en el principio 80/20, la cual establece que la mayoría de los problemas se deben a pocas causas. Esta herramienta ayuda a enfocar los esfuerzos en los aspectos que generan mayor impacto en la calidad (Carro Paz & González Gómez, s.f.; OIT, 2019).

El análisis de esta grafica ayuda a enfocar los esfuerzos en las causas más importantes y evitar malgastar recursos en problemas despreciables.

Figura 7 Diagrama Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.3. Analizar

El objetivo de esta fase se enfoca en examinar los datos recopilados en la fase 2 “medir”, con el fin de identificar las causas raíz de los problemas. En esta etapa se utilizan herramientas estadísticas y de análisis, tales como: Diagrama de Ishikawa, el Análisis de Pareto y los 5 Porqués, las cuales ayudan para entender el origen de

los problemas y con base a los datos claros es definir las acciones correctivas adecuadas para mejorar el proceso.

2.2.3.1. Diagrama de Ishikawa

También conocido como espina de pescado o diagrama de causa/efecto. Es una herramienta visual que ayuda a identificar la causa de los problemas, organizando las causas en 6 categorías principales: métodos, materiales, maquinaria, mano de obra, medición y medio ambiente. Esto permite tener una perspectiva completa de las causas que han generado un problema específico. (Ariane de Saeger, 2018).

2.2.3.2. Técnica de Cinco Porque

La técnica de los cinco porqués busca descubrir la verdadera causa de un problema mediante una secuencia de preguntas. El proceso inicia con la definición del problema, luego se pregunta repetidamente “¿por qué?” (al menos cinco veces) hasta encontrar la causa raíz del mismo. Según Slack y Brandon-Jones (2022), esta herramienta resulta útil para comprender lo que realmente está afectando al proceso y orientar las acciones correctivas hacia soluciones efectivas y sostenibles.

2.2.4. Mejorar

El objetivo de esta etapa es desarrollar e implementar soluciones eficaces que eliminen o reduzcan las causas raíz identificadas en la fase anterior. Su finalidad es optimizar el desempeño del proceso y garantizar la estabilidad de los resultados, priorizando los cambios que aporten mayor valor al cliente y a la organización (Montgomery, 2019)

2.2.5. Controlar

La etapa Controlar tiene como objetivo controlar el plan de mejora definido durante la fase anterior, garantizando que los resultados se mantengan y que el proceso no vuelva a caer en las mismas no conformidades. Según Montgomery (2019), el control estadístico y el registro de los nuevos procedimientos garantizan la estabilidad del proceso en el tiempo.

Durante esta fase es clave el seguimiento de indicadores de desempeño, se aplican auditorías internas con el fin de verificar la correcta aplicación de las mejoras y se busca la capacitación continua del personal, en busca de asegurar la sostenibilidad de los resultados.

2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es mejorar el sistema de detección de defectos en el área de moldeo por inyección de SMC Ltd., bajo el principio de calidad desde la fuente. Desde la ingeniería industrial, la optimización de procesos influye en la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente (Montgomery,2019)

En el corto plazo se espera una reducción significativa de las no conformidades internas (MRB) y del SCRAP por retrabajos. Esto se logrará mediante inspecciones horarias y la capacitación del personal operativo, lo que permitirá identificar defectos de manera oportuna y así evitar grandes impactos de material.

A mediano plazo el proyecto pretende establecer la estandarización de los criterios de inspección y fortalecer la cultura de autogestión de la calidad, en la que cada operario se convierta en un detector de defectos. Con esto se busca una comunicación efectiva entre las áreas de producción y calidad, y fortalece los principios de mejora continua descritos por Imai (2012).

A largo plazo, la mejora se evidenciará en un proceso más estable, con una reducción continua de costos y clientes, tanto internos como externos satisfechos.

En resume, el proyecto se puede medir en términos cualitativos, al generar la visión de que la calidad es responsabilidad de todos, y cuantitativamente, con la mejora de los indicadores de desempeño productivo. Con esto, SMC Ltd. da un paso hacia un sistema más robusto, eficiente y enfocado en la excelencia operativa.

2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

La filosofía de Calidad desde la Fuente ha ganado importancia en los últimos años.

Algunos de los casos encontrados son:

Antecedente 1: Integración de la calidad en origen en la gestión de proveedores: una vía hacia la eficiencia de costes y el cumplimiento normativo. Vaghani, B. M. (2024)

Este proyecto se basa en la implementación del enfoque calidad desde la fuente dentro de la gestión de proveedores, demostrando reducciones significativas en los defectos y en los costos asociados al reproceso.

Los resultados obtenidos fueron notoriamente positivos. La tasa de defectos disminuyó de 6.5 % a 0.8 %, los incidentes de cumplimiento pasaron de 8 a 0 por

año, reflejando una reducción total, el índice de entregas a tiempo aumentó de 78 % a 96 %. Y el costo anual de la mala calidad se redujo de \$3.5 millones a \$450 000. El estudio resalta la importancia de trasladar la inspección y la verificación al punto donde se genera el producto, garantizando una detección oportuna y una mayor trazabilidad del proceso.

Antecedente 2: Estudio de caso sobre la reducción de defectos y la mejora de la eficiencia: Touzett-Cabellos. (2024)

Este proyecto presenta un caso aplicado en una planta textil peruana con altos índices de defectos y largos tiempos de producción. El objetivo del proyecto fue reducir los defectos e incrementar la eficiencia mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

Como resultado, la empresa logró una reducción del índice de defectos del 18 % al 5 % y una mejora en el puntaje de auditoría de 5S del 65 % al 81 %, lo que evidencia una mejora significativa en la calidad del proceso y en la disciplina operativa. Los autores concluyen que la clave del éxito radicó en la participación activa del personal operativo y en la creación de un entorno de trabajo ordenado y controlado, donde la calidad se evalúa y se asegura en el punto de origen.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

Durante el desarrollo de este proyecto se aplicó la metodología DMAIC, la cual permitió analizar el proceso de moldeo por inyección de SMC LTD Costa Rica e identificar las principales causas que limitan la efectividad del sistema actual de detección de defectos.

Su aplicación permitió estructurar el trabajo en etapas claras, facilitando el análisis del problema, la evaluación de sus causas y el planteamiento de mejoras orientadas a la detección de defectos desde la fuente.

3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Esta etapa se dedicó al diagnóstico inicial del proyecto, con el fin de definir el problema. Para su desarrollo se emplearon como herramientas el diagrama de flujo, el diagrama SIPOC y diagrama de afinidad, las cuales permitieron identificar las partes implicadas, obtener una representación visual del proceso y reconocer los puntos críticos de control, favoreciendo una mejor comprensión de la naturaleza del proceso.

La validación de esta fase se llevará a cabo mediante reuniones con el equipo de calidad y producción, con el objetivo de validar el diagnóstico inicial y comprender el contexto actual del área de moldeo por inyección.

Tabla 1 Primera fase DMAIC - Definir

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Diagnosticar el estado del proceso de inspección en el área de moldeo por inyección.	Realizar recorridos en planta (Gemba) Realizar reuniones con personal del área Recopilar información del proceso	Diagrama de flujo.	Se utilizó para representar gráficamente la secuencia de actividades del proceso de moldeo por inyección. La información se obtuvo mediante observación directa del proceso.	Tercer Cuatrimestre, 2025	Jazmín Ávila López
		Diagrama SIPOC.	Se utilizó para identificar los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes del proceso de moldeo por inyección, a partir de entrevistas y revisión documental.		
		Diagrama de afinidad.	Se utilizó para agrupar ideas, observaciones y hallazgos relacionados con la detección de defectos, a partir de entrevistas al personal operativo.		

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.

En esta fase se recopilaron y clasificaron datos históricos de No Conformidades, con el propósito establecer una idea base del desempeño del sistema de detección de defectos.

Para ello, se emplearon como herramientas la recolección de datos y el diagrama de Pareto, los cuales permitieron identificar y priorizar los tipos de defectos que generan mayor impacto.

La validación de esta fase se realizó mediante revisión de la información y resultados con el equipo de calidad y producción, con el fin de asegurar la correcta interpretación de los defectos priorizados y su relación con el contexto actual del proceso

Tabla 2 Segunda fase DMAIC - Medir

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Diagnosticar el estado actual del programa de detección de defectos en el área de moldeo por inyección mediante el análisis de datos históricos de No Conformidades	Recopilar datos históricos de MRB y SCRAP. Organizar la información por número de parte y tipo de defecto.	Recolección de datos	Se recopilaron y organizaron datos históricos del sistema de calidad para establecer una línea base del desempeño del sistema de detección de defectos.	Tercer cuatrimestre, 2025	Jazmín Ávila López
	Clasificar y priorizar defectos según su recurrencia.	Diagrama de Pareto	Se utilizó para identificar los defectos y números de parte que generan la mayor cantidad de No Conformidades, enfocando el análisis en los casos críticos del proceso.		

Fuente: Elaboración propia, 2025

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

En esta etapa se procedió a analizar las causas que limitan la detección oportuna de defectos en el proceso de moldeo por inyección.

En esta fase se utilizaron como herramientas principales el diagrama de Ishikawa y la técnica de los cinco porqués, con el fin de identificar en las causas raíz asociadas.

La validación de esta fase se realizó mediante revisión de los resultados con el equipo de calidad y producción, asegurando que las causas identificadas reflejen el contexto real del proceso de moldeo por inyección.

Tabla 3 Tercera fase DMAIC – Analizar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Analizar las causas raíz que impiden la detección temprana de defectos por parte del personal operativo.	Identificar causas potenciales asociadas a la detección tardía de defectos.	Diagrama de Ishikawa	Se utilizó para identificar y organizar de manera estructurada las posibles causas que influyen en la detección tardía de defectos.	Tercer cuatrimestre, 2025	Jazmín Ávila López
	Determinar la causa raíz de los defectos priorizados.	Técnica de los cinco porqués	Se empleó para profundizar en las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, con el fin de identificar las causas raíz que limitan la detección temprana de defectos en el proceso.		

Fuente: *Elaboración propia, 2025*

3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

La fase de mejora se desarrolló con base en las causas raíz identificadas durante la fase anterior. Tomando en cuenta la naturaleza dinámica del proceso y la imposibilidad de erradicar completamente la aparición de defectos, las acciones de mejora se orientaron a fortalecer la detección temprana de defectos más que en su eliminación total.

Para esta etapa se usaron como herramientas lluvia de ideas, Poka-Yoke, 5S, capacitación y estandarización de los criterios de inspección las cuales permitieron diseñar un sistema de inspección en línea con el principio de calidad desde la fuente.

Tabla 4 Cuarta fase DMAIC – Mejorar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Diseñar un sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente.	Generar propuestas de mejora para la detección temprana de defectos.	Lluvia de ideas (Brainstorming)	Se utilizó para generar, junto con el personal operativo y de calidad, propuestas orientadas a mejorar la detección temprana de defectos, considerando la experiencia directa del personal en el proceso.	Tercer cuatrimestre, 2025	Jazmín Ávila López
Prevenir errores en la detección de defectos durante el proceso de moldeo por inyección.	Diseñar mecanismos de prevención de errores en el proceso de inspección.	Poka-Yoke	Se empleó para definir mecanismos simples de para la identificación de defectos en el proceso de inspección.		
Estandarizar los criterios de inspección por del personal operativo.	Capacitar al personal operativo en defectos críticos y criterios de inspección.	Capacitación y estandarización	Se desarrollaron capacitaciones y se estandarizaron criterios de inspección con el fin de asegurar que todo el personal aplique los mismos criterios de inspección.		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

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

Esta fase tiene como objetivo verificar que las acciones implementadas durante la fase de mejora se apliquen de forma constante en la operación diaria.

Se plantea la utilización herramientas de control como indicadores de calidad, auditorías internas, capacitación continua, las cuales permiten monitorear el desempeño del sistema de inspección.

Se espera que las mejoras implementadas se integren de forma permanente al sistema de calidad, fortaleciendo el enfoque de calidad desde la fuente

Tabla 5 Quinta fase DMAIC – Controlar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Asegurar la sostenibilidad del sistema de inspección.	Dar seguimiento al cumplimiento del sistema de inspección	Indicadores de calidad	Se utilizaron indicadores de calidad para monitorear el comportamiento de las No Conformidades y el SCRAP.	Tercer cuatrimestre, 2025	Estudiante del proyecto, equipo de calidad
Asegurar la correcta aplicación de los criterios de inspección estandarizados.	Verificar el cumplimiento la frecuencia de inspección por parte del personal operativo.	Auditorías internas	Se realizaron verificaciones periódicas para asegurar que el personal realice de forma consistente la inspección según los tiempos definidos.		
Mantener la competencia del personal operativo en la detección temprana de defectos.	Incluir la capacitación de defectos dentro de la certificación de operarios de Moldeo	Certificación	Asegurar que los nuevos operarios tienen conocimiento de los diferentes defectos críticos y saben identificarlos durante el proceso productivo		
Prevenir la recurrencia de defectos no detectados oportunamente.	Documentar y actualizar procedimientos y ayudas visuales.	Estandarización documental	Se documentaron y actualizaron los procedimientos y guías visuales del sistema de inspección, con el fin de mantener los estándares definidos y asegurar su correcta aplicación en el tiempo.		

Fuente: Elaboración propia, 2026

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

4.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo busca reconocer las principales causas que influyen en la problemática de detección tardía de defectos en el proceso de moldeo por inyección en la empresa SMC LTD Costa Rica.

En este análisis se cubren las etapas de medir y analizar de la metodología DMAIC, para primero identificar los defectos más críticos y luego analizar las causas que impiden su detección temprana.

Para este análisis se utilizaron herramientas de calidad como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa y los cinco porqués, que ayudaron a identificar de manera organizada las causas raíz que influyen en el rendimiento del sistema de detección de fallas.

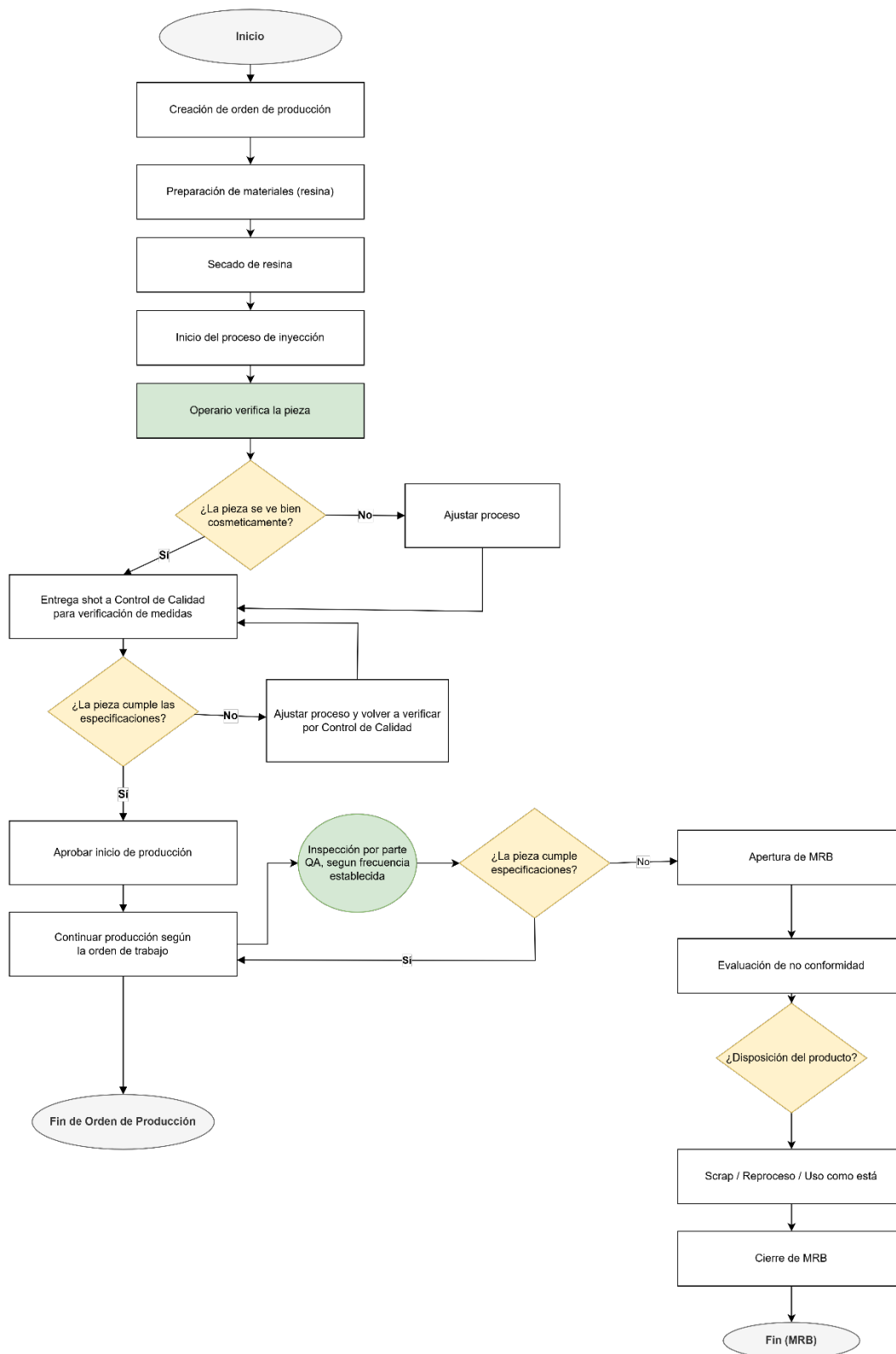
4.2. DIAGRAMA DE FLUJO

El análisis del proceso de moldeo por inyección es sumamente importante para comprender el problema abordado en este proyecto.

Con el fin de visualizar el flujo real del proceso, se analizó la secuencia de actividades desde la creación de la orden de producción hasta el cierre de la misma, incluyendo los puntos de verificación y las decisiones asociadas al control de calidad.

Este análisis permitió identificar cómo la detección de defectos depende en gran medida de inspecciones frecuentes realizadas por los inspectores de calidad (Una muestra, 1 vez por turno o Una muestra 2 veces por turno, según el número de parte), mientras que la participación del personal operativo en la inspección temprana no se encuentra completamente estandarizada.

Figura 8 Diagrama de Flujo, proceso de moldeo por inyección SMCLTD



Fuente: Elaboración propia, 2026

4.3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Para esta etapa se analizaron los datos históricos de las No Conformidades del área de moldeo por inyección. Cada no conformidad queda registrada de manera oficial en el sistema de calidad Material Review Board (MRB por sus siglas en inglés). Cada No Conformidad es documentada por el área de calidad como parte del proceso normal de gestión

A partir de los registros extraídos del sistema de calidad, se recopila y organiza la información en una base de datos en formato Excel, clasificando las no conformidades por fecha de apertura y modo de fallo, con el fin de facilitar su análisis.

La información analizada abarca el periodo comprendido entre enero de 2025 y diciembre de 2026, permitiendo contar con una base de datos representativa del comportamiento reciente del proceso.

En total se analizaron 153 datos de MRB, los cuales se agruparon por tipo de falla y se ordenaron por frecuencia, logrando identificar las fallas más frecuentes en el proceso.

Se observa que fallos cosméticos y dimensionales suman el 70% de las No Conformidades encontradas.

Tabla 6 Modo de fallo y su recurrencia

Failure mode	MRBs
Cosmetic issue	52
Flash OOS	28
Diameter OOS	17
Dimensional	10
Missing Label	7
Documentation	7
Parameter OOS	5
Incorrect mold installation	5
Relabel	3
Cavity not validated	3
Mixed Material	3
Incorrect art position	2
Incorrect Art	2
Incorrect PO	1
Blows	1
Incorrect Printing	1
equipment out of calibrate	1
Mixed Labels	1
Incomplete Art	1
Contention Action	1
Packaging Issue	1
Broken ceramics	1
Total	153

Fuente: Elaboración propia, 2026.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON DIAGRAMA DE PARETO

El análisis de Pareto identificó los modos de falla que más contribuyen a las no conformidades en el proceso de moldeo por inyección. Los resultados muestran que los defectos cosméticos es el más importante, ya que supone alrededor del 34 % de todos los MRBs. Le siguen los defectos Flash OOS (18 %) y Diámetro OOS (11 %), que en conjunto suman más del 60 % de las No Conformidades detectadas.

Al incluir los fallos Dimensional y perdida de etiqueta, el porcentaje acumulado llega al 75 % aproximadamente, confirmando que un número reducido de modos de fallo es responsable de la mayor parte del impacto en la calidad del proceso.

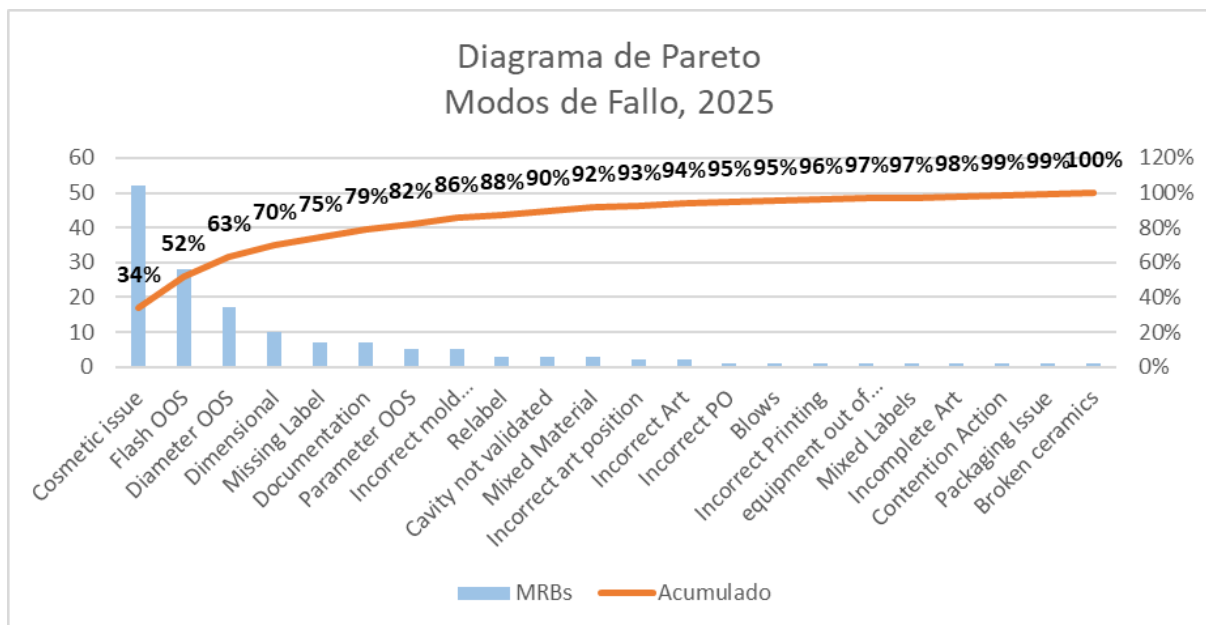
Tabla 7 Porcentaje Acumulado

Failure Mode	MRBs	%	Accumulate
Cosmetic issue	52	0,339869	34%
Flash OOS	28	0,183007	52%
Diameter OOS	17	0,111111	63%
Dimensional	10	0,065359	70%
Missing Label	7	0,045752	75%
Documentation	7	0,045752	79%
Parameter OOS	5	0,03268	82%
Incorrect mold installation	5	0,03268	86%
Relabel	3	0,019608	88%
Cavity not validated	3	0,019608	90%
Mixed Material	3	0,019608	92%
Incorrect art position	2	0,013072	93%
Incorrect Art	2	0,013072	94%
Incorrect PO	1	0,006536	95%
Blows	1	0,006536	95%
Incorrect Printing	1	0,006536	96%
equipment out of calibrate	1	0,006536	97%
Mixed Labels	1	0,006536	97%
Incomplete Art	1	0,006536	98%
Contention Action	1	0,006536	99%
Packaging Issue	1	0,006536	99%
Broken ceramics	1	0,006536	100%
Total		153	

Fuente: Elaboración propia, 2026.

El análisis de Pareto evidencia que los principales modos de falla concentran aproximadamente el 80 % de las No Conformidades. A partir de estos resultados, se priorizaron los defectos de mayor impacto, los cuales pueden ser detectados oportunamente mediante acciones enfocadas en el personal operativo.

Figura 9 Diagrama de Pareto



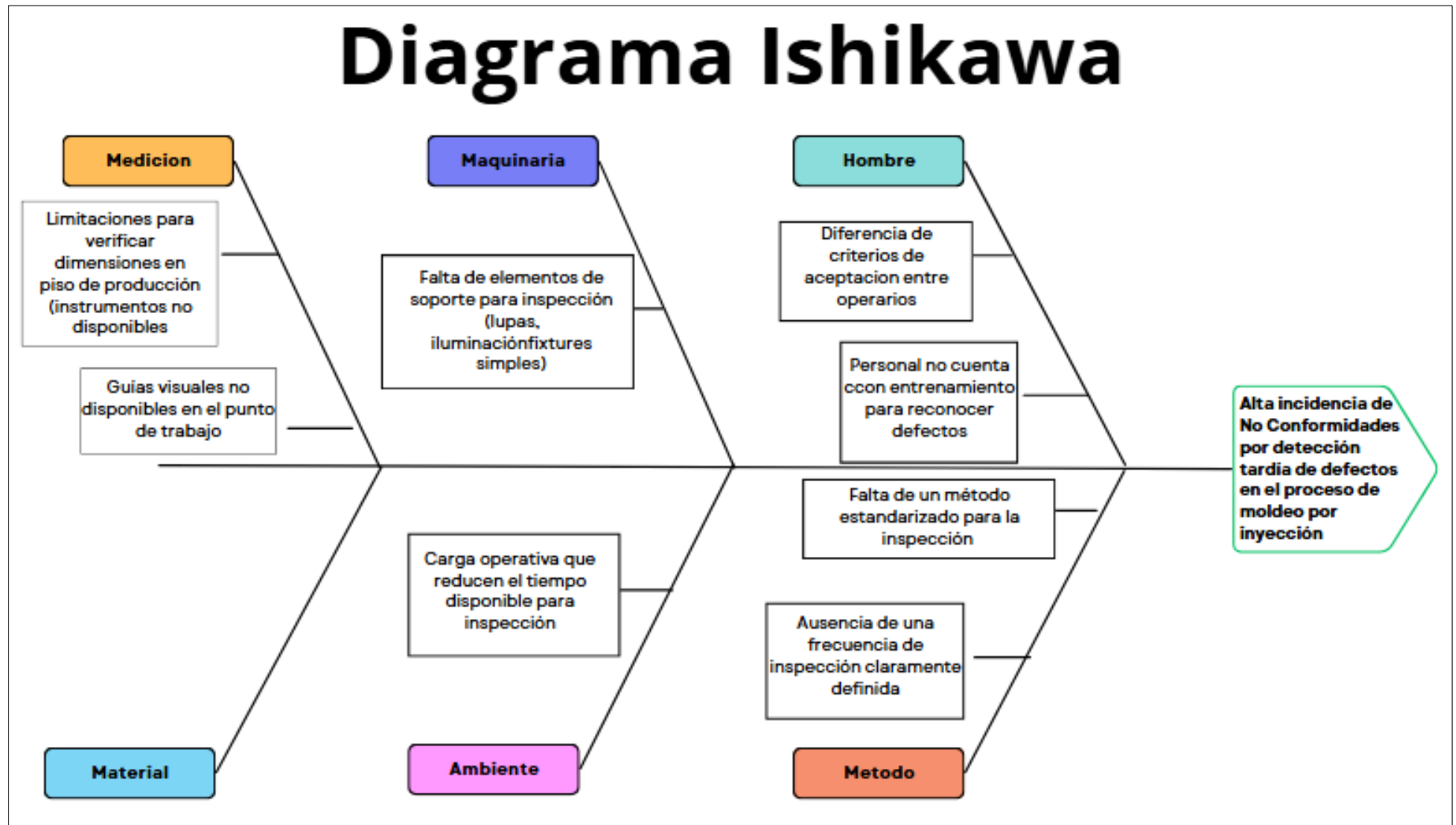
Fuente: Elaboración propia, 2026

4.5. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Partiendo de los resultados del diagrama de Pareto, se determinó que aproximadamente el 80% de las No Conformidades se concentra en defectos de tipo cosméticos y dimensional. Dado que el proceso de moldeo por inyección es dinámico y la aparición de defectos puede presentarse de forma repentina, el enfoque de este análisis no se orientó a eliminar completamente la generación de defectos, sino a comprender por qué estos defectos no son detectados a tiempo por el personal operativo, provocando su escalamiento a MRB y SCRAP.

Para ello, se utilizó el diagrama de Ishikawa con el fin de identificar y organizar de manera estructurada las causas potenciales que influyen en la detección tardía de defectos dimensionales y cosméticos. El análisis se desarrolló considerando categorías clave del proceso (mano de obra, métodos, medición, maquinaria/equipo, materiales y entorno), orientando la discusión hacia factores que afectan la inspección visual y la consistencia del criterio de aceptación.

Figura 10 Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2026

El diagrama de Ishikawa presentado permite identificar las principales causas que influyen en la detección tardía de defectos en el proceso de moldeo por inyección. Estas causas fueron determinadas a partir del análisis de datos desarrollado en las etapas de medición y análisis del presente estudio.

En particular, los datos históricos de MRB evidencian que el 70 % de las No Conformidades corresponden a defectos de tipo cosmético y dimensional, lo cual confirma la criticidad de fortalecer los mecanismos de detección temprana en el proceso.

Asimismo, se determinó que la inspección actual depende principalmente del área de calidad, la cual realiza verificaciones con una frecuencia de una a dos veces por turno, lo que equivale a intervalos aproximados de 6 a 12 horas. Esta condición incrementa la probabilidad de que defectos no sean detectados oportunamente en el punto de origen.

En relación con las causas identificadas en el diagrama, se evidenció la ausencia de un método estandarizado de inspección para el personal operativo, así como la falta de un programa formal de capacitación enfocado en la identificación de defectos, lo que genera variabilidad en los criterios de aceptación. Adicionalmente, se identificó la ausencia de estaciones de inspección equipadas en el área de moldeo, limitando la capacidad del operario para realizar verificaciones efectivas en línea.

De esta manera, cada una de las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa se encuentra respaldada por evidencia obtenida a partir del análisis de datos históricos, la observación directa del proceso y los resultados del diagrama de Pareto, asegurando la validez del análisis de causa raíz desarrollado.

Estas causas fueron posteriormente validadas mediante la aplicación de la técnica de los cinco porqués, permitiendo identificar las causas raíz que explican la detección tardía de defectos en el proceso

4.6. DETERMINACIÓN DE CAUSAS RAÍZ MEDIANTE LA TÉCNICA DE LOS CINCO PORQUÉS

Con base en el análisis realizado mediante el diagrama de Ishikawa, se identificaron como causas potenciales más relevantes aquellas relacionadas con la capacitación del personal operativo tanto en identificación de los diferentes defectos, como en los diferentes criterios de aceptación, la falta de un sistema de inspección estandarizado y la ausencia de elementos de soporte para la realización de la misma. Estas causas fueron seleccionadas para un análisis más profundo debido a su impacto directo en la detección tardía de defectos cosméticos y dimensionales. Para profundizar en dichas causas, se aplicó la técnica de los cinco porqués, con el fin de identificar las causas raíz que explican por qué los defectos no son detectados oportunamente por el personal operativo.

4.6.1. Capacitación del personal operativo

Tabla 8 Los defectos cosméticos y dimensionales no son detectados oportunamente por el personal operativo

¿Porque 1?	¿Porque los defectos cosméticos y dimensionales no son detectados oportunamente por el personal operativo?
Respuesta	Porque el personal no reconoce fácilmente los defectos críticos
¿Porque 2?	¿Porque el personal no reconoce fácilmente los defectos críticos?
Respuesta	Porque no cuenta con capacitación específica enfocada en detección de defectos
¿Porque 3?	¿Porque no cuenta con capacitación específica enfocada en detección de defectos?
Respuesta	Porque la certificación existente para operarios de moldeo no incluye capacitación sobre identificación de defectos
¿Porque 4?	¿Porque la certificación existente para operarios de moldeo no incluye capacitación sobre identificación de defectos?
Respuesta	Porque la inspección ha sido históricamente responsabilidad del área de calidad y no del operario.

Fuente: Elaboración propia, 2026

Causa Raíz: Ausencia de un programa formal y continuo de capacitación al personal operativo enfocado en detección de defecto.

4.6.2. Criterios de aceptación no estandarizados

Tabla 9 Los defectos no son detectados de forma consistente por el personal operativo durante el proceso de moldeo por inyección

¿Porque 1?	¿Por qué los defectos no son detectados de forma consistente por el personal operativo?
Respuesta	Porque cada operario realiza la inspección de manera diferente
¿Porque 2?	¿Porque cada operario realiza la inspección de manera diferente?
Respuesta	Porque no existe un método estandarizado que indique cómo, cuándo y qué inspeccionar
¿Porque 3?	¿Porque no existe un método estandarizado que indique cómo, cuándo y qué inspeccionar?
Respuesta	Porque la inspección ha sido históricamente responsabilidad del área de calidad y no del personal operativo.
¿Porque 4?	¿Porque la inspección ha sido históricamente responsabilidad del área de calidad y no del personal operativo?
Respuesta	Porque el proceso se diseñó originalmente bajo un modelo de inspección posterior, dependiente del área de calidad
¿Porque 5?	¿Porque el proceso se diseñó originalmente bajo un modelo de inspección posterior, dependiente del área de calidad?
Respuesta	Porque el proceso no había evolucionado hacia un enfoque preventivo.

Fuente: Elaboración propia, 2026

Causa Raíz: Ausencia de un método de inspección estandarizado que defina de manera clara las actividades, frecuencia y criterios de inspección para ser ejecutados por el personal operativo

4.6.3. Falta de elementos de soporte para la inspección

Tabla 10 Algunos defectos no son detectados durante la inspección en línea

¿Porque 1?	¿Por qué algunos defectos no son detectados durante la inspección en línea?
Respuesta	Porque el operario no cuenta con herramientas adecuadas para realizar la inspección.
¿Porque 2?	¿Porque el operario no cuenta con herramientas adecuadas para realizar la inspección?
Respuesta	Porque no hay disponibilidad de elementos como iluminación adecuada, lupas o fixtures pasa/falla
¿Porque 3?	¿Porque no hay disponibilidad de elementos como iluminación adecuada, lupas o fixtures pasa/falla?
Respuesta	Porque la inspección actual depende únicamente de la observación visual.
¿Porque 4?	¿Porque la inspección actual depende únicamente de la observación visual?
Respuesta	Porque no se ha definido un estándar mínimo de herramientas de inspección en el área.
¿Porque 5?	¿Porque no se ha definido un estándar mínimo de herramientas de inspección en el área?
Respuesta	Porque no se consideró la inspección como una actividad crítica dentro del proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia, 2026

Causa Raíz: Ausencia de una estación equipada con equipo de soporte para inspección visual de las piezas moldeadas

4.7. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con base en el análisis realizado, se determinó que el método actual de detección de defectos en el proceso de moldeo por inyección depende de las inspecciones por turno realizadas por los inspectores de calidad. La participación del personal operativo en la detección de defectos no se encuentra formalmente estandarizada y no todos cuentan con el conocimiento necesario para detectarlos. Esta condición incrementa la probabilidad de que defectos cosméticos y dimensionales no sean identificados oportunamente durante la producción.

Los datos históricos de MRB muestran mediante el diagrama de Pareto, que los defectos cosméticos y dimensionales representan aproximadamente el 70 % de las No Conformidades y que un número reducido de modos de falla concentra cerca del 80% del total de No conformidades.

A partir de estos datos, el diagrama de Ishikawa se enfocó en analizar por qué los defectos cosméticos y dimensionales (específicamente diámetros obstruidos) no son detectados oportunamente por el personal operativo, en lugar de analizar por qué se generan los defectos. Este enfoque permitió identificar causas potenciales relacionadas con personal, métodos y equipo.

Posteriormente, la aplicación de la técnica de los cinco porqués permitió profundizar en las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa y validar cuáles de ellas corresponden a causas raíz, confirmando que la detección tardía de defectos se debe principalmente a la ausencia de capacitación específica del personal operativo, la falta de un método estandarizado de inspección y la carencia de una estación equipada con elementos de soporte para la inspección visual.

Los hallazgos de este capítulo constituyen la base para el diseño e implementación de las acciones de mejora que se desarrollan en el capítulo siguiente.

Capítulo V:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo diseñar e implementar acciones orientadas a fortalecer la detección de defectos desde el punto de origen, alineadas con el principio de Calidad desde la Fuente. Las propuestas de mejora se enfocan en empoderar al personal operativo como primer responsable de la calidad del producto, reduciendo la dependencia exclusiva de las inspecciones realizadas por el área de calidad.

5.2. PROPUESTAS DE MEJORA SEGÚN CAUSA RAÍZ

Las propuestas de mejora desarrolladas en el presente capítulo se definieron a partir de las causas raíz identificadas en el Capítulo IV, mediante la aplicación integrada del análisis de datos históricos, el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa y la técnica de los cinco porqués.

En primera instancia, el análisis de Pareto permitió identificar que aproximadamente el 70 % de las No Conformidades corresponde a defectos de tipo cosmético y dimensional, evidenciando la necesidad de fortalecer los mecanismos de detección temprana en el proceso.

Posteriormente, el diagrama de Ishikawa permitió estructurar y clasificar las posibles causas que influyen en la detección tardía de estos defectos, considerando factores relacionados con el personal, los métodos de trabajo y los recursos disponibles en el proceso.

Finalmente, mediante la aplicación de la técnica de los cinco porqués, se validaron y profundizaron dichas causas, permitiendo identificar las causas raíz que impactan directamente el desempeño del sistema de inspección

Como resultado de este análisis, se determinaron tres factores críticos que inciden directamente en la detección tardía de defectos:

- **Hombre:** Falta de capacitación específica del personal operativo.
- **Método:** Ausencia un método estandarizado de inspección por parte de los operarios de producción.
- **Maquinaria:** Falta de elementos de soporte adecuados para la inspección visual en línea.

Con base en las causas raíz identificadas en el Capítulo IV, se definieron las propuestas de mejora presentadas en la Tabla 11. Cada acción fue diseñada para atacar directamente los factores que limitan la detección temprana de defectos en el proceso de moldeo por inyección, asegurando coherencia entre el análisis de causas y las soluciones planteadas dentro de la fase de Mejora de la metodología DMAIC

Tabla 11 *Acción e Impacto*

Categoría	Acción de mejora	Impacto esperado
Hombre	Actualización de la certificación del personal de moldeo, incorporando capacitación en identificación de defectos cosméticos y dimensionales y uso de equipos de inspección.	Estandarización del conocimiento del personal operativo, reducción de la variabilidad en la interpretación de defectos y mejora en la detección temprana durante la producción.

Método	Creación e implementación de un procedimiento de inspección horaria desde la fuente, ejecutado por el personal operativo.	Incremento en la frecuencia de inspección, detección oportuna de defectos y reducción del volumen de material impactado por desviaciones del proceso.
Maquinaria / Equipo	Implementación de una estación de inspección equipada con lupas, microscopio y pines pasa/falla para la verificación visual y dimensional.	Mejora en las condiciones de inspección, aumento de la confiabilidad del proceso de inspección y reducción de defectos no detectados en línea.

Fuente: Elaboración propia, 2026

5.2.1. Actualización de la certificación del personal de moldeo

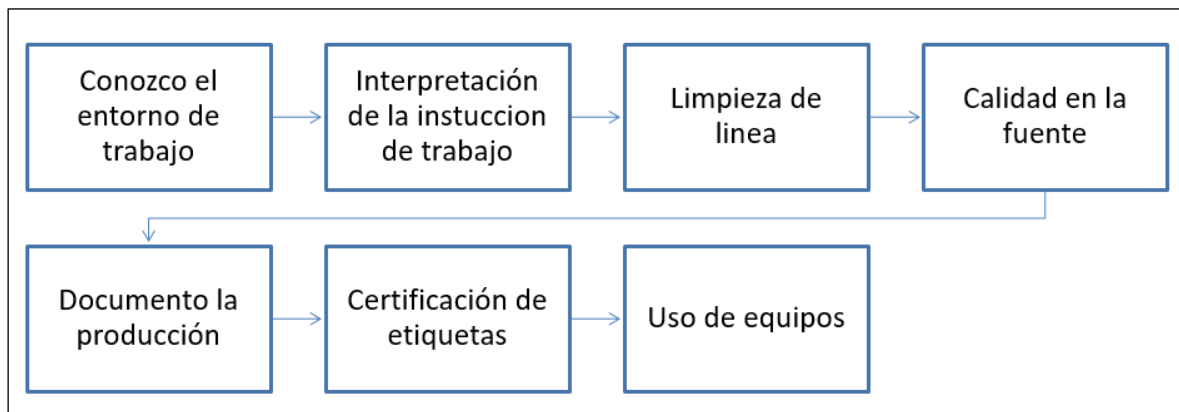
Una de las principales causas raíz identificadas fue la falta de capacitación específica del personal operativo para la identificación de defectos. Ante esta situación, se propone la actualización de la certificación del personal de moldeo por inyección, incorporando un módulo específico enfocado en la detección de defectos críticos y un módulo en el uso adecuado de equipos de inspección visual y dimensional.

Para la implementación de esta propuesta, se desarrolló un programa de capacitación estructurado que define los contenidos, metodología de enseñanza, criterios de evaluación y requisitos de certificación del personal operativo. Este programa incluye el reconocimiento de defectos cosméticos y dimensionales, criterios de aceptación, uso de equipos de medición y prácticas de inspección en línea.

La documentación asociada a esta propuesta, se presenta en el Anexo 4 del presente documento

La actualización de la certificación tiene como objetivo asegurar que todo el personal operativo cuente con un nivel estandarizado de conocimiento, reduciendo la variación en la interpretación de defecto. Por medio de una capacitación se recertificará el 100 % del personal actual y será incorporada como requisito obligatorio dentro del proceso de inducción de nuevos operarios. Asimismo, la certificación contempla una evaluación teórico-práctica con el fin de medir el aprendizaje y la correcta comprensión de los criterios de inspección y aceptación. Con esta acción se espera fortalecer la capacidad del personal operativo para identificar defectos de manera oportuna durante la producción, contribuyendo directamente a la reducción de No Conformidades y SCRAP.

Figura 11 Flujo propuesto Certificación Operarios Moldeo



Fuente: Elaboración propia, 2026

5.2.2. Implementación de un procedimiento de inspección desde la fuente

Otra causa raíz identificada fue la ausencia de un método estandarizado que definiera claramente cómo, cuándo y qué inspeccionar durante el proceso productivo, lo que generaba criterios variables y detección tardía de defectos.

Se propone la creación e implementación de un procedimiento formal de inspección de calidad desde la fuente.

Este procedimiento establece que el personal operativo deberá realizar una inspección cada hora a un *shot* representativo de piezas producidas.

El *shot* inspeccionado se almacenará en un bin transitorio identificado por hora, el cual será reemplazado cada 60 minutos. Esta práctica permite mantener trazabilidad inmediata del proceso.

En caso de detectarse un defecto durante la inspección, se contará con el *shot* de la hora anterior como respaldo, lo que permitirá:

- Verificar si el defecto corresponde únicamente al material producido en la última hora.
- Determinar si la condición ya estaba presente en el *shot* previamente inspeccionado.
- Delimitar con mayor precisión el alcance del material potencialmente impactado.
- Reducir el riesgo de liberación de producto no conforme.

La implementación de este procedimiento permitirá incrementar la frecuencia de detección de defectos, reducir el volumen de material impactado ante desviaciones del proceso y fortalecer la detección temprana de fallas en el punto de origen.

Figura 12 Borrador de procedimiento de Inspección

SMC Ltd.		Documento ID#:	Calidad en la fuente
		Título del Documento:	
Tipo de Documento			
<input type="checkbox"/> QMS Procedimiento	<input checked="" type="checkbox"/> Instrucción de Trabajo Estándar		
<input type="checkbox"/> EHS Procedimiento			
<p>PROPOSITO: Explicar a los operadores el proceso de inspección visual del shot de piezas indicando el equipo necesario, la distancia a la cual se debe inspeccionar y los formularios que se deben completar y la inspección que se debe realizar cuando se presenta una falla en el proceso por máquina o molde.</p> <p>ALCANCE: Esta instrucción aplica para todos los operadores de moldeo, inspectores, líderes, supervisores, ingenieros de calidad y de producción. Además, aplica para todos los números de parte de todas las estaciones de trabajo de moldeo.</p> <p>FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES:</p> <p>Operador: Es el responsable de realizar la inspección del shot de cada hora, documentar, informar al líder o supervisor cuando se detecte un defecto en la línea e inspeccionar al 100% el material impactado. Además, debe preguntar al inspector de calidad en caso de tener alguna duda sobre el criterio de aceptación o rechazo de una pieza.</p> <p>Líder/ Supervisor: Es el encargado de detener la máquina en caso de que se presente algún defecto durante la inspección del shot y verificar que el operador esté completando los formularios correspondientes de forma correcta.</p> <p>Inspector de calidad: Debe realizar la inspección de las piezas brindadas por producción, en caso de que exista duda del criterio de aceptación y realizar la verificación de la inspección del material impactado.</p> <p>DESCRIPCION DEL PROCESO:</p> <p>1. Inspección de las partes</p> <p>1.1 El operario debe tomar un shot de piezas cada hora. /</p> <p>1.2 Realice la inspección visual a este shot. Esta inspección se realiza bajo luz normal con bombillo fluorescente, a menos que la instrucción de trabajo especifique lo contrario.</p> <p>Primero se deben realizar las inspecciones a simple vista y luego las que requieran algún equipo de magnificación.</p> <p>En el anexo 1 de este procedimiento se muestra el equipo, la distancia y/o magnificación a la que se debe inspeccionar cada defecto en general, sin embargo, la cantidad y tamaño de defectos permitidos lo indica la instrucción de trabajo correspondiente a cada número de parte.</p>			

Fuente: Elaboración propia, 2026

5.2.3. Implementación de una estación de inspección visual en línea

Como complemento a las acciones anteriores, se identificó la carencia de elementos de soporte adecuados para la inspección visual y dimensional (específicamente diámetros obstruidos) en línea. Para atender esta causa raíz, se propone la implementación de una estación de inspección dedicada en el área de moldeo por inyección, equipada con lupas, microscopio, lámparas de iluminación adecuada y pines de inspección pasa/falla.

La disponibilidad de esta estación permitirá que el personal operativo realice las inspecciones bajo condiciones controladas y estandarizadas, facilitando la identificación de defectos que podrían pasar desapercibidos mediante inspección a simple vista.

Esta acción refuerza el enfoque de prevención de errores (Poka-Yoke) y constituye un elemento clave para asegurar la efectividad del sistema de inspección desde la fuente.

5.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN PROPUESTO

El sistema de inspección propuesto para el área de moldeo por inyección se fundamenta en el principio de Calidad desde la Fuente, el cual establece que la detección de defectos debe realizarse en el punto más cercano a su generación, involucrando activamente al personal operativo como primer responsable de la calidad del producto.

En primer lugar, una vez validado el arranque del proceso por el área de Control de Calidad, el personal operativo asume la responsabilidad de realizar una inspección horaria de un shot de piezas, siguiendo el procedimiento documentado de inspección desde la fuente.

En segundo lugar, la inspección se realiza en una estación de inspección dedicada, equipada con iluminación adecuada, lupas, microscopio y pines pasa/falla, lo cual permite verificar tanto aspectos cosméticos como dimensiones críticas bajo condiciones controladas. La disponibilidad de estos elementos reduce la variabilidad asociada a la inspección visual y mejora la confiabilidad del proceso de detección.

En tercer lugar, el sistema se soporta en una certificación actualizada del personal operativo, que asegura que todos los operarios cuenten con el conocimiento necesario para identificar defectos críticos y aplicar correctamente los criterios de aceptación estandarizados.

El sistema propuesto no sustituye las inspecciones realizadas por el área de calidad, sino que las complementa, creando una doble barrera de control que incrementa la probabilidad de detección temprana de defectos y reduce el impacto económico asociado a la no calidad.

De esta manera, el sistema integra personas, método y equipo dentro de un esquema preventivo, orientado a reducir la detección tardía de defectos y fortalecer la cultura de calidad en el proceso de moldeo por inyección.

5.4. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN

El sistema de inspección propuesto será implementado de manera progresiva, siguiendo un esquema estructurado que permita asegurar su correcta ejecución, validación y sostenibilidad. El plan de implementación se divide en tres etapas: preparación, ejecución y validación, tal como se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12 Plan de implementación del sistema de inspección desde la fuente

Etapa	Actividad	Responsable	Duración estimada	Resultado esperado
Preparación	Actualización de certificación del personal	Ingeniería de Calidad	3 semanas	Personal recertificado
Preparación	Elaboración y aprobación del procedimiento	Ingeniería de Calidad	3 semana	Procedimiento formal aprobado
Preparación	Adquisición e instalación de estación de inspección	Producción / Calidad	6 semana	Estación operativa
Ejecución	Capacitación del 100 % del personal operativo	Ingeniería de Calidad	4 semanas	Personal capacitado
Ejecución	Inicio de inspección horaria en línea	Operarios / Supervisores	Implementación inmediata	Sistema activo
Validación	Seguimiento de indicadores MRB y SCRAP	Ingeniería de Calidad	3 meses	Evaluación de efectividad
Validación	Auditoría interna de cumplimiento	Supervisión / Calidad	Mensual	Control y sostenibilidad

Fuente: *Elaboración propia, 2026*

5.5. CONTROL Y SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN

Una vez implementadas las mejoras en el proceso de moldeo por inyección de SMC LTD, es importante asegurar que se mantengan en el tiempo. Para ello, se establecen mecanismos de seguimiento, indicadores de desempeño y responsabilidades claras que permitan prevenir la recurrencia de defectos y garantizar la sostenibilidad del sistema de inspección desde la fuente.

5.5.1. Indicadores de seguimiento

Para evaluar la efectividad del sistema implementado, se definieron los siguientes indicadores clave:

- Reducción del número de No Conformidades (MRB): Permite medir la disminución de defectos detectados de forma tardía.
- Reducción porcentual del SCRAP asociado a defectos cosméticos y dimensionales: Indicador principal para evaluar el impacto económico del sistema, con una meta esperada del 50 % de reducción.
- Porcentaje de personal operativo certificado

Tabla 13 Indicadores de seguimiento del sistema de Inspección

Indicador	Fórmula de cálculo	Frecuencia	Responsable
Reducción de No Conformidades (MRB)	$\frac{\text{MRB promedio actual} - \text{MRB mensual}}{\text{MRB promedio actual}} \times 100$	Mensual	Calidad
Reducción de SCRAP (%)	$\frac{\text{SCRAP promedio actual} - \text{SCRAP mensual}}{\text{SCRAP promedio actual}} \times 100$	Mensual	Producción / Calidad
Porcentaje de personal certificado	$(\text{Num. de Op. Certificados} - \text{Total de Op. Moldeo}) \times 100$	Mensual	Recursos Humanos / Calidad

Fuente: Elaboración propia, 2026

Estos indicadores serán revisados de manera mensual por las áreas de calidad y producción, en las reuniones de seguimiento del Value Stream, con el fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y tomar acciones correctivas en caso de desviaciones.

5.5.2. Mecanismos de control operativo

El control del sistema se soporta en los siguientes mecanismos:

- Documentación formal del procedimiento de inspección desde la fuente.
- Registros de inspección generados por el personal operativo.
- Auditorías internas periódicas para verificar el cumplimiento del procedimiento

La combinación de estos mecanismos permite asegurar que la inspección operativa no dependa únicamente del criterio individual, sino de un sistema estructurado y verificable

5.5.3. Sostenibilidad del sistema

La sostenibilidad del sistema se garantiza mediante la integración de las mejoras al funcionamiento habitual del área de moldeo:

- La certificación actualizada se incorpora como requisito obligatorio para nuevos ingresos.
- La estación de inspección se establece como recurso permanente del área.
- El procedimiento de inspección forma parte del sistema de gestión de calidad.
- Los indicadores de desempeño se integran a las revisiones periódicas de resultados del área.

De esta manera, el sistema deja de ser una iniciativa puntual y se convierte en un componente estructural del proceso productivo.

5.6. ANÁLISIS COSTO / BENEFICIO Y RETORNO DE INVERSIÓN

Con el fin de evaluar la viabilidad económica del sistema de inspección desde la fuente, se realizó un análisis costo–beneficio considerando la inversión inicial requerida y el ahorro proyectado derivado de la reducción del SCRAP. Asimismo, se calculó el retorno de inversión (ROI) como indicador de rentabilidad del proyecto.

La estimación de una reducción del 50 % en el SCRAP se fundamenta en los resultados obtenidos en el Capítulo IV, donde se identificó que aproximadamente el 70 % de las No Conformidades corresponden a defectos cosméticos y dimensionales, los cuales están directamente asociados a la detección tardía en el proceso.

La implementación del sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente, está orientada a mejorar la detección temprana de estos defectos. Considerando que no todos los defectos pueden eliminarse completamente, se establece una meta conservadora del 50 % de reducción, como un escenario realista de mejora del proceso

Para la implementación del sistema propuesto, se estimó la inversión inicial requerida, considerando tanto los costos asociados a capacitación del personal como la adquisición de equipo de inspección necesarios para la operación del sistema

Tabla 14 *Inversión inicial del sistema de inspección*

Concepto	Descripción	Costo (USD)
Capacitación	Elaboración de material, ejecución de capacitación interna por ingenieros de calidad	\$150.00
Pines de inspección (Go/No-Go)	Herramientas para verificación dimensional	\$275.00
Lámparas de inspección	Mejora de iluminación en estación	\$100.00
Microscopio	Inspección visual detallada de defectos	\$325.00
Mesa de inspección	Estación de trabajo para inspección	\$250.00
	Inversión Total	\$1,100.00

Fuente: Elaboración propia, 2026

Tabla 15 Análisis costo – beneficio del sistema de inspección desde la fuente

Concepto	Monto (USD)
Costo anual de SCRAP (2025)	\$8,955.00
Reducción esperada (50 %)	\$4,477.50
Inversión inicial total	\$1,100.00
Ahorro neto estimado el primer año	\$3,377.50

Fuente: Elaboración propia, 2026

Como se observa en la Tabla 15, la inversión inicial requerida para la implementación del sistema es considerablemente menor al ahorro proyectado durante el primer año. Esto demuestra que el sistema propuesto no solo es técnicamente factible, sino también económicamente rentable, con una recuperación de la inversión estimada en menos de 12 meses.

Tabla 16 Retorno de inversión (ROI)

Concepto	Cálculo	Resultado
ROI (Retorno sobre la Inversión)	$(4,477.50 - 1,100.00) / 1,100.00 \times 100$	307,00%
	$(\text{Total ahorro anual estimado} - \text{Total inversión aprox.}) / \text{Total inversión aprox.} \times 100\%$	

Fuente: Elaboración propia, 2026

El retorno de inversión (ROI) del sistema de inspección propuesto se estima en aproximadamente un 307 %. Esto quiere decir que, por cada dólar invertido en la implementación del sistema, se generaría un retorno aproximado de 3.07 dólares durante el primer año de operación, lo que demuestra viabilidad económica y la rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El presente proyecto tuvo como objetivo general optimizar el sistema de detección de defectos en el área de moldeo por inyección de SMC LTD Costa Rica mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de reducir las No Conformidades internas y el SCRAP asociado a defectos cosméticos y dimensionales.

Como resultado del proyecto, se puede concluir que el objetivo fue abordado de manera sistemática y estructurada, identificando las causas raíz del problema y diseñando un sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a diagnosticar el estado actual del programa de detección de defectos mediante el análisis de datos históricos, se concluyó que el 70 % de las No Conformidades se concentraba en defectos cosméticos y dimensionales, evidenciando que un número reducido de modos de falla genera la mayor parte del impacto en la calidad del proceso. Este diagnóstico permitió priorizar el análisis en los defectos críticos y justificar la solución planteada.

Respecto al segundo objetivo específico, el cual se centró en analizar las causas raíz que impiden la detección temprana de defectos, mediante el diagrama de Ishikawa y la técnica de los cinco porqués, se determinó que la problemática no se originaba en la forma en que se generaban los defectos, sino en la detección tardía durante la producción. Se establecieron como causas raíz principales la falta de capacitación específica del personal operativo, falta de un procedimiento

estandarizado de inspección y falta de herramientas de soporte adecuados para la inspección en línea.

En cuanto al tercer objetivo específico, orientado a diseñar e implementar un sistema de inspección alineado con el principio de Calidad desde la Fuente, se desarrolló una propuesta integral que incluye la actualización de la certificación del personal operativo, la implementación de un procedimiento de inspección horaria y la instalación de una estación de inspección equipada. Este sistema refuerza la detección en el punto de origen y reduce la dependencia exclusiva del área de calidad.

En relación con el cuarto objetivo específico, enfocado en evaluar la efectividad del sistema mediante indicadores clave, se establecieron métricas de seguimiento como la reducción del número de MRB, la disminución del SCRAP y el cumplimiento del programa de inspección. Estos indicadores permitirán medir de manera objetiva el impacto del sistema implementado y asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

Finalmente, respecto al quinto objetivo específico, relacionado con la evaluación del impacto económico, el análisis costo–beneficio demostró que la inversión inicial estimada de \$1,100 es considerablemente inferior al ahorro anual proyectado de \$4,477.50, derivado de una reducción esperada del 50 % del SCRAP. El cálculo del ROI del 307 % confirma la viabilidad financiera del proyecto y su contribución directa a la optimización de costos operativos.

En términos generales, se concluye que la optimización del sistema de detección de defectos no depende únicamente de la eliminación total de variaciones en el proceso, sino del fortalecimiento de los mecanismos de detección temprana,

integrando al personal operativo como primer responsable de la calidad y promoviendo una cultura preventiva dentro del área de moldeo por inyección.

6.2. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y en el análisis realizado, se recomienda:

1. Implementar formalmente el sistema de inspección desde la fuente como parte integral del sistema de gestión de calidad, asegurando su aprobación y control documental.
2. Garantizar la recertificación del 100 % del personal operativo e incluir la capacitación en detección de defectos como requisito obligatorio para nuevos ingresos en el área de moldeo.
3. Monitorear mensualmente los indicadores MRB y SCRAP, evaluando el comportamiento de defectos cosméticos y dimensionales para validar el impacto real del sistema implementado.
4. Realizar auditorías internas periódicas que verifiquen el cumplimiento del procedimiento de inspección horaria y el uso adecuado de la estación de inspección.
5. Extender el modelo de Calidad desde la Fuente a otras áreas productivas, en caso de confirmarse resultados sostenibles en el área de moldeo por inyección.
6. Actualizar periódicamente los criterios de inspección y ayudas visuales, asegurando que se mantengan alineados con los requisitos del cliente y las especificaciones técnicas vigentes.

7. Evaluar a mediano plazo la posibilidad de incorporar herramientas tecnológicas adicionales (sistemas de visión artificial o sensores), que complementen la inspección manual y refuercen el sistema preventivo.

Finalmente, se recomienda dar continuidad al seguimiento del proyecto durante al menos seis meses posteriores a su implementación formal, con el fin de validar la estabilidad del proceso y consolidar la cultura de responsabilidad compartida sobre la calidad.

Capítulo VII: BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aiteco Consultores. (s.f.). *Diagrama de flujo: qué es, símbolos y ejemplos.*

<https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>

Azamfirei, V., Psarommatis, F., & Lagrosen, Y. (2023). Application of automation for in-line quality inspection: A zero-defect manufacturing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 1–22.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (s.f.). *Administración de la calidad total.*

de Saeger, A. (2018). Diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto.

Qualitytraining. <https://www.qualitytraining.es>

Espinoza Palaguachi, K. (2021). *El sistema de gestión de calidad y la mejora continua en empresas del sector de servicio de Latinoamérica* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala].

George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The lean six sigma pocket toolbox: A quick reference guide to nearly 100 tools for improving quality and speed.* McGraw-Hill.

Imai, M. (2012). *Gemba kaizen: A commonsense, low-cost approach to management.* McGraw-Hill.

International Labour Organization. (2019). *Lean manufacturing techniques for textile industry*. ILO.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9000:2015 quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. ISO.

Kaiser, J.-P., Lang, S., Wurster, M., & Lanza, G. (2022). A concept for autonomous quality control for core inspection in remanufacturing. *Procedia CIRP*, 107, 31–42.

Laszisz, A. (2016). Quality management tools in production systems. *Production Engineering Archives*, 12, 23–28.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). Wiley.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2014). *Methods, standards, and work design* (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Pro Action International. (2023). *Método de los 5 porqués: Análisis de causa raíz para resolver problemas más rápido*.

<https://blog.proactioninternational.com/en/5-whys-method-solves-problems-faster>

Purdue University. (s.f.). *School of Industrial Engineering.*

<https://engineering.purdue.edu/IE>

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2013). *Operations management* (7th ed.). Pearson Education.

Touzett-Cabellos, J. (2024). Application of quality control tools in manufacturing environments. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(1), 45–59.

Vaghani, R. (2024). Implementation of lean and quality methodologies in injection molding processes. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 38(2), 120–135.

ANEXOS

1. BASE DE DATOS DE NO CONFORMIDADES

Month	Year	MRB #	Area	Failure Mode	PN	Name
ene-25	2025	24715	Molding	Flash OOS	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
ene-25	2025	24716	Molding	Sink OSS	710455	CAP, FLAT WELD TETHERED LOOP
ene-25	2025	24717	Molding	Flash OOS	605540	OVERMOLDED OUTER TUBE ASSEMBLY
ene-25	2025	24718	Molding	Splay	711059	711059
ene-25	2025	24719	Molding	Burnt	709241	OUTFLOW HOUSING, REAR
ene-25	2025	24720	Molding	Gate OOS	709241	OUTFLOW HOUSING, REAR
ene-25	2025	24721	PPs	Documentation	711138	PAD PRINTED HANDLE HOUSING RIGHT, REACH
ene-25	2025	24722	Molding	Dimensional	608054	PLUNGER, QUICKSERTER MINIMED
ene-25	2025	24723	Molding	Missing Label	608055	HOUSING, MAIN QUICKSERTER,MINIMED
ene-25	2025	24724	Molding	Short shot	605540	OVERMOLDED OUTER TUBE ASSEMBLY
ene-25	2025	24725	Molding	Parameter OOS	704216	STRAIN RELIEF, DISTAL
ene-25	2025	24726	Molding	Flash OOS	709242	OUTFLOW POST
ene-25	2025	24727	Molding	Mixed Material	711135/610987	HANDLE HOUSING LEFT, NG / HANDLE HOUSING RIGHT, NG
ene-25	2025	24728	Molding	Missing Label	710455	CAP, FLAT WELD TETHERED LOOP
ene-25	2025	24729	Molding	Flash OOS	710455	CAP, FLAT WELD TETHERED LOOP
ene-25	2025	24730	Molding	Contamination	709239	INFLOW POST
ene-25	2025	24731	Assembly	Cosmetic issue	710872	MMT-305QS
ene-25	2025	24733	Molding	Gate OOS	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
ene-25	2025	24734	Assembly	Cosmetic issue	707121	ASSEMBLY, CYLINDER, ATEC
ene-25	2025	24735	Molding	Incorrect mold installation	709242	OUTFLOW POST
ene-25	2025	24736	Assembly	Voids OOS	707647	FLUID MANAGEMENT ACC PK OUTSIDE CER
feb-25	2025	24737	Molding	Dimensional	710296	710296
feb-25	2025	24738	Molding	Flash OOS	709908	BONE STAPLER, INSERT MOLDED
feb-25	2025	24739	Molding	Dimensional	709870	709870
feb-25	2025	24740	Molding	Diameter OOS	704217	MOUNT. STRAIN RELIEF. DISTAL
feb-25	2025	24741	Molding	Cosmetic issue	710456	OUTLET PORT, FLAT WELD
feb-25	2025	24742	Molding	Diameter OOS	704269	PLUG ANCHOR SEAL
feb-25	2025	24743	Molding	Cosmetic issue	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
feb-25	2025	24744	Molding	Dimensional	707275	NOVASURE LEFT PLUG, RoHS COMPLA
feb-25	2025	24745	Molding	Gate OOS	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
mar-25	2025	24746	Molding	Missing label	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
mar-25	2025	24747	Molding	Deformation	708631	708631
mar-25	2025	24748	Molding	Flash OOS	710456	710456
mar-25	2025	24749	Molding	Flash OOS	708383	5MM PACKAGING CLIP
mar-25	2025	24750	Molding	Mixed Material	304670	INSERT MOLDED BONE PUNCH PIN
mar-25	2025	24751	Molding	Deformation	710234	HUB
mar-25	2025	24752	Molding	Short shot	709908	BONE STAPLER, INSERT MOLDED
mar-25	2025	24753	Molding	Gate OOS	704270	HOUSING, ANCHOR -SEAL
mar-25	2025	24754	Molding	Diameter OOS	709245	CAGE, REAR
mar-25	2025	24755	Molding	Flash OOS	609241	OUTFLOW HOUSING, REAR
mar-25	2025	24756	Molding	Missing label	710455	CAP, FLAT WELD TETHERED LOOP
mar-25	2025	24757	PPs	Cosmetic issue	709237	INFLOW HOUSING, REAR
mar-25	2025	24758	Molding	Flow line	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
mar-25	2025	24759	Assembly	Cosmetic issue	710872	MMT-305QS
mar-25	2025	24760	Molding	Contamination	709239	INFLOW POST
mar-25	2025	24761	Molding	Contamination	710819	PLASMA LINE Y PLATLET SS
mar-25	2025	24762	Molding	Incorrect PO	709419	BAG FUNNEL, FLAT WELD, HOT RUNNER
abr-25	2025	24763	Molding	Cosmetic issue	608455	608455
abr-25	2025	24764	Molding	Dimensional	711478	711478
abr-25	2025	24765	Molding	Flash OOS	605540	OVERMOLDED OUTER TUBE ASSEMBLY
abr-25	2025	24766	Molding	Dimensional	709870	INSERT MOLDED BONE PUNCH