

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**MEJORA DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN**  
**DE PIEZAS EN LAS MÁQUINAS CAMSOFT**  
**DEL ÁREA DE SPECIAL GRINDING EN LA**  
**EMPRESA TE CONNECTIVITY, DURANTE EL**  
**SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2025**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA**  
**OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLER**  
**EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: WENDEL ESTEBAN ABARCA JIMÉNEZ

TUTOR: ING. MIGUEL RODRÍGUEZ ACOSTA

HEREDIA, 2025

# ACTA DE APROBACIÓN

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Wendel Esteban Abarca Jiménez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1362-0701 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de investigación para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: "Mejora del proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft del área de Special Grinding en la empresa TE Connectivity, durante el segundo semestre 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 Derechos 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 estos no sean tantos y seguidos que puedan considerarse como una reproducción simulada y sustancial que redunde en perjuicio del autor de la obra original.

Asimismo, quedo advertido de que la Universidad Hispanoamericana se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, Costa Rica, a los 07 días del mes de marzo del año 2026.

Firma del estudiante



Nombre: Wendel Esteban Abarca Jiménez

Cédula: 1-1362-0701

# CARTA TUTOR

San José, 07 de marzo de 2026

**Departamento de Registro  
Escuela de Ingeniería Industria  
Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante WENDEL ESTEBAN ABARCA JIMÉNEZ, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **MEJORA DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS EN LAS MÁQUINAS CAMSOFT DEL ÁREA DE SPECIAL GRINDING EN LA EMPRESA TE CONNECTIVITY, DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2025**, la cual, ha elaborado para optar por el grado académico de **BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17%
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%	20%
	TOTAL		95%

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

Atentamente,



**MIGUEL  
EDUARDO  
RODRIGUEZ  
ACOSTA (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por MIGUEL EDUARDO  
RODRIGUEZ ACOSTA  
(FIRMA)  
Fecha: 2026.03.07  
12:37:29 -06'00'

**Ing. Miguel Rodríguez Acosta  
Cédula identidad N-1-0982-0603  
Carné Colegio Profesional N -II-31581 CFIA**

## CARTA APROBACION DEL LECTOR

San José, 08 de abril de 2026

***Estimados Señores***  
***Carrera Ingeniería Industrial***  
***Universidad Hispanoamericana***

Estimados señores:

La estudiante Wendel Esteban Abarca Jimenez, cédula de identidad 1-1362-0701, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: MEJORA DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS EN LAS MÁQUINAS CAMSOFT DEL ÁREA DE SPECIAL GRINDING EN LA EMPRESA TE CONNECTIVITY, DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2025, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

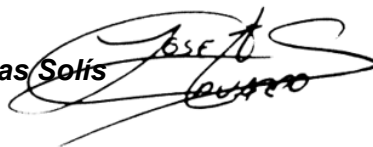
He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de 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.

Atentamente,

***Ing. Jose Eduardo Vargas Solís***

***Cédula: 1-1559-0116***



## CARTA APROBACION CENIT

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

San José, 09/Marzo/2026\_

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Wendel Esteban Abarca Jimenez con número de identificación 113620701 autor (a) del trabajo de graduación titulado MEJORA DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS EN LAS MÁQUINAS CAMSOFT DEL ÁREA DE SPECIAL GRINDING EN LA EMPRESA TE CONNECTIVITY, DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2025 presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,



113620701

Firma y Documento de Identidad

## **LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, por darme la oportunidad de llegar hasta este momento y por brindarme la fuerza necesaria para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

Expreso también mi sincero agradecimiento a la empresa TE Connectivity, por abrirme las puertas y permitirme desarrollar este proyecto dentro de su organización, brindándome la oportunidad de adquirir experiencia y aplicar los conocimientos aprendidos durante mi formación.

De igual manera, agradezco a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Industrial, quienes a lo largo de estos años compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi formación profesional.

También, agradezco de manera especial a mi tutor, el Ing. Miguel Rodríguez Acosta, por su apoyo, orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto. su guía fue fundamental para poder culminar con éxito esta investigación.

## EPÍGRAFE

*"La innovación distingue a un líder de un seguidor."*

Steve Jobs

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>2</b>
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1 Descripción general de la empresa</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa</b>	<b>10</b>
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1 Definición y medición del problema</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 Justificación del Proyecto</b>	<b>13</b>
<b>1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>	<b>14</b>
<b>1.4.1 Objetivo General</b>	<b>14</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
<b>1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1 Alcance</b>	<b>15</b>
<b>1.5.2 Limitaciones</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>16</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA</b>	<b>17</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>22</b>
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO</b>	<b>40</b>
<b>2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	<b>49</b>
<b>3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>50</b>
<b>3.4.1 Herramientas utilizadas</b>	<b>50</b>

<b>3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO</b>	53
<b>3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA</b>	55
<b>3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b>	58
<b>3.5 METODOLOGÍA PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO</b>	60
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ</b>	62
<b>4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	63
<b>4.1.1 Caminata Gemba</b>	63
<b>4.1.2 Entrevista Electrónica</b>	67
<b>4.1.3 Flujo del proceso de alimentación de piezas</b>	72
<b>4.1.4 Diagrama de SIPOC</b>	78
<b>4.2 MEDICIÓN DE VARIABLES CRITICAS DEL PROCESO</b>	80
<b>4.2.1 Clasificación de causas casusas</b>	80
<b>4.2.2 Análisis de Productividad</b>	84
<b>4.2.4 Análisis comparativo por turno</b>	87
<b>4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y CAUSAS RAÍZ</b>	88
<b>4.3.1 Diagrama causa y efecto o Diagrama de Ishikawa.</b>	88
<b>4.4 CLASIFICAR LAS CAUSAS SEGÚN IMPORTANCIA E IMPACTO EN EL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS EN LA MAQUINA CAMSOFT.</b>	96
<b>4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS 5 POR QUÉ.</b>	98
<b>4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS</b>	99
<b>CAPÍTULO V:</b>	101
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b>	101
<b>5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b>	102
<b>5.2 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS</b>	102

5.2.1 Propuesta 1: Automatización y control del proceso de alimentación de piezas máquina CAMSFOT _____	103
5.2.2 Propuesta 2: Rediseño Ergonómico puesto de trabajo alimentación de piezas en la maquina Camsfot _____	109
5.3 COSTO BENEFICO DE LAS PROPUESTAS _____	112
5.4 CONTROL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA _____	115
CAPÍTULO VI: _____	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	117
6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES _____	118
6.2 CONCLUSIONES _____	118
6.3 RECOMENDACIONES _____	119
CAPÍTULO VII: _____	120
BIBLIOGRAFÍA _____	120
Bibliografía _____	121
CAPÍTULO VIII: _____	122
ANEXOS _____	122

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 : Ubicación de la TE Connectivity Heredia.....	4
Ilustración 2: Personal de Planta TE Connectivity .....	5
Ilustración 3: Organigrama general del departamento .....	6
Ilustración 4: Organigrama del área de Special Grinding.....	7
Ilustración 5: Alambres Clasificados.....	10
Ilustración 6: Diagrama de flujo .....	26
Ilustración 7: Metodología 6M .....	29
Ilustración 8: Diagrama de Ishikawa.....	31
Ilustración 9: 5 Por qué?.....	32
Ilustración 10: Diagrama de Pareto .....	33

Ilustración 11: Lluvia de ideas .....	35
Ilustración 12: Diagrama de Gantt .....	37
Ilustración 13: Tablero de datos .....	38
Ilustración 14: Plantilla Caminata Gemba .....	51
Ilustración 15: Visualización de la Entrevista Electrónica.....	52
Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa.....	56
Ilustración 17: Diagrama de Pareto 80-20 .....	57
Ilustración 18: Herramienta de los 5 Porqué .....	57
Ilustración 19: Diagrama de Flujo del Proceso Actual .....	74
Ilustración 20: Flujo de Operaciones.....	75
Ilustración 21; Diagrama de Sipoc .....	78
Ilustración 22: Identificación 6 M.....	82
Ilustración 23: Productividad II Semestre 2025 .....	84
Ilustración 24: Análisis del Scrap, II Semestre 2025.....	86
Ilustración 25: Diagrama de Ishikawa Causa -Raíz .....	89
Ilustración 26: Puesto de Trabajo.....	90
Ilustración 27: Sobre Carga Cervical y Distorsión de Angulo de visión .....	91
Ilustración 28: Sobre Alcance sostenido y fatiga miembros superiores.....	92
Ilustración 29: Trampa geométrica continua de la operación .....	93
Ilustración 30: Resumen Sobre carga Ergonómica total .....	93
Ilustración 31: Diseño no ergonómico puesto de trabajo.....	95
Ilustración 32: Ineficiencia en el entorno Inmediato trabajo .....	95
Ilustración 33: Gráfica de Pareto 80-20 Impacto Causas .....	97
Ilustración 34: Automatización parcial y alimentación .....	104
Ilustración 35: Integración Maquina -Hombre .....	105
Ilustración 36: De operador a Controlador.....	106
Ilustración 37: Brazo Robótico UR3e .....	108
Ilustración 38: Diseño Ergonómico del puesto trabajo .....	109
Ilustración 39: Silla alta ergonomía 24/7 .....	110
Ilustración 40: Ergonomía Cognitiva y Visual.....	111
Ilustración 41: Diagrama de Gantt .....	116

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro Resume Perfil de Personal.....	8
Tabla 2: Tabla de criticidad .....	28
Tabla 3: Metodología para la definición del problema .....	53
Tabla 4: Matriz Criticidad de las Causas .....	54
Tabla 5: Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo del Proyecto.....	55
Tabla 6: Metodología para la Propuesta de Mejora identificación de Causas Raíz .....	58
Tabla 7: Metodología para la Implementación.....	59
Tabla 8: Metodología para el Control y Seguimiento .....	61
Tabla 9: Levantamiento de Caminata Gemba .....	65
Tabla 10: Matriz de Criticidad .....	83
Tabla 11: Resumen Mensual producción II Semestre 2025 .....	85
Tabla 12: Comparativo de Scrap por turno .....	87
Tabla 13: Gasto Económico del SCRAP .....	88
Tabla 14: Tabla de clasificación de Causas N.P.I .....	96
Tabla 15: Plantilla de los 5 porqués .....	98
Tabla 16: Resumen de propuestas por causa.....	103
Tabla 17: Resumen de Inversión o costo.....	113
Tabla 18: Resumen Costo -Beneficios .....	114

## **ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar

COLLETS: Componentes de Conectividad que permiten la conexión y fijación segura de cables y otros elementos

MRM: Movimientos Repetitivos Múltiples

SIPOC: Proveedores-Entradas-Proceso-Salidas-Clientes

## **RESUMEN EJECUTIVO Y ARTÍCULO PUBLICABLE**

Abarca, Wendel (2025). Mejora del proceso de alimentación de piezas en las máquinas camsoft del área de special grinding en la empresa TE Connectivity, durante el segundo semestre del año 2025. Para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Tutor: Ing. Miguel Rodríguez Acosta

El objetivo del presente proyecto es mejorar el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft del área de Special Grinding en la empresa TE Connectivity Costa Rica, mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de aumentar la eficiencia del proceso, reducir los tiempos improductivos y disminuir la carga operativa del personal.

Para lograrlo, se realizó un análisis del proceso actual de alimentación de piezas, el cual depende en gran medida de la intervención manual de los operarios, situación que ha generado a lo largo del tiempo una alta demanda de mano de obra, tiempos muertos durante la operación de las máquinas y una mayor probabilidad de errores en la colocación de las piezas. Además, el trabajo repetitivo ha venido provocando desgaste físico en los operarios afectando la continuidad del proceso productivo.

Durante el desarrollo del proyecto se aplicó la metodología DMAIC, utilizando herramientas de análisis de procesos como la caminata Gemba, diagramas de flujo, SIPOC, análisis de criticidad, diagrama de Ishikawa y la técnica de los cinco por qué, herramientas que permitieron comprender mejor el funcionamiento del proceso, recopilar datos relevantes y determinar las principales causas que afectan la productividad y generan reprocesos dentro del área.

Con base en el análisis realizado, se plantearon propuestas de mejora orientadas a la automatización del proceso de alimentación de piezas y al rediseño ergonómico del puesto de trabajo, con el objetivo de optimizar la operación de las máquinas, reducir la dependencia de la intervención manual y mejorar las condiciones laborales del personal. Además, se establecieron mecanismos de control y seguimiento para monitorear los indicadores clave del proceso y asegurar que las mejoras puedan mantenerse en el tiempo.

Por lo tanto, el proyecto evidencia que la aplicación de metodologías de mejora continua permite optimizar los procesos productivos, fortalecer la eficiencia operativa y generar beneficios tanto para la empresa como para el bienestar de los trabajadores.

**CAPÍTULO I:  
INTRODUCCIÓN**

Este primer capítulo tiene como propósito brindar una visión clara y completa del proyecto de investigación, para comprender el contexto en el que se desarrolla y la importancia de la propuesta, se describe las generalidades de este y de la empresa resaltando su papel como centro de manufactura e innovación dentro de una organización de alcance global.

Se presenta el planteamiento del problema, explicando su origen, sus efectos en que se ha medido para dimensionar su impacto, además, se incluye la justificación, donde se exponen las razones por las cuales este proyecto resulta relevante y los beneficios que puede aportar tanto a la empresa como a sus procesos internos por otra parte, se detalla el objetivo general y los específicos, así como, el alcance y las limitaciones, brindando la dirección y límites de la presente investigación.

Por esta razón, este capítulo busca introducir al lector en la temática del proyecto, ofreciendo la información necesaria para comprender su importancia y sentando las bases para el desarrollo de los apartados posteriores.

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El presente proyecto se lleva a cabo en la empresa TE Connectivity Costa Rica, una empresa muy reconocida por el diseño y la fabricación de conectores y sensores que se utilizan en diversas industrias, como la automotriz, la médica entre otras de alta tecnología.

La iniciativa del presente proyecto surge debido a una situación que se mantiene ya que, desde hace varios años, propiamente en el área de Special Grinding, donde las tres máquinas llamadas Camsoft requieren la presencia continua de un operario por estación para alimentar manualmente las piezas, lo que ha generado una alta carga operativa, aumento en los costos de mano de obra y poca relación con un incremento en la productividad.

Este proceso manual también conlleva tiempos muertos considerables debido a la falta de sistemas que garanticen un centrado rápido y preciso, afectando la eficiencia del equipo y los tiempos de ciclo. Además, durante los cambios de turno y pausas, se pierde continuidad productiva al no contar con mecanismos automatizados, lo que reduce el aprovechamiento de la capacidad instalada.

A esto se suma el desgaste físico del personal por movimientos repetitivos, incrementando lesiones, riesgo de errores en la fijación de piezas, reprocesos, defectos y posibles daños al equipo.

Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo mejorar el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft del área de Special Grinding, buscando optimizar la eficiencia operativa y la calidad de la producción, el mismo se desarrolló durante el segundo semestre del año 2025 y surge como respuesta a la necesidad de implementar soluciones que permitan agilizar el flujo de trabajo, reducir posibles tiempos improductivos y asegurar un mejor aprovechamiento de los recursos.

Con base en esta propuesta, se espera no solo perfeccionar el funcionamiento de las máquinas Camsoft, sino también la ergonomía, productividad y automatización y así, aportar valor al área de producción mediante la mejora continua, fortaleciendo así la competitividad y la capacidad de respuesta de TE Connectivity ante las exigencias del mercado.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO**

En este apartado se realiza la identificación de la organización, mediante la descripción de esta, así como, sus actividades y productos bajo el contexto de introducir a el lector un contexto claro sobre la empresa, facilitando así una comprensión integral de su propósito, su misión y el valor que aporta en su sector, para que se establezca una solidada base de entendimiento del entorno del proyecto.

### **1.2.1 Descripción general de la empresa**

TE Connectivity Costa Rica forma parte de TE Connectivity plc, empresa global con sede principal en Schaffhausen, Suiza con más de 80 años de experiencia dedicada al diseño y fabricación de soluciones de conectividad y detección de alta ingeniería, a lo largo de su trayectoria, la compañía ha trabajado de la mano con diferentes clientes para desarrollar tecnologías confiables y duraderas que permiten hacer posible un mundo más conectado y eficiente.

En Costa Rica, TE Connectivity se ha consolidado como un importante centro de manufactura e innovación, participando en la creación de componentes de alta precisión donde ofrece un entorno dinámico y retador, enfocado en la mejora continua, la calidad y la eficiencia, lo que la convierte en un espacio idóneo para implementar proyectos orientados a la optimización de procesos productivos, como el que se desarrolla en el área de Special Grinding.

*Ilustración 1: Ubicación de la TE Connectivity Heredia*



Fuente: Google Eart,2025

Tal como se muestra en la Ilustración 1, la empresa TE Connectivity Costa Rica se encuentra ubicada en Heredia la Zona Franca Metropolitana, específicamente en el Edificio 3-C, ubicación estratégica dentro uno de los parques industriales más modernos y funcionales del país, diseñado para albergar operaciones de manufactura avanzada y servicios compartidos bajo el régimen de zona franca.

### **Misión**

“Crear un mundo más seguro, sostenible, productivo y conectado. Ofrecer soluciones de conectividad y sensores que permitan el avance de diversas industrias. Ser un socio clave para ingenieros y empresas que buscan soluciones innovadoras.” (TE CONNECTIVITY, 2025)

## Visión

“Ser la empresa líder en soluciones de conectividad y sensores a nivel mundial. Anticipar y resolver los desafíos tecnológicos del futuro. Impulsar la innovación y el progreso en diversas industrias.” (TE CONNECTIVITY, 2025)

*Ilustración 2: Personal de Planta TE Connectivity*



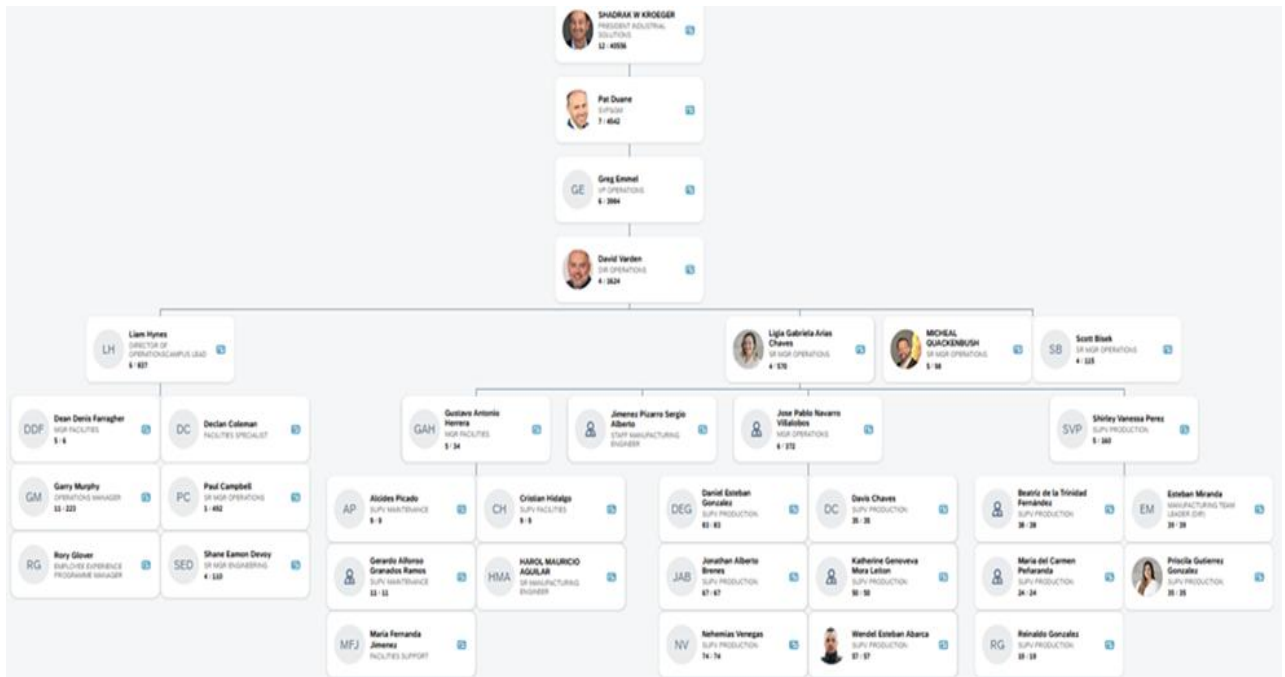
Fuente: TE Connectivity Manufactura Heredia

La Ilustración 2 muestra cómo la empresa dispone de personal operativo especializado, encargado de la producción de sus componentes innovadores, los cuales cumplen con altos estándares de calidad y tecnología.

La empresa está organizada con empleados de mucha experiencia en diferentes campos importantes de forma departamental lo cual, permite gestionar adecuadamente la producción de la empresa.

A continuación, se presenta la organización del departamento de Special Grinding y todas sus líneas jerárquicas.

Ilustración 3: Organigrama general del departamento

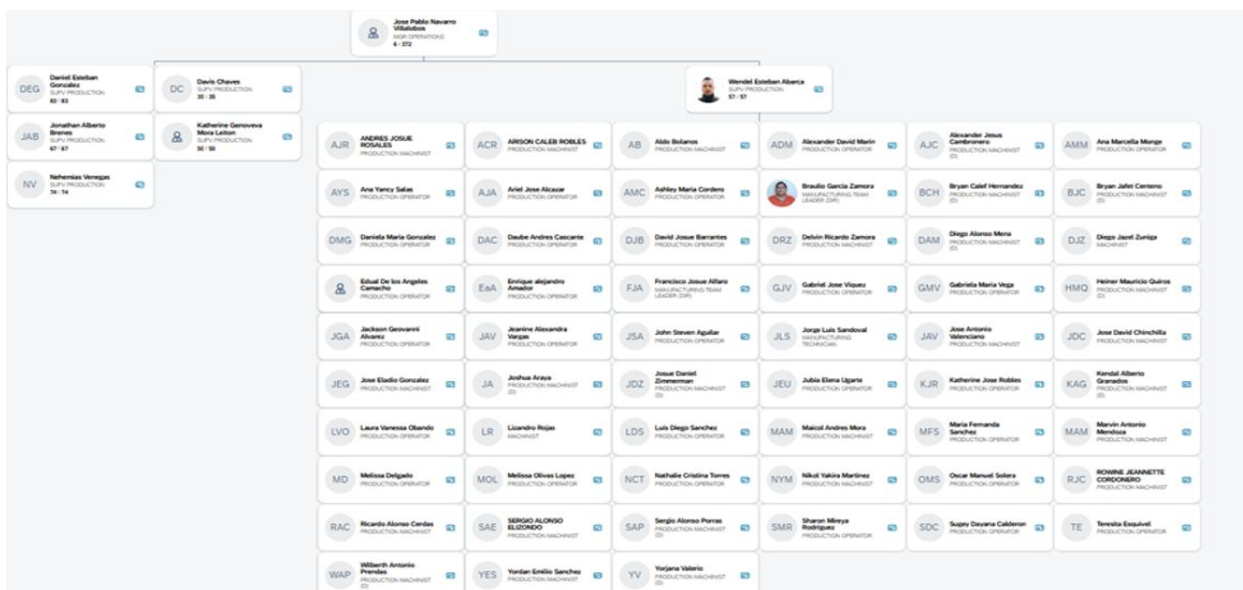


Fuente: TE Connectivity,2025

Como se muestra en la Ilustración 3, la estructura organizativa del área es amplia y está bien definida, la misma cuenta con un presidente de Soluciones Industriales, tres vicepresidentes de Operaciones, un Director de Operaciones Administrativo y un Director de Operaciones de Campo.

Además, cuenta con varios Gerentes Senior de Operaciones, quienes lideran equipos conformados por ingenieros y supervisores de producción, encargados de coordinar y supervisar las actividades diarias para asegurar el cumplimiento de los objetivos operativos.

Ilustración 4: Organigrama del área de Special Grinding



Fuente: TE Connectivity, Planta en Heredia, 2025

Como muestra la ilustración 4 se evidencia claramente la cantidad de supervisores que se encuentran destacados, así como el personal operativo a cargo de un supervisor, en este ejemplo solo se muestra el personal a mi cargo el cual supera los 50 empleados, evidenciando la robustez operativa con la que cuenta el área de producción.

Importante mencionar, que la mayoría del personal técnico y operativo posee formación especializada en áreas como electrónica, mecánica de precisión, manufactura médica e ingeniería industrial, además, un número significativo de operarios quienes reciben capacitación interna continua en protocolos de calidad, norma ISO 13485, así como en buenas prácticas de manufactura, garantizando así el cumplimiento de los más altos estándares en los procesos productivos.

En cuanto a la operación, la planta funciona bajo un esquema de tres turnos (A-B-C) rotativos para cubrir operaciones 24/7:

- Turno A: lunes a viernes de 6:00 a.m. a 3:30 p.m.
- Turno B: lunes a viernes de 3:30 p.m. a 10:00 p.m.
- Turno C: lunes a viernes de 10:00 p.m. a 6:00 a.m.
- Turno Fin de Semana: viernes a Domingo (turno extendido)

## Perfil del Personal

Cada persona en el área de Special Grinding, tiene un rol importante que contribuye a que el proceso de producción funcione de manera eficiente y con la calidad que se espera. A continuación, se explica brevemente cuáles son las responsabilidades principales de los puestos clave dentro del equipo.

- **El operador (a) de Grinding:** Se encarga de alimentar y estar pendiente de las máquinas, además de revisar que las piezas no tengan defectos.
- **Inspectores de calidad:** Revisan las piezas tanto en sus dimensiones como visualmente, y documentan cualquier detalle que pueda afectar el producto.
- **Técnico (a) de producción:** Se dedica a ajustar las máquinas y apoyar a los operadores cuando necesitan ayuda para que todo funcione bien.
- **El supervisor (a):** Es quien organiza los turnos y se asegura de que se cumplan las metas y los estándares de calidad.
- **El ingeniero (a) de manufactura:** Trabaja en mejorar continuamente los procesos y valida que todo se haga correctamente para optimizar resultados.
- **El auditor (a) de calidad:** Verifica que se cumplan todas las normas y que el producto final esté listo para avanzar a la siguiente etapa, cada uno de estos roles es fundamental para que el proceso sea ordenado, efectivo y cumpla con las expectativas de la empresa y sus clientes.

Tabla 1: Cuadro Resume Perfil de Personal

Puesto	Function Principal
Operador(a) de Grinding	Alimenta y monitorea máquinas, revisa defectos.
Inspector(a) de Calidad	Revisión dimensional y visual, documentación de defectos.
Técnico de Producción	Ajuste de máquinas, soporte técnico al operador.
Supervisor(a) de Producción	Coordinación de turnos, cumplimiento de metas y calidad.
Ingeniero(a) de Manufactura	Mejora continua, validación de procesos.
Auditor(a) de Calidad	Verifica cumplimiento normativo y liberación de producto.

Fuente. Elaboración Propia

## **Capacidades de Componentes y Procesos**

TE Connectivity Costa Rica se destaca por ofrecer soluciones de manufactura de alta precisión, enfocadas principalmente en la producción de componentes y dispositivos médicos avanzados, la planta cuenta con una amplia gama de capacidades técnicas que le permiten fabricar piezas especializadas y llevar a cabo procesos complejos con altos estándares de calidad y cumplimiento normativa

### Componentes:

- Rectificado de alambres (Grinding)
- Extrusión de tubos
- Fabricación de cables finos y bobinas

### Procesos de Manufactura:

- Brazing, soldadura láser y soldadura blanda
- Limpieza química y corte por ECG
- Mecanizado EDM
- Extrusión (termoplástica), moldeo e inyección
- Rectificado (Grinding), conformado, enderezado y aplanado de alambres
- Revestimientos: hidrofílico, Parylene, silicona
- Tratamientos térmicos en NiTi

### Servicios Ofrecidos

- Ensamble completo de dispositivos médicos (Guidewire y catéter)
- Tratamientos térmicos (especialmente en aleaciones NiTi)
- Acabados de superficie: marcaje láser, pulido, recubrimiento de silicona
- Empaque y manufactura a gran escala

Ilustración 5: Alambres Clasificados



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Ilustración 5, algunos de los alambres fabricados en TE Connectivity se organizan en bandejas según su longitud. Cada bandeja cuenta con etiquetas y números de lote, además que permite un control visual detallado asegurando la correcta identificación y trazabilidad de estos.

### 1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

TE Connectivity es una empresa con una larga trayectoria que se remonta a 1941, cuando comenzó como Aircraft Marine Products (AMP) en Pensilvania, Estados Unidos. Desde sus inicios, se especializó en crear soluciones de conectividad para las industrias aeronáutica y marina, desarrollando conectores eléctricos innovadores que mejoraron la confiabilidad y eficiencia en las conexiones eléctricas.

Con el paso de los años, la empresa fue creciendo y evolucionando. En 1999, fue adquirida por Tyco International, lo que le permitió ampliar su alcance y fortalecer su capacidad tecnológica. En 2007, Tyco International se dividió en tres compañías independientes, dando origen a Tyco Electronics, que en 2011 adoptó el nombre de TE Connectivity, reflejando así su compromiso con la conectividad avanzada.

A lo largo de su historia, TE Connectivity ha realizado importantes adquisiciones para enriquecer su portafolio y ofrecer soluciones cada vez más completas. Entre ellas destacan la compra de Deutsch Group en 2012, especializada en conectores para entornos exigentes, y

First Sensor AG en 2019, empresa alemana experta en sensores para la industria automotriz e industrial.

Hoy en día, TE Connectivity es una compañía global que opera en alrededor de 140 países, con cerca de 89,000 colaboradores, incluyendo más de 8,000 ingenieros, sus productos y soluciones abarcan sectores tan variados como el automotriz, aeroespacial, médico, defensa y energético, apoyando desde vehículos eléctricos hasta dispositivos médicos y redes de comunicación.

En Costa Rica, TE Connectivity se ha consolidado como un centro clave de manufactura e innovación, produciendo componentes de alta precisión para distintas industrias. Este espacio se caracteriza por ser dinámico y desafiante, con un fuerte enfoque en la mejora continua, la calidad y la eficiencia, lo que la convierte en un lugar ideal para desarrollar proyectos que buscan optimizar procesos productivos y fomentar la innovación tecnológica.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El área de Special Grinding enfrenta un problema relacionado con la baja productividad y la alta dependencia de mano de obra en las máquinas Camsoft, ya que cada equipo requiere un operario dedicado exclusivamente a la colocación manual de piezas, esta situación preocupa al personal de producción y supervisión, ya que, eleva los costos operativos, tiempos improductivos y genera mayor probabilidad de errores humanos.

Los principales afectados con esta situación es la empresa, debido al impacto en los costos y la eficiencia, así como, los operarios, por el esfuerzo físico constante y la presión de mantener el proceso manual de forma continua. Sin embargo, este escenario representa también una oportunidad de mejora, ya que puede solucionarse mediante la incorporación de tecnologías para automatizar la alimentación de piezas, reduciendo así la carga operativa y aumentando la eficiencia del proceso.

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

El área de Special Grinding de TE Connectivity, enfrenta una situación que limita la productividad y aumenta la carga operativa ya que las máquinas dependen completamente de la intervención manual, demandando un operario dedicado únicamente a la colocación de

piezas. Este método de trabajo genera altos costos operativos, pérdida de tiempo productivo y mayor riesgo de errores humanos.

El impacto se refleja tanto en la empresa, que ve reducida su eficiencia y aumenta sus costos, como en los operarios, quienes deben realizar movimientos repetitivos durante toda la jornada, lo que implica desgaste físico y presión por mantener el proceso en marcha. No obstante, esta situación representa una oportunidad de mejora para automatizar la alimentación de piezas, optimizando la operación y reduciendo la carga física del personal.

Para evaluar la magnitud del problema y medir los beneficios de la solución, se identificaron tres indicadores clave:

- **Costo de mano de obra por turno:** Actualmente se requieren 3 operarios por turno diurno de 8 horas, con un costo promedio de ¢15 600 por persona, sumando ¢46 800 por turno. Con la automatización, se busca reducir el personal a 2 operarios, generando un ahorro aproximado del 33 % en mano de obra directa por turno.

Turno	Personal Requerido	Salario Promedio Operario (¢)	Costo Total de turno (¢)
<b>8 horas</b>	<b>3</b>	<b>¢15.600.00</b>	<b>¢ 46.800.00</b>

- **Tiempo improductivo:** Se estima que entre un 10 % y 15 % de cada turno se pierde en el ajuste y colocación manual de piezas debido a la falta de collets que permitan un centrado rápido y preciso. Este indicador será medido mediante observación directa y cronometraje para establecer una línea base confiable.
- **Tasa de reproceso:** En semanas recientes, entre 1 000 y 1 300 piezas han sido reprocesadas por errores en la alineación o fijación de las piezas, asociados principalmente a la intervención manual. Como parte del proyecto, se implementará un registro formal de estas incidencias para establecer la línea base y evaluar la reducción tras la mejora.

<b>Semana</b>	<b>Cant. piezas reprocesadas</b>	<b>Principal Causa</b>
1	1000	Alineación Incorrecta
2	1200	Fijación deficiente
3	1300	Erro manual al montar la pieza

### **1.3.2 Justificación del Proyecto**

Desde hace más de una década, el área de Special Grinding ha mantenido un proceso altamente dependiente de la intervención manual en las máquinas Camsoft, cada una de estas, requiere la presencia constante de un operario para alimentar las piezas, lo que implica una carga operativa considerable, mayores costos de mano de obra y una productividad que no crece de forma proporcional al esfuerzo invertido.

Este método de trabajo no solo genera tiempos muertos por la ausencia de sistemas que faciliten un centrado rápido y preciso, sino que también provoca pérdidas de continuidad durante los cambios de turno y las pausas, reduciendo el aprovechamiento de la capacidad instalada. A ello se suma el desgaste físico del personal, que debe realizar movimientos repetitivos durante toda la jornada, aumentando el riesgo de errores, reprocesos, lesiones por movimiento repetitivos múltiples, así como, posibles daños al equipo.

Por otra parte, las recientes auditorías internas han evidenciado estas variables, señalando la necesidad de modernizar el proceso mediante soluciones que mejoren la ergonomía, la productividad y la automatización, continuar con esta metodología podría generar un riesgo para la competitividad y prestigio de la empresa, ya que procesos obsoletos pueden afectar la calidad del producto y la eficiencia operativa en un mercado cada vez más exigente.

Por esta razón, resulta necesario y estratégico el presente proyecto, ya que busca implementar mejoras tecnológicas que optimicen el flujo de trabajo, minimizar los costos operativos, e incrementar la eficiencia, así como, mejorar las condiciones laborales del personal, esta iniciativa no solo impactará positivamente en los resultados productivos, sino que también fortalecerá la capacidad de respuesta y la posición competitiva de la empresa frente a los retos actuales y futuros del sector.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

En esta sección se presentan los objetivos que servirán como base y guía para la presente investigación. Se incluye el objetivo general, que define la meta principal a alcanzar, y los objetivos específicos, que detallan las acciones necesarias para lograrlo. Los mismos orientan el desarrollo del proyecto y permiten enfocar los esfuerzos hacia el cumplimiento de la meta propuesta.

### **1.4.1 Objetivo General**

- Mejorar en el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft de TE Connectivity Costa Rica mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el propósito de mayor eficiencia, reducción de tiempos improductivos y disminución de la carga operativa del personal durante el segundo semestre del año 2025.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Definir el problema asociado a la alimentación manual de piezas en las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding.
- Medir las variables críticas del proceso, con la recopilación de datos operativos en el área de Special Grinding.
- Analizar la información recopilada para la identificación de las causas raíz que generan baja productividad y reprocesos en las máquinas Camsoft.
- Proponer soluciones enfocadas en la implementación de mejoras tecnológicas en el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding.
- Establecer mecanismos de control a los indicadores clave del proceso, asegurando la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

## **1. 5 ALCANCE Y LIMITACIONES**

En esta sección se establecen los alcances y limitaciones del proyecto, definiendo con claridad hasta dónde llegará la intervención y cuáles serán los factores externos o internos que podrían afectar su desarrollo, mismos que permiten delimitar el campo de acción, estableciendo los recursos, tiempos y áreas involucradas, así como, posibles restricciones o dificultades que pueden influir en los resultados esperados.

### **1.5.1 Alcance**

El presente proyecto se enfoca en mejorar el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft, dentro del área de Special Grinding en TE Connectivity Costa Rica, durante el segundo semestre de 2025. En este periodo de tiempo, se realizan actividades de recopilación y análisis de datos operativos, la identificación de las causas principales que afectan el proceso, la propuesta e implementación de soluciones tecnológicas y la creación de un plan de monitoreo que garantice que las mejoras se mantengan en el tiempo.

Este proyecto se concentra exclusivamente en este proceso y área específica, sin abarcar otras etapas de la producción ni otras zonas dentro de la planta. Además, se trabaja de cerca con el personal operativo y de supervisión que está directamente involucrado con las máquinas Camsoft, buscando generar un impacto real y positivo en su labor diaria.

### **1.5.2 Limitaciones**

Entre las principales limitaciones internas del proyecto se encuentran la disponibilidad de recursos tecnológicos, así como el presupuesto asignado para la adquisición e implementación de sistemas automatizados, asimismo, la disposición y adaptación del equipo humano a los nuevos procesos es fundamental, ya que su aceptación influirá directamente en la rapidez y efectividad de los cambios.

Por otro lado, el proyecto también podrá verse afectado por limitaciones externas relacionadas con el entorno industrial en el que opera, tales como variaciones en la demanda o mantenimientos no planificados, que podrían modificar los tiempos previstos para la ejecución y evaluación de las mejoras.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se explican los conceptos y teorías que nos ayudarán a entender mejor el proyecto. Aquí veremos ideas importantes relacionadas con la ingeniería industrial, especialmente sobre la gestión de proyectos, el impacto que puede tener esta iniciativa y algunos ejemplos de proyectos similares que ya se han realizado.

También revisaremos información y casos prácticos que nos ayudarán a comprender mejor el contexto en el que se desarrolla el proyecto, con un enfoque especial en el área de Special Grinding y las máquinas Camsoft.

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

Esta sección presenta los conceptos clave relacionados a la carrera que fundamentan el proyecto, destacando su enfoque en la mejora de procesos, la optimización de sistemas productivos y la integración de conocimientos técnicos e ingenieriles. Se establece así una base teórica que orienta la aplicación práctica de la disciplina en contextos reales, vinculando la teoría con la solución de problemas industriales.

### **Ingeniería**

La ingeniería es una disciplina que combina ciencia, tecnología y creatividad para transformar conocimientos en soluciones prácticas que impactan positivamente a la sociedad. Su finalidad no solo se limita al diseño de estructuras o sistemas, sino también a la búsqueda de mejoras continuas en la vida humana mediante la aplicación de principios científicos y técnicos.

Según Arciénaga et al., (2024), esta disciplina ha sido un pilar esencial en el progreso de la humanidad, al constituir el vínculo entre la teoría científica y la práctica aplicada en la resolución de problemas reales, esta disciplina no solo ha permitido transformar el conocimiento en soluciones tangibles, sino que también ha contribuido significativamente al desarrollo económico, social y tecnológico de las sociedades modernas, impulsando la innovación y la sostenibilidad en los sistemas productivos y organizacionales (pp. 13-15).

De esta idea se desprende que la ingeniería se entiende como motor del cambio social y económico, la enseñanza más significativa es que su rol no se limita al campo técnico, sino que involucra responsabilidad social y ambiental en cada innovación.

### **Ingeniería Industrial**

La ingeniería industrial se centra en la integración eficiente de personas, procesos, materiales y tecnología con el fin de diseñar y gestionar sistemas que generen valor, su origen se remonta a la Revolución Industrial (1870-1914), cuando surgió la necesidad de desarrollar métodos sistemáticos para optimizar el trabajo, incrementar la producción y garantizar el uso racional de los recursos.

De acuerdo con Arciénaga et al., (2024), la ingeniería industrial ha experimentado una notable evolución desde los principios de la administración científica de Frederick W. Taylor hasta los actuales paradigmas de la Industria 4.0, este proceso de transformación ha permitido que la disciplina se consolide como una profesión integral orientada a la mejora continua, la optimización de los recursos y la integración tecnológica en los sistemas productivos y de servicios. Asimismo, su enfoque estratégico y sostenible la posiciona como un eje clave para impulsar la competitividad empresarial, la eficiencia operativa y el desarrollo sustentable en entornos industriales dinámicos y globalizados (pp. 25-27, 67-69).

Lo anterior evidencia que la ingeniería industrial no se limita al incremento de la productividad, sino que promueve una visión integral orientada a la innovación, la calidad y el bienestar humano dentro de los entornos laborales, su aporte no solo reside en optimizar procesos, sino también en generar condiciones que favorezcan el desarrollo organizacional, la sostenibilidad y la mejora continua.

## **Optimización de sistemas productivos**

La optimización consiste en aprovechar de forma eficiente los recursos disponibles con el propósito de reducir desperdicios, maximizar el rendimiento y aumentar la competitividad, representa un proceso continuo que integra metodologías de análisis, mejora y control para lograr un desempeño sostenible dentro de los sistemas organizacionales.

El enfoque Kaizen se basa en una visión filosófica de mejora continua que impulsa la participación de las personas dentro de la organización, tal como señalan Parenti et al., (2019), “Kaizen significa mejora del día a día. La intención contenida en esta simple frase es pensar y actuar como agentes motivadores de cambio constante” (p. 7).

La enseñanza central es que la optimización no constituye un evento aislado, sino un proceso permanente y sistemático que debe incorporarse en la cultura organizacional, este enfoque impulsa la innovación constante, estimula la participación de los trabajadores y fortalece el aprendizaje colectivo, convirtiéndose en un motor estratégico para la mejora sostenida y el desarrollo competitivo de la empresa.

## **Sistemas de producción**

Los sistemas de producción constituyen una estructura organizada de procesos, personas y recursos orientada a transformar insumos en bienes o servicios, los mismos pueden clasificarse en manuales, semiautomatizados y automatizados, cada uno con características particulares en términos de flexibilidad, costos y niveles de eficiencia.

Según Gómez y Brito (2020), “un sistema es un todo compuesto por muchas partes, en el cual cada una contribuye al propósito general, pero ninguna por sí sola puede lograrlo; solo a través de sus interacciones e interdependencias se alcanza el objetivo común” (p. 10).

Lo anterior evidencia que la selección del sistema productivo debe alinearse con las necesidades, capacidades y objetivos estratégicos de cada organización, sin embargo, su evaluación y diseño requieren abordarse desde una perspectiva integral de sostenibilidad y competitividad, de manera que se garantice la eficiencia operativa, el respeto por el entorno y la generación de valor a largo plazo.

## **Gestión de procesos productivos**

La gestión de procesos productivos consiste en coordinar y controlar las actividades asociadas a la producción con el fin de garantizar eficiencia, eficacia y productividad, en el marco, conceptos como la capacidad productiva y el tiempo de ciclo funcionan como indicadores clave que permiten evaluar el desempeño real del sistema en relación con sus objetivos.

De acuerdo con (Carreño, 2017), la logística y la gestión de operaciones no se orientan únicamente a la reducción de costos, sino a asegurar la eficiencia en el flujo de materiales y productos, garantizando su disponibilidad oportuna y el cumplimiento del nivel de servicio esperado por los clientes. Estos elementos resultan esenciales para fortalecer la competitividad organizacional (pp. 31-33).

En consecuencia, una gestión eficaz de los procesos productivos constituye un pilar fundamental para convertir la estrategia organizacional en resultados tangibles, al lograr el equilibrio entre eficiencia operativa, calidad del servicio y satisfacción del cliente, fortaleciendo tanto la competitividad como la sostenibilidad de la empresa.

### **Automatización industrial**

La automatización industrial consiste en la aplicación de tecnologías como sensores, actuadores, sistemas de control y robots para sustituir o complementar tareas humanas dentro de los procesos productivos, su implementación puede darse en distintos niveles, desde mecanismos de control básico hasta sistemas inteligentes completamente integrados.

De acuerdo con (Carreño, 2017), la automatización se ha convertido en un factor decisivo dentro de la logística y la gestión de la producción, al posibilitar una mayor rapidez en las operaciones, reducción de errores humanos y un control más preciso de la trazabilidad de los procesos, estas ventajas tecnológicas no solo incrementan la eficiencia operativa, sino que también fortalecen la competitividad empresarial en un entorno globalizado (pp. 142-145).

Lo anterior evidencia que la automatización no solo representa la incorporación de tecnología, sino también un cambio cultural dentro de las organizaciones que exige adaptación, inversión y formación constante del talento humano, su adecuada implementación impulsa la innovación, mejora el desempeño global de la empresa y favorece la sostenibilidad de los procesos productivos en el largo plazo.

## **Control de calidad**

El control de calidad reúne todas las prácticas y normas que permiten asegurar que los productos realmente cumplen con lo que se espera de ellos, no se trata solo de revisar el resultado final, sino de aplicar técnicas de aseguramiento, inspección y mejora continua para garantizar que cada etapa del proceso aporte a un producto confiable y consistente.

Navas et al., (2023) mencionan que la gestión de calidad total se ha convertido en una herramienta clave para generar valor dentro de las organizaciones, ya que integra estándares como ISO 9001 con metodologías de mejora continua con el propósito de alcanzar la excelencia y satisfacer las necesidades de los clientes.

De lo anterior lo más importante es entender que la calidad no debe verse como un costo, sino más bien como una inversión, apostar por la calidad fortalece la competitividad de la empresa, mejora su posicionamiento en el mercado y construye confianza tanto en los clientes como en las demás partes interesadas.

## **Ergonomía en el puesto de trabajo**

La ergonomía se enfoca en diseñar espacios, herramientas y procesos que se adapten a las características físicas y cognitivas de las personas que trabajan en ellos, su propósito es lograr que el trabajo sea más seguro, cómodo y eficiente. Cuando se aplica correctamente, la ergonomía reduce riesgos de lesiones, disminuye la fatiga, aumenta la motivación y promueve un ambiente laboral más saludable, lo que se traduce en una mejora directa en el desempeño y la productividad.

Según Arciénaga et al., (2024), señalan que la ergonomía es un pilar fundamental dentro de la ingeniería industrial moderna, ya que integra el desempeño humano como un elemento central en la optimización de los sistemas productivos, es decir, no solo se trata de mejorar una máquina o una línea de producción, sino de garantizar que las personas puedan trabajar de forma segura y sostenible, reforzando la seguridad y el compromiso organizacional.

La reflexión es clara, una industria solo puede ser realmente sostenible si reconoce que su productividad depende directamente de la salud, la motivación y el bienestar de las personas que forman parte de sus procesos, cuando una organización invierte en ergonomía, no solo

cuida a su personal, sino que también fortalece su competitividad y construye entornos laborales donde las personas pueden desarrollarse plenamente.

### **Innovación tecnológica**

La innovación tecnológica consiste en incorporar nuevos conocimientos, técnicas y herramientas para transformar procesos y modelos de negocio, su función principal es mejorar la eficiencia y la calidad de los productos o servicios, fortaleciendo la competitividad y la capacidad de adaptación de las organizaciones en un entorno cambiante.

De acuerdo con Arciénaga et al., (2024), la Industria 4.0 y la inteligencia artificial representan el mayor desafío y oportunidad para los ingenieros industriales, pues impulsan la digitalización y la mejora de procesos en entornos globalizados.

Desde el punto de vista de los autores se quiere transmitir que la Industria 4.0 y la inteligencia artificial están cambiando por completo la manera en que funciona la industria, para nosotros como futuros ingenieros industriales, esto puede generar incertidumbre porque implica aprender nuevas tecnologías y adaptarnos a un ritmo de cambio muy acelerado. Sin embargo, también es una gran oportunidad, estas herramientas nos permiten digitalizar procesos, mejorar la toma de decisiones y lograr resultados que antes parecían imposibles.

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

La gestión de proyectos es esencial en la ingeniería industrial porque integra recursos y metodologías para planificar, ejecutar, monitorear y controlar iniciativas orientadas a la mejora de procesos, este apartado revisa los fundamentos teóricos de enfoques reconocidos como el ciclo de vida del proyecto y Lean Six Sigma, junto con conceptos de planificación estratégica, gestión de riesgos y aseguramiento de la calidad. Por lo tanto, estos elementos proporcionan una visión integral que asegura eficiencia, resultados sostenibles y generación de valor en los proyectos de mejora.

## **GESTIÓN DE PROYECTOS**

La gestión de proyectos consiste en la aplicación de conocimientos, habilidades y herramientas para planificar, ejecutar y controlar iniciativas con objetivos definidos, en un tiempo limitado y bajo restricciones de recursos, este proceso se organiza en cinco fases: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre. Cada etapa es clave para asegurar que los resultados se alineen con los objetivos estratégicos de la organización.

Según Navas et al., (2023), la gestión de proyectos permite estructurar las actividades de mejora de forma ordenada, alineando los recursos técnicos y humanos para asegurar resultados efectivos y sostenibles, estas fases facilitan la toma de decisiones informadas y la adaptación ante riesgos o cambios durante la ejecución.

Al analizar este concepto desde la perspectiva de la ingeniería industrial, se vuelve evidente lo valiosa que es una gestión estructurada y metódica, cada fase del proyecto cumple un papel esencial: desde definir bien el problema hasta evaluar los resultados finales. Cuando todas estas etapas se aplican correctamente, no solo aumenta la probabilidad de éxito del proyecto, sino que también se impulsa la mejora continua en los procesos organizacionales, lo cual es fundamental para la competitividad de cualquier empresa.

## **METODOLOGÍA DMAIC**

DMAIC es una metodología estructurada utilizada en la mejora de procesos dentro del enfoque Lean Seis Sigma. Se compone de cinco etapas: Definir (establecer el problema y los objetivos), Medir (recopilar datos y establecer la línea base), Analizar (identificar causas raíz), Mejorar (desarrollar soluciones) y Controlar (verificar sostenibilidad de los resultados).

Según Martínez y Morales., (2022), DMAIC proporciona un marco disciplinado para abordar problemas complejos y estructurar soluciones desde el análisis estadístico hasta la validación de mejoras. Cada fase emplea herramientas específicas como diagramas causa-efecto, gráficos de control y matrices de priorización.

Utilizar la metodología D.M.A.I.C. nos demuestra que los problemas no deben resolverse por intuición o ensayo y error, sino mediante un análisis riguroso y fundamentado en datos,

gracias a este enfoque, es posible desarrollar soluciones sostenibles, que puedan aplicarse nuevamente en diferentes procesos y contextos tanto productivos como de servicios.

## **FASE DEFINIR**

Esta etapa consiste en establecer con claridad el problema a resolver, los objetivos del proyecto, los requerimientos del cliente y el alcance de la intervención, aquí se elaboran documentos como la bitácora de observación, diagramas de flujo y el SIPOC (Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente), se selecciona el equipo de trabajo. El enfoque está en precisar “qué” se quiere mejorar y “por qué” es importante.

Martínez y Morales., (2022) destacan que la fase de definición permite al equipo construir una comprensión común del problema, alineando las expectativas del cliente y de la organización, lo cual facilita el enfoque de los esfuerzos durante el resto del ciclo DMAIC.

Esto demuestra que ningún proyecto de mejora puede avanzar con éxito si no se inicia con una visión clara y compartida, definir correctamente el problema garantiza que todos los integrantes del equipo trabajen con los mismos objetivos en mente y que los recursos tanto humanos como técnicos, se dirijan hacia una meta realista y alcanzable, la cual actúa como la base estratégica que orienta las decisiones y evita desviaciones durante el desarrollo del proyecto.

Algunas de las herramientas utilizadas en esta etapa son:

### **Bitácora de observación**

La bitácora de observación o recorrido Gemba es un instrumento utilizado dentro de la filosofía Lean para registrar, de manera estructurada, todo lo que se observa directamente en el lugar donde ocurre el trabajo. Gemba, en japonés, significa “el lugar real”, es decir, el sitio donde se genera valor: la planta, el almacén, la oficina, el área de producción, etc.

Es un registro detallado donde el profesional anota lo que ocurre durante el recorrido Gemba, actividades reales, tiempos, movimientos, problemas, interrupciones, desperdicios, comportamientos, comunicación entre personas, uso de recursos y cualquier situación relevante del proceso.

A continuación, se describe que nos permite esta herramienta:

- Observar la realidad tal como es, no como se cree que es.
- Detectar mudas (desperdicios), cuellos de botella, riesgos y fallas.
- Comprender cómo fluye el trabajo y cómo interactúan las personas.
- Generar evidencia que soporte decisiones de mejora.
- Alinear al equipo con una visión objetiva del proceso.

### **Diagrama de flujo**

Un diagrama de flujo es como un mapa que te muestra el camino que sigue un proceso, el cual permite explicar de forma sencilla a cualquier actor de la empresa el paso a paso, pero en vez de escribirlo con un montón de texto, se dibuja con figuras simples y flechas que indican qué sigue después.

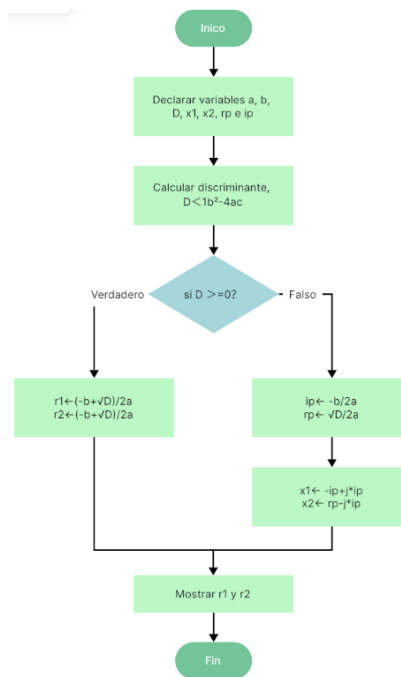
Es una herramienta muy usada en ingeniería industrial porque permite ver el proceso de forma clara, casi como si lo tuviéramos enfrente y eso nos ayuda a descubrir dónde se pierde tiempo, dónde se repite trabajo o dónde se puede mejorar.

### **Símbolos más comunes:**

- Óvalo: inicio o fin del proceso.
- Rectángulo: actividad o tarea.
- Rombo: decisión (sí/no).
- Flechas: dirección del flujo.
- Paralelogramo: entrada o salida de datos/información.

A continuación, se muestra un ejemplo de este:

Ilustración 6: Diagrama de flujo



Fuente: Boardmix, 2025

Como se muestra en la ilustración 6, este diagrama sirve como una herramienta visual que permite comprender un proceso desde su inicio hasta su fin, mostrando con claridad cada una de las actividades involucradas, facilitando la identificación de ineficiencias o desperdicios, lo que lo convierte en un apoyo fundamental para la mejora continua. Además, contribuye a la estandarización de procedimientos y es un recurso útil para capacitar al personal, ya que presenta la información de forma simple y ordenada. Por lo tanto, su elaboración permite documentar los procesos de manera formal, requisito esencial en auditorías o metodologías de mejora como Lean, ISO 9001 o Kaizen.

### Diagrama SIPOC

Un diagrama SIPOC es una herramienta que permite obtener una visión general y estructurada de un proceso, mostrando sus proveedores, las entradas que reciben, las actividades principales, las salidas que genera y los clientes que las reciben. Su propósito es clarificar cómo fluye el proceso desde el origen hasta el resultado final, facilitando la

identificación de oportunidades de mejora, la alineación del equipo y la correcta delimitación del alcance del proyecto.

Ilustración 7: Diagrama SIPOC



Fuente, Question Pro, 2025

Como se observa en la herramienta SIPOC, esta permite analizar el proceso desde una perspectiva macro, brindando a los profesionales una visión amplia de todos los actores o partes involucradas, gracias a esta capacidad para mostrar de manera integral proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, el SIPOC se convierte en una de las herramientas más utilizadas para el análisis de procesos y la toma de decisiones a un nivel estratégico.

## FASE MEDIR

En esta fase se recolectan datos relevantes del proceso actual con el fin de establecer una línea base que sirva para comparar las mejoras. Se definen los indicadores clave, se diseñan métodos de medición confiables y se analizan los datos iniciales para validar el problema.

Martínez y Morales., (2022) explican que esta etapa es crítica para entender el estado actual del proceso. A través del análisis estadístico básico se detectan niveles de variabilidad, errores frecuentes y cuellos de botella que afectan el desempeño.

La fase de medición refuerza el pensamiento basado en evidencias, recordando que no se puede mejorar lo que no se mide, y que la objetividad es clave para un diagnóstico confiable.

Estas son algunas de herramientas utilizadas:

## Tabla de criticidad

Según (Martínez & Morales, 2022), la tabla de criticidad es una herramienta utilizada en ingeniería industrial, mantenimiento, gestión de riesgos y mejora de procesos para evaluar y clasificar el nivel de importancia o severidad de los elementos que componen un proceso, equipo o sistema. Su objetivo es identificar cuáles actividades, máquinas, fallas o riesgos requieren mayor atención, recursos o acciones correctivas.

Tabla 2: Tabla de criticidad

N.º	Riesgo / Problema Identificado	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Detectabilidad (1-5)	Criticidad (P × I × D)	Nivel
1	Colocación incorrecta de la pieza en el cargador	4	5	4	80	Alta
2	Paro de máquina por obstrucción en la rampa de alimentación	3	4	4	48	Alta
3	Daño superficial de la pieza por manipulación inadecuada	3	3	3	27	Media
4	Contaminación por partículas provenientes del entorno	2	4	3	24	Media
5	Pérdida de trazabilidad por mala lectura del código de lote	2	5	2	20	Media
6	Retraso en la alimentación por falta de piezas en bandejas	3	2	2	12	Baja
7	Fatiga del operador por repetitividad de movimientos	2	3	3	18	Media
8	Error en el ajuste de parámetros de alimentación	1	5	5	25	Media

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 2 permite evaluar los riesgos del proceso de alimentación de piezas en las máquinas CAMSOFT del área de Special Grinding en TE Connectivity, asignando valores de probabilidad, impacto y detectabilidad para determinar la prioridad de cada riesgo. Los resultados permiten identificar los problemas con mayor criticidad, los demás riesgos se clasifican principalmente como medios, requiriendo mejoras preventivas en capacitación, controles y estandarización, mientras que solo uno se considera bajo. En general, la tabla permite enfocar los esfuerzos de mejora en los puntos más críticos del proceso.

## Metodología 6M

La metodología 6M es una herramienta de gestión de la calidad que permite identificar y clasificar de forma sistemática las causas que generan variabilidad o problemas en un proceso, se utiliza principalmente dentro del diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, facilitando el análisis estructurado de los factores que pueden influir en un resultado no deseado.

Según menciona, (Gómez & Brito, 2020) la variación de los procesos proviene de seis categorías fundamentales, conocidas como las 6M: materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente, puesto que “los procesos siempre tienen variación, ya que en él intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M’s”.

*Ilustración 7: Metodología 6M*

Número de causa	Causa	Clasificación M
1	a	Medición
2	b	Mano de obra
3	c	Materiales
4	d	Medio ambiente
5	e	Metodología
6	f	Maquinaria
7	g	Medición
8	h	Mano de obra
9	i	Materiales
10	j	Materiales

*Fuente: Elaboración propia*

Con base en la matriz anterior, esta metodología permite clasificar de forma sistemática todas las actividades operativas del área dentro de cada una de las M, lo que facilita visualizar el proceso desde una perspectiva integral. Al organizar la información en estas categorías, es posible detectar patrones, concentraciones de fallas y puntos donde la variabilidad es más significativa, permitiendo entender no solo qué problemas se presentan, sino dónde y por qué se originan.

## FASE ANALIZAR

En la fase de análisis, el propósito central es identificar las causas raíz del problema apoyándose en herramientas estadísticas y cualitativas que permitan comprenderlo a fondo, entre las herramientas más utilizadas se encuentran el diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, la técnica de los 5 por qué, estas herramientas facilitan explorar el comportamiento del proceso desde distintas perspectivas y así acercarse a un diagnóstico confiable.

De acuerdo con Martínez y Morales, (2022), esta etapa brinda la oportunidad de descubrir por qué ocurren los problemas identificados previamente, es aquí donde se determina si las relaciones observadas en el proceso son solo coincidencias o si realmente existe un vínculo causal. Justamente, la capacidad de establecer estas relaciones con fundamento técnico es lo que diferencia una mejora superficial de una solución sostenible en el tiempo.

Según lo anterior, la fase de análisis fomenta un pensamiento crítico y sistémico, pues obliga a ver más allá de los síntomas evidentes y a profundizar en los factores que realmente afectan el desempeño del proceso, este enfoque no solo ayuda a comprender el origen de las fallas, sino que también prepara el terreno para plantear propuestas de mejora más efectivas y alineadas con la realidad operativa.

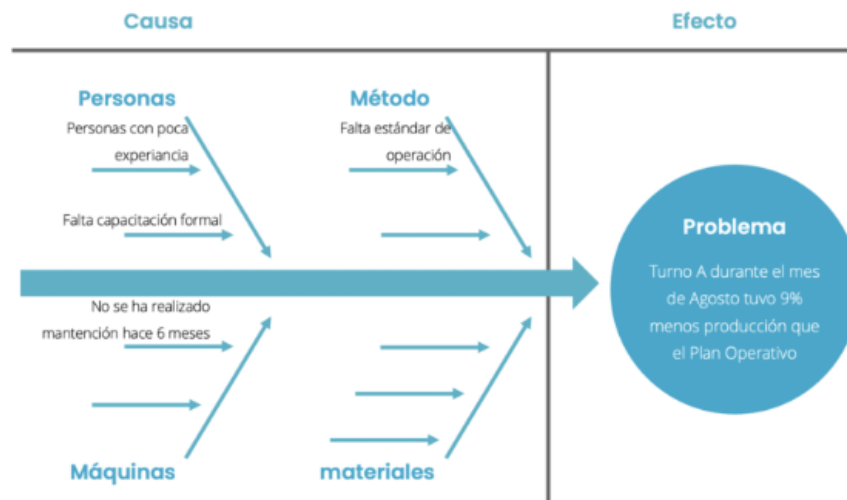
A continuación, se muestran algunas de las herramientas utilizadas:

### **Diagrama de Ishikawa**

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual utilizada en la gestión de calidad para identificar, explorar y representar gráficamente las posibles causas de un problema o efecto específico. Fue desarrollado por el profesor japonés Kaoru Ishikawa en la década de 1960, en el contexto del control de calidad en la industria manufacturera.

Según (Soret & de Obesso, 2020) en Gestión de la Calidad, el Diagrama de Ishikawa es una de las herramientas básicas de calidad más utilizadas, especialmente valiosa cuando se busca representar la relación entre un efecto (problema) y las múltiples causas que lo pueden estar generando, destacan que su uso es fundamental en la gestión moderna de calidad para fomentar la mejora continua y el enfoque preventivo.

Ilustración 8: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Herramientas Lean

Como se aprecia en la ilustración 8, este diagrama permite organizar y representar de manera estructurada las causas identificadas previamente mediante la metodología de las 6M, ubicando cada una de ellas en las espigas principales del diagrama como categorías clave que influyen en el problema analizado.

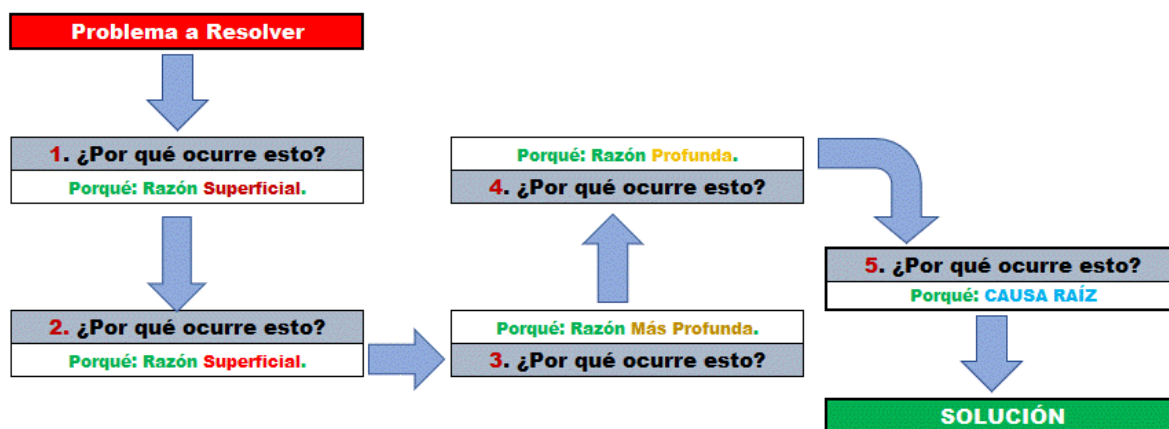
Por lo tanto, a partir de estas causas principales, es posible incorporar subcausas o factores específicos que las originan, lo cual enriquece la comprensión del fenómeno al mostrar cómo interactúan múltiples elementos dentro del proceso, este conjunto de variables conforma la estructura característica de este, facilitando la visualización integral de las relaciones causa–efecto y permitiendo avanzar con mayor precisión hacia la identificación del problema raíz.

### 5 por qué?

La técnica de los “5 Por Qué” es una herramienta sencilla pero poderosa dentro del análisis de causa raíz que se emplea para identificar el origen fundamental de un problema, es ampliamente utilizada dentro de los enfoques de calidad total, mejora continua y Lean Manufacturing y consiste en formular de manera consecutiva la pregunta ¿por qué? ante un problema observado, hasta llegar a la causa raíz, se estima que repitiendo esta pregunta unas cinco veces es posible desentrañar el origen profundo del problema, aunque el número puede variar según la complejidad del caso.

Navas et al (2023), señalan que el método de los “5 por qué” se presenta como una herramienta esencial para la investigación de causas raíz dentro de los sistemas de gestión de calidad. Su utilidad radica en su capacidad para ir más allá de los síntomas visibles, permitiendo identificar las causas estructurales de los problemas, este enfoque sistemático, basado en la indagación sucesiva, contribuye significativamente a la prevención de recurrencias, fortaleciendo así el ciclo de mejora continua, siendo que, esta herramienta no solo aporta desde lo técnico, sino que también promueve la participación de los equipos de trabajo en el análisis crítico, alineando el pensamiento sistémico con los objetivos estratégicos de la organización.

Ilustración 9: 5 Por qué?



Fuente: Control estadístico de la calidad

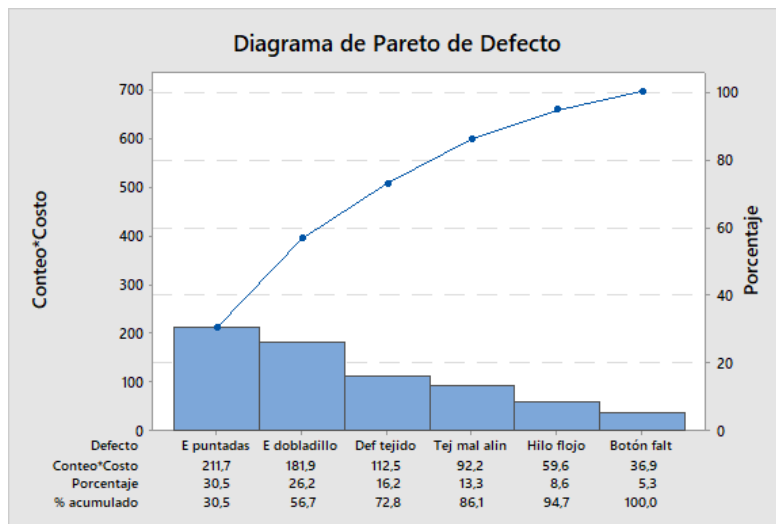
La aplicación de la metodología de los 5 Por Qué facilita de manera significativa la identificación del problema raíz asociado a cada una de las causas previamente analizadas, este método consiste en formular de manera sucesiva la pregunta “¿por qué?”, lo cual permite profundizar progresivamente en el análisis y despejar las capas superficiales del problema. A medida que se avanza en la repetición estructurada de las preguntas, se obtiene una comprensión más clara y precisa de los factores que originan la situación investigada, evitando interpretaciones basadas únicamente en síntomas. De este modo, la técnica contribuye a revelar la causa fundamental del problema y orienta la toma de decisiones hacia soluciones efectivas y sostenibles.

## Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica clave en la gestión de la calidad que permite identificar y priorizar las causas más significativas de un problema, está basado en el principio 80/20 de Vilfredo Pareto, sostiene que el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas, esta herramienta facilita enfocar los esfuerzos de mejora en los puntos críticos, optimizando recursos y resultados, se representa mediante un gráfico de barras ordenadas y una línea de porcentaje acumulado.

Según Soret y de Obesso (2020), el Diagrama de Pareto es una de las herramientas básicas de calidad, útil para representar datos categóricos y distinguir entre problemas críticos y menores, es esencial en la toma de decisiones basadas en datos, especialmente en entornos que aplican metodologías como Lean Six Sigma o sistemas de gestión basados en normas como la ISO 9001.

Ilustración 10: Diagrama de Pareto



Fuente: Herramientas Lean, 2025

Esta herramienta permite visualizar y ordenar de manera clara las causas que inciden en un problema, permitiendo distinguir entre aquellas que son vitales y requieren atención prioritaria y aquellas que, aunque de menor impacto individual, deben ser consideradas para acciones de mejora a mediano plazo.

Por otra parte, el principio 80-20 evidencia que un reducido número de causas concentra la mayor proporción de los efectos, lo que facilita identificar cuáles factores tienen mayor participación en el problema raíz, esta representación, analiza y orienta con mayor precisión las áreas donde las intervenciones serán más efectivas, proporcionando una base sólida para la propuesta de soluciones o la implementación de acciones correctivas y preventivas.

## **FASE MEJORAR**

Una vez identificadas las causas raíz, el siguiente paso consiste en diseñar soluciones que permitan eliminarlas o al menos, disminuir significativamente su impacto, estas mejoras pueden involucrar el rediseño de procesos, la estandarización de actividades, la incorporación de tecnologías o la implementación de programas de capacitación. Para asegurar su efectividad, es fundamental validar cada propuesta mediante pruebas piloto, simulaciones o experimentos controlados que confirmen su viabilidad antes de aplicarlas a gran escala.

Martínez y Morales, (2022) señalan que el éxito de esta fase depende de que las soluciones se fundamenten en la información analizada previamente, evitando decisiones basadas en intuiciones o supuestos, en este sentido, herramientas como las matrices de priorización o el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) resultan esenciales para evaluar alternativas, identificar riesgos y seleccionar las propuestas que generen mayor valor para el proceso.

Tal como lo mencionan los autores, esta etapa convierte el análisis en acciones concretas, demostrando que la mejora continua requiere no solo rigurosidad técnica, sino también creatividad y capacidad para proponer cambios realistas y sostenibles. Se trata de un momento clave en el que las ideas se transforman en soluciones prácticas que impulsan la eficiencia y la calidad del proceso.

Seguidamente, se muestran las herramientas utilizadas:

### **Luvia de ideas**

La lluvia de ideas, también conocida por su término en inglés brainstorming, es una herramienta de trabajo colaborativo ampliamente utilizada en la gestión de calidad, mejora de procesos y resolución de problemas, su propósito principal es generar la mayor cantidad posible de ideas en el menor tiempo, sin importar en un inicio su viabilidad o calidad, con el

fin de promover la creatividad, la innovación y el pensamiento divergente dentro de un grupo de trabajo. Esta técnica se basa en la premisa de que una idea, por más sencilla que parezca, puede ser el punto de partida para una solución más desarrollada, especialmente cuando se combina con otras.

Los autores (Soret & de Obesso, 2020), en su obra *Gestión de la Calidad*, identifican a la lluvia de ideas como una de las herramientas básicas más efectivas dentro del conjunto metodológico para la mejora continua, se destaca que esta técnica favorece la identificación colectiva de causas o soluciones, gracias a su enfoque participativo y horizontal, donde cada miembro del equipo puede aportar desde su experiencia y perspectiva. La herramienta no solo genera soluciones, sino que fortalece la comunicación, el compromiso y el sentido de pertenencia de los equipos de trabajo.

*Ilustración 11: Lluvia de ideas*



*Fuente: LinkedIn, 2025*

La lluvia de ideas constituye una actividad fundamental para propiciar el acercamiento directo con los sujetos o actores involucrados en la investigación, permitiendo que expresen libremente sus percepciones, propuestas y experiencias relacionadas con el cumplimiento del objetivo general o la solución del problema planteado.

Su participación resulta especialmente valiosa, ya que su conocimiento operativo y vivencial amplía el espectro de alternativas posibles, enriqueciendo el análisis y favoreciendo la generación de soluciones más realistas y contextualizadas, esta dinámica puede desarrollarse mediante reuniones tipo focus group, que fomentan la interacción y el intercambio colectivo,

o a través de pizarras colaborativas, en las cuales cada participante registra sus ideas de forma anónima para garantizar la espontaneidad y diversidad de aportes.

## **FASE CONTROLAR**

Finalmente, esta fase se encarga de asegurar que las mejoras implementadas realmente se mantengan en el tiempo y no se diluyan con la operación diaria, para lograrlo, se desarrollan planes de seguimiento, se implementan controles visuales, se actualizan los procedimientos y se capacita nuevamente al personal involucrado. Además, se vuelven a medir los indicadores clave con el fin de confirmar si los resultados obtenidos corresponden al impacto esperado.

Martínez y Morales, (2022) sostienen que, sin un plan de control sólido, las mejoras tienden a revertirse con facilidad, por ello, herramientas como los gráficos de control, las auditorías internas y la retroalimentación continua se vuelven fundamentales en esta fase, ya que permiten monitorear el desempeño del proceso y detectar oportunamente cualquier desviación.

Esta etapa reafirma que toda mejora debe estar respaldada por disciplina operativa y constancia. Implementar un cambio no es suficiente, sino que requiere seguimiento continuo y ajustes oportunos para evitar retrocesos, solo así es posible asegurar que los resultados no solo se manifiesten en el corto plazo, sino que también se mantengan y continúen generando valor sostenido para el proceso.

## **Diagrama de Gantt**

El Diagrama de Gantt es una herramienta gráfica fundamental para planificar, coordinar y supervisar las tareas de un proyecto, ya que permite representar de forma visual y ordenada la duración de cada actividad a lo largo del tiempo, fue desarrollado por Henry L. Gantt a comienzos del siglo XX, este diagrama se organiza mediante un eje horizontal que representa el tiempo en días, semanas o meses y un eje vertical que enumera las tareas o actividades del proyecto. Cada tarea se ilustra mediante una barra horizontal, cuya posición y longitud indican el inicio, duración y finalización estimada. Esta estructura facilita la identificación de secuencias de trabajo, actividades que se pueden ejecutar en paralelo, posibles retrasos y

dependencias entre tareas, lo que contribuye a una gestión más clara, proactiva y eficiente del cronograma general del proyecto.

Según (Esan, 2022), se trata de “una representación visual simple, intuitiva, práctica y útil de las actividades y duraciones del proyecto”, lo que lo convierte en un instrumento esencial para la gestión eficaz del tiempo y los recursos, esta herramienta proporciona una visión clara y estructurada del cronograma, permitiendo visualizar no solo las fechas de inicio y finalización del proyecto, sino también la cantidad de tareas programadas, sus responsables asignados, la duración estimada de cada actividad y el progreso alcanzado en cada etapa. Su utilidad radica en la capacidad de facilitar la toma de decisiones, anticipar desviaciones y asegurar una ejecución alineada con los objetivos del proyecto.

Ilustración 12: Diagrama de Gantt

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACION.												
	ABRIL				MAYO				JUNIO				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Programar jornadas de alfabetización tecnológica a usuarios.	■	■											
Verificar el estado de los equipos informáticos.		■	■										
Gestionar recursos para el mantenimiento y reparación de las P.C.				■									
Realizar mantenimiento a las P.C.					■	■	■						
Facilitar talleres a usuarios tecnológicos de la Institución.								■	■	■			
Jornada de cierre de proyecto en la Institución.												■	■

Fuente: Enfermería Unam, 2025

Como se observa en la ilustración 12, el diagrama de Gantt permite organizar y visualizar de forma cronológica todas las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, detallando su duración en días, semanas o meses. Además, esta herramienta facilita identificar la relación entre tareas, señalando cuáles actúan como actividades antecesoras y cuáles dependen de ellas como actividades predecesoras, lo que permite comprender la secuencia lógica del proyecto, mostrando el porcentaje de avance o nivel de completitud de cada actividad, aportando un control claro sobre el progreso y el cumplimiento de los plazos establecidos.

## Indicadores de Desempeño

Los indicadores de desempeño, o KPI's (Key Performance Indicators), constituyen herramientas esenciales para medir qué tan eficaz, eficiente y consistente es un proceso dentro de una organización, estos permiten cuantificar elementos clave del funcionamiento operativo, lo que facilita identificar si un proceso está cumpliendo con los estándares esperados. Su clasificación es amplia: existen indicadores de productividad, tiempos de ciclo, niveles de calidad del producto o servicio, utilización de recursos, costos operativos y satisfacción del cliente, entre otros, con los cuales es posible evaluar el proceso desde diferentes perspectivas y obtener un panorama integral de su desempeño real.

Martínez & Morales, (2022) , señalan que los KPI's son esenciales para establecer metas, monitorear el progreso y tomar decisiones fundamentadas en evidencia objetiva, para que un indicador sea realmente útil, debe definirse con precisión, especificando su unidad de medida, la frecuencia con la que será evaluado y los responsables de su seguimiento y actualización.

El uso adecuado de indicadores fortalece la gestión basada en resultados al proporcionar métricas claras y consistentes que permiten evaluar el desempeño de forma continua, con ellos es posible identificar tendencias, detectar desviaciones y aplicar acciones preventivas o correctivas oportunamente, además, ayudan a alinear los esfuerzos del equipo con los objetivos estratégicos, impulsando una cultura de mejora continua y transparencia.

Ilustración 13: Tablero de datos



Fuente: Slide Team, 2025

Como se observa en este ejemplo, el análisis de los indicadores clave de gestión (KPI) constituye un mecanismo esencial para monitorear el desempeño de los procesos y detectar oportunamente cualquier desviación con respecto a las metas establecidas, estos permiten contar con información actualizada y visualmente organizada, lo cual facilita la toma de decisiones inmediata y basada en evidencia.

Por consiguiente, la incorporación de prácticas de inteligencia de negocios y análisis sistemático de datos proporciona una visión integral del comportamiento de cada proceso, contribuyendo de manera significativa a reducir o incluso eliminar riesgos operativos, así como a fortalecer la eficiencia y la capacidad de respuesta de la organización

### **Gestión del Cambio**

La gestión del cambio es un proceso esencial en cualquier organización moderna, especialmente en contextos de transformación tecnológica, reestructuración organizativa o implementación de mejoras continuas, consiste en preparar, acompañar y apoyar a las personas para que puedan adaptarse a nuevas formas de trabajo, nuevos sistemas o nuevas estructuras, minimizando la resistencia y maximizando la aceptación, esta no se trata únicamente de aplicar herramientas técnicas, sino de abordar con sensibilidad los aspectos humanos y culturales que intervienen en todo proceso de cambio. Por esta razón, es importante comprender que cada cambio genera incertidumbre, y que las emociones, percepciones y actitudes del personal son variables que deben gestionarse con estrategia e inteligencia emocional.

Navas et al., (2023) destacan subrayan que un cambio exitoso no ocurre de forma espontánea, sino que requiere de liderazgo activo, comunicación constante y participación del equipo desde etapas tempranas, estos elementos no solo reducen la resistencia, sino que también fortalecen el compromiso organizacional y aumentan la probabilidad de que el cambio se implemente de forma sostenible. Incluir al personal desde el principio permite que las personas comprendan el porqué del cambio, lo sientan como propio y se conviertan en agentes multiplicadores dentro de sus áreas de trabajo.

Este enfoque evidencia que el éxito de cualquier proyecto de mejora, por muy bien diseñado que esté en lo técnico, dependerá en gran medida de cómo se gestione el componente humano

del cambio. En el campo de la ingeniería industrial, donde muchas veces se lideran proyectos que implican rediseñar procesos, introducir nuevas tecnologías o implementar sistemas de gestión, la capacidad para conducir el cambio de manera empática y estructurada es tan importante como el conocimiento técnico. Al final, los mejores resultados se logran cuando la ingeniería se conecta con las personas, y no se limita solo a los procesos.

### **Trabajo en Equipo y Liderazgo**

El trabajo en equipo y el liderazgo son elementos fundamentales para lograr la ejecución efectiva de cualquier proyecto. La colaboración entre personas con diferentes habilidades y perspectivas permite integrar competencias, mejorar la comunicación y generar un ambiente propicio para la creatividad y la innovación. A su vez, un liderazgo sólido es capaz de orientar al grupo hacia metas comunes, gestionar conflictos y mantener la motivación del equipo incluso ante situaciones complejas.

Martínez y Morales, (2022) afirman que los proyectos exitosos suelen estar respaldados por equipos multidisciplinarios coordinados por líderes que inspiran confianza, comunican con claridad y promueven la participación de todos los miembros. Este tipo de liderazgo no solo orienta el trabajo, sino que también facilita la cohesión del equipo y la toma de decisiones informadas.

Este análisis evidencia que el componente humano es tan importante como las herramientas técnicas utilizadas en un proyecto. Una gestión efectiva de las personas, basada en la cooperación, la comunicación y el liderazgo consciente, incrementa significativamente las probabilidades de éxito y contribuye a construir equipos más comprometidos y eficientes.

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

Este apartado expone los conceptos que explican cómo las mejoras propuestas contribuyen a la eficiencia empresarial, al bienestar de los colaboradores y a la competitividad en el mercado.

Más allá de los indicadores económicos, se reconoce la importancia de los efectos en la cultura organizacional, la optimización de procesos y la satisfacción del cliente. De esta forma, se establece un marco de referencia que permite comprender el valor agregado del proyecto en tres dimensiones: la empresa, las personas y el mercado.

## **Productividad**

La productividad se entiende como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para alcanzarlos, esta representa un indicador fundamental del desempeño organizacional, ya que refleja qué tan eficientemente una empresa transforma sus insumos, tales como, mano de obra, materiales y tiempo en productos o servicios. Su nivel puede verse influido por diversos factores, entre ellos la tecnología disponible, la formación del personal, el diseño del proceso y la calidad de la gestión operativa.

Según Arciénaga et al., (2024), señalan que la productividad es una variable estratégica que impacta directamente en la competitividad de una organización. Mejorar la productividad implica generar más valor para el cliente utilizando menos recursos, sin comprometer la calidad ni los tiempos de entrega, lo que posiciona a la empresa de manera más favorable en su entorno competitivo.

Este enfoque pone de relieve la necesidad de impulsar mejoras que aumenten la productividad de manera sostenible, transformando la eficiencia operativa en una ventaja competitiva tangible. Cuando una organización optimiza sus procesos y recursos, no solo elimina costos innecesarios, sino que también incrementa la estabilidad y previsibilidad de sus operaciones, esto se traduce en una mayor capacidad para adaptarse a las exigencias del mercado, responder con agilidad a variaciones en la demanda y mantener niveles consistentes de calidad.

## **Costos Operativos**

Los costos operativos abarcan todos los gastos asociados al funcionamiento cotidiano de una empresa y constituyen un elemento clave para evaluar su desempeño financiero, estos pueden clasificarse en costos directos, como la mano de obra y los materiales, e indirectos, como el mantenimiento, el consumo de energía o las actividades administrativas. La optimización de procesos permite reducir estos costos sin afectar la calidad del producto o servicio, generando operaciones más eficientes y sostenibles.

Gómez y Brito., (2020) explican que una gestión adecuada de los costos operativos facilita la identificación de desperdicios y la reasignación de recursos hacia actividades que realmente aportan valor. Este enfoque no solo mejora la rentabilidad, sino que también

fortalece la eficiencia global del sistema productivo, al impulsar decisiones basadas en información precisa y en el uso racional de los recursos.

Comprender este concepto permite reconocer que las mejoras en los procesos no solo generan beneficios técnicos, sino también un impacto financiero directo en los resultados de la organización, por ello, gestionar los costos operativos de manera estratégica es fundamental para fortalecer la competitividad y asegurar la sostenibilidad del negocio. Además, este enfoque promueve decisiones más conscientes y alineadas con los objetivos empresariales, facilitando el uso eficiente de los recursos y una operación más sólida en el largo plazo.

### **Calidad**

La calidad se entiende como la capacidad de un proceso o producto para satisfacer de manera constante las expectativas y necesidades del cliente, lo que implica que cada entrega o resultado cumpla con los estándares establecidos y con los criterios de desempeño requeridos, mejorar un proceso productivo no solo implica la reducción de defectos, reprocesos y desperdicios, sino también la optimización de recursos, la disminución de costos y la creación de productos más confiables y uniformes, lo que impacta directamente en la percepción de valor que tiene el cliente sobre la organización.

Según Soret y de Obesso., (2020) la gestión de la calidad busca minimizar la variabilidad innecesaria dentro de los procesos, ya que esta es una de las principales fuentes de errores, retrabajos y fallas en la producción, una gestión efectiva no solo permite reducir los tiempos de entrega y mejorar la estabilidad de los procesos, sino que también fortalece la reputación organizacional y fomenta la confianza de los clientes, al demostrar un compromiso real con los estándares y la excelencia. Además, al integrar herramientas y metodologías de mejora continua, las organizaciones pueden anticipar problemas, optimizar la eficiencia y garantizar que los resultados cumplan con los criterios de desempeño establecidos.

Este concepto destaca que la calidad no es solo un objetivo final, sino una consecuencia directa de procesos diseñados y gestionados de manera coherente y sistemática, la mejora de esta debe ser constante y formar parte de la cultura organizacional, involucrando a todos los niveles de la cadena de valor, desde la planificación y el diseño hasta la producción y la entrega del producto final. De esta manera, cada etapa del proceso aporta valor, minimiza

riesgos y asegura que los productos o servicios no solo cumplan con las especificaciones técnicas, sino que también generen satisfacción y fidelización en los clientes.

## **Sostenibilidad**

La sostenibilidad en la industria consiste en desarrollar procesos que sean económicamente viables, socialmente responsables y respetuosos con el medio ambiente, esto implica no solo el uso eficiente de los recursos naturales, sino también el cumplimiento de normativas sociales y laborales, asegurando un equilibrio entre la productividad y el impacto que la actividad industrial genera en la sociedad y el entorno.

Navas et al., (2023) explican que a sostenibilidad no debe verse únicamente como una obligación externa impuesta por regulaciones o expectativas sociales, sino como una oportunidad para innovar, optimizar procesos y fortalecer la reputación corporativa. Las empresas que integran criterios sostenibles en su operación pueden acceder a mercados más exigentes, desarrollar productos diferenciados y atraer a clientes y socios conscientes del impacto ambiental y social de sus decisiones de consumo, esta perspectiva transforma la sostenibilidad en un motor de competitividad, eficiencia y creatividad industrial.

Este enfoque resalta que la responsabilidad de las organizaciones modernas va más allá de generar beneficios económicos, también, se trata de crear valor social y ambiental, fomentando una cultura empresarial consciente y perdurable. Cada decisión de producción, desde la planificación hasta la distribución, debe considerar sus repercusiones en la comunidad y el planeta, asegurando que el desarrollo industrial contribuya al bienestar de las personas y a la preservación de los recursos naturales, así, la sostenibilidad se consolida como un principio guía para la innovación, la resiliencia organizacional y el éxito a largo plazo en la industria.

## **Competitividad**

La competitividad se entiende como la capacidad de una organización para posicionarse de manera favorable en el mercado, ofreciendo productos o servicios que aporten mayor valor, menor costo o diferenciación significativa frente a la competencia, alcanzar esta ventaja no depende únicamente de factores externos, sino que está directamente ligado a la eficiencia interna, la innovación, la calidad de los procesos y la capacidad de la organización para

adaptarse a los cambios del entorno. Una empresa competitiva logra equilibrar sus recursos, optimizar sus operaciones y generar propuestas que sean atractivas y sostenibles para sus clientes.

Según Martínez y Morales, (2022), la optimización de procesos y la mejora continua constituyen pilares fundamentales para alcanzar altos niveles de competitividad, estas prácticas permiten a las organizaciones responder con rapidez y eficacia a las exigencias de un mercado globalizado y altamente dinámico, reduciendo tiempos de producción, mejorando la calidad de los productos y minimizando costos operativos. Además, la implementación de metodologías como Lean Manufacturing, Six Sigma o la gestión de indicadores clave de desempeño (KPIs) facilita la toma de decisiones basadas en datos, fortaleciendo la capacidad de adaptación y la resiliencia organizacional.

Tal como lo indican los autores, la competitividad no se percibe únicamente como un objetivo final, sino como el resultado de la integración de procesos eficientes, innovación constante y una gestión estratégica orientada a los clientes, mejorar los procesos internos no es un fin en sí mismo, sino un medio para consolidar el posicionamiento de la empresa, aumentar su capacidad de respuesta frente a los competidores y generar valor sostenible a largo plazo. Así, la competitividad se convierte en un principio guía que conecta la excelencia operativa con la estrategia empresarial, la innovación y la satisfacción del cliente.

### **Innovación Tecnológica**

La innovación tecnológica, especialmente en el contexto de la Industria 4.0, permite optimizar los procesos productivos a través de la digitalización, la automatización y la interconectividad de sistemas. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, el análisis avanzado de datos y la robótica colaborativa facilitan la anticipación de cambios en el mercado, la identificación de oportunidades de mejora y la adaptación rápida a nuevas demandas, este enfoque no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la reducción de errores, tiempos de producción y costos, generando valor agregado tanto para la organización como para sus clientes.

Martínez y Morales, (2022) señalan que la adopción de nuevas tecnologías no solo impacta el rendimiento técnico de los procesos, sino que transforma la estructura organizacional y la

forma en que los equipos trabajan. La innovación tecnológica fomenta una cultura de aprendizaje continuo, colaboración interdepartamental y mejora sostenida, en la que los empleados se convierten en agentes activos de cambio y desarrollo, además, permite implementar estrategias basadas en datos, anticipando problemas, optimizando recursos y fortaleciendo la toma de decisiones en tiempo real.

Este concepto resalta la capacidad de innovar tecnológicamente se convierte en un factor crítico para la supervivencia y el crecimiento de las organizaciones en un entorno industrial dinámico y competitivo. La innovación no es solo un medio para aumentar la productividad, sino también una herramienta estratégica que facilita la diferenciación, la adaptabilidad y la sostenibilidad a largo plazo. Integrar tecnologías avanzadas permite a las empresas mantenerse relevantes, responder eficazmente a las exigencias del mercado y consolidar su posición frente a la competencia.

### **Impacto Social**

El impacto social de un proyecto de mejora se refleja en el fortalecimiento de las condiciones laborales, la promoción de empleo digno y la generación de beneficios para la comunidad en general, as empresas que invierten en el bienestar de sus trabajadores y en su entorno no solo cumplen con responsabilidades éticas y legales, sino que también construyen confianza, reputación positiva y valor compartido, estableciendo relaciones más sólidas y sostenibles con sus grupos de interés.

Navas et al., (2023) afirman que cuando los proyectos productivos incorporan objetivos sociales, su alcance se expande, beneficiando no solo a la organización, sino también a las comunidades donde opera. Este enfoque genera un efecto multiplicador que puede impactar en la educación, la inclusión laboral, la salud y el desarrollo económico local, fortaleciendo el tejido social y fomentando una relación más equilibrada entre la industria y la sociedad, también, los proyectos socialmente responsables suelen mejorar la motivación y el compromiso de los empleados, al sentir que su trabajo contribuye a un propósito mayor.

Esta visión muestra que los proyectos de mejora no solo resuelven problemas técnicos o productivos, sino que se convierten en catalizadores de bienestar social y desarrollo sostenible. Integrar objetivos sociales dentro de la planificación y ejecución de los proyectos

permite que cada decisión tenga un impacto positivo más amplio, asegurando que los beneficios generados por la eficiencia y la innovación también contribuyan al progreso de las personas y de la comunidad, consolidando así un modelo de industria más responsable y consciente.

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

En esta sección se presentan proyectos y experiencias previas relacionadas con la temática del estudio, con el fin de identificar metodologías aplicadas, resultados alcanzados y limitaciones encontradas. Este análisis permite reconocer el estado actual del conocimiento, establecer comparaciones y extraer aprendizajes que sirvan como base para orientar la propuesta, asegurando su pertinencia e innovación en el contexto específico del proyecto.

### **Antecedente 1:**

En 2006, José Fernández Barboza, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, desarrolló el proyecto titulado “Control del proceso productivo de los instrumentos médicos denominados fórceps para biopsias gastrointestinales (GBF) y snares”. El estudio se realizó en la empresa Boston Scientific, dedicada a la manufactura de dispositivos médicos mínimamente invasivos, en cuya planta de Costa Rica se fabricaban dichos productos.

El trabajo surgió a raíz de un requerimiento de la Food and Drug Administration (FDA), la cual solicitó que en los procesos de validación se consideraran las tolerancias de calibración de los equipos. Para ello, se recopiló información sobre los procesos productivos, se identificaron las variables que afectaban la validación y se determinaron las normas de calidad aplicables. Entre los resultados más relevantes destacan la elaboración de un inventario detallado de equipos, la priorización de subprocesos críticos según su impacto en el cliente final y la identificación de equipos que no cumplieran con los estándares de calidad de la empresa.

Este antecedente evidencia la importancia de contar con controles estrictos en la industria de dispositivos médicos, donde la validación de procesos y equipos resulta fundamental para

garantizar la calidad, la seguridad del paciente y el cumplimiento de regulaciones internacionales.

### **Antecedente 2:**

En el año 2015, César Luis López Porras, del Tecnológico de Costa Rica, desarrolló el proyecto titulado “Diseño y automatización de mejora en máquina alimentadora de pines en conectores de tipo IDC”, desarrollado en la Facultad de Ingeniería Mecanicatrónica. El estudio se realizó en la empresa SAMTEC, dedicada a la manufactura de componentes electrónicos, la cual enfrentaba problemas en su proceso de producción de cables y conectores. Entre las principales dificultades se encontraban la ausencia de pines en el conector final, pérdidas de tiempo debido a ajustes mecánicos frecuentes y desperdicio de material ocasionado por fallas en la máquina.

La propuesta de solución consistió en sustituir el sistema de avance lineal basado en un cilindro neumático por un actuador eléctrico programable, complementado con un mecanismo de empuje que optimizó el proceso de alimentación de pines. Con esta mejora, se logró reducir el desgaste en materiales y maquinaria, minimizar el tiempo de intervención de los operarios y garantizar mayor calidad en el producto final, además de contar con una interfaz de usuario más eficiente para la operación del equipo.

Este antecedente evidencia la importancia de la automatización en procesos de manufactura electrónica, al mostrar cómo la integración de tecnología programable puede resolver problemas recurrentes de calidad y eficiencia en sistemas productivos.

### **Antecedente 3:**

En 2019, Fermín Jorge Quispe Centeno, de la Universidad Continental, Arequipa, Perú, presentó el proyecto titulado “Propuesta de mejoras en el proceso de manufactura en máquinas herramientas”, desarrollado en la Facultad de Ingeniería Mecánica. El estudio se enfocó en optimizar los procesos productivos mediante la reducción de tiempos operativos,

el fortalecimiento del control logístico en la adquisición de materia prima y la modernización de equipos y herramientas.

La investigación identificó la necesidad de renovar máquinas obsoletas, estandarizar herramientas de acuerdo con normas internacionales y establecer un control más riguroso sobre la cadena de suministro, proponiendo trabajar con un único proveedor para garantizar calidad uniforme y disminuir desperdicios. Asimismo, resaltó la importancia del factor humano en la productividad, recomendando capacitaciones, certificaciones y protocolos de seguridad para los trabajadores, con el fin de reducir accidentes laborales y promover una cultura de inspección de calidad desde el propio personal operativo.

Este antecedente demuestra cómo la combinación de mejoras técnicas en maquinaria y procesos, junto con estrategias de gestión del talento humano y la logística, puede generar un impacto significativo en la eficiencia productiva y en la sostenibilidad de las empresas manufactureras.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Este capítulo se enfocó en describir la metodología que orientó el desarrollo del proyecto de investigación. La selección de dicha metodología respondió a la naturaleza del problema identificado y se fundamentó en los objetivos generales y específicos previamente establecidos.

A través de este marco se definieron los métodos, técnicas e instrumentos que se utilizaron tanto para la recolección como para el análisis de los datos. Asimismo, se estructuró el diseño de las soluciones propuestas desde un enfoque aplicado y práctico, propio de la ingeniería industrial, asegurando que cada decisión metodológica contribuyera a la obtención de resultados válidos y útiles para el contexto estudiado.

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

En esta sección se enfocó en la identificación del problema relacionado con la alimentación de piezas de las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding, llevando a cabo una metodología basada en herramientas de diagnóstico propias de la ingeniería industrial y del enfoque Lean, las cuales, permitieron analizar la situación actual, comprender el contexto operativo e identificar las posibles causas que originaban la problemática.

#### **3.4.1 Herramientas utilizadas**

Para llevar a cabo el diagnóstico del problema en el proceso en estudio, se aplicaron diversas herramientas de análisis propias de la ingeniería industrial tales como:

##### **Caminata Gemba:**

Se inició el proceso de análisis mediante la realización de una Caminata Gemba en el área de trabajo la cual, permitió observar de forma directa la operación de las máquinas Camsoft, el flujo de materiales, los tiempos improductivos y los movimientos ejecutados por los operarios.

Durante el recorrido se documentaron diversas incidencias, desviaciones en el proceso y oportunidades de mejora, las cuales fueron registradas de manera sistemática para su posterior análisis, esta actividad brindó una visión real y objetiva de las condiciones operativas del entorno, permitiendo identificar elementos clave que impactan en la eficiencia del proceso.

A continuación, se muestra la plantilla que se utilizó

Ilustración 14: Plantilla Caminata Gemba

### CAMINATA GEMBA

Definir el problema asociado a la alimentación manual de piezas en las máquinas Camssoft en el área de Special Grinding.						
Nombre del Proceso :					Reglas	
Dia:					Horario:	
Equipo/Departamento:			Persona:			
			Enfoque:			
			Acciones:			
Paso	Nombre	Descripción del Paso	Prioridad	Oportunidad de Mejora	Respuesta del Empleado	Comentarios
1	Nombre del paso 1	Descripción 1	Alto	Oportunidad de mejora 1	Positiva	Comentario 1
2	Nombre del paso 2	Descripción 2	Medio	Oportunidad de mejora 2	Negativa	Comentario 2
3	Nombre del paso 3	Descripción 3	Bajo	Oportunidad de mejora 3	Neutral	Comentario 3

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Ilustración 14, la plantilla facilitó el control y registro de los hallazgos obtenidos en cada caminata Gemba, indicando prioridades, oportunidades de mejora, percepciones del personal y comentarios relevantes, elementos que constituyeron una fuente clave de información para el desarrollo del proyecto de investigación.

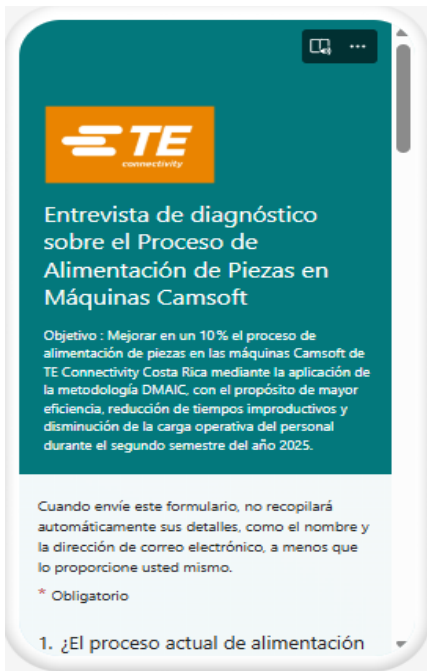
#### Entrevista Electrónica:

Se diseñó una guía estructurada con preguntas abiertas y cerradas, la cual fue aplicada de forma electrónica a operarios y responsables del área, el objetivo fue conocer su experiencia directa con el proceso de alimentación de piezas.

El instrumento se aplicó mediante un formulario digital (Forms), lo que facilitó su distribución y permitió recopilar las respuestas de manera ágil, ordenada y confidencial. Esta modalidad también permitió alcanzar a diferentes turnos de trabajo sin interrumpir la operación diaria.

La información obtenida a través del formulario fue de gran valor para contrastar las percepciones del personal con los hallazgos observados en planta.

Ilustración 15: Visualización de la Entrevista Electrónica



The image shows a mobile application interface for an electronic interview. At the top, there is a teal header with the TE Connectivity logo. Below the logo, the title of the interview is displayed: "Entrevista de diagnóstico sobre el Proceso de Alimentación de Piezas en Máquinas Camsoft". A paragraph of text describes the objective: "Objetivo: Mejorar en un 10% el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft de TE Connectivity Costa Rica mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el propósito de mayor eficiencia, reducción de tiempos improductivos y disminución de la carga operativa del personal durante el segundo semestre del año 2025." Below this, a disclaimer states: "Cuando envíe este formulario, no recopilará automáticamente sus detalles, como el nombre y la dirección de correo electrónico, a menos que lo proporcione usted mismo." A note indicates "\* Obligatorio". The first question is visible: "1. ¿El proceso actual de alimentación".

Fuente: *Elaboración Propia*

Este instrumento tuvo como finalidad obtener datos concretos sobre la experiencia de los operarios, identificar problemas recurrentes, tiempos improductivos y percepciones respecto a la carga operativa. Además, permitió validar hallazgos observados en planta durante la Caminata Gemba, en línea con los objetivos del proyecto basado en la metodología DMAIC.

### **Diagramas SIPOC y Flujo:**

Para identificar las posibles causas raíz del problema, se elaboró un diagrama SIPOC complementado con un diagrama de flujo del proceso, donde el investigador, junto con el jefe del área, definió y mapeó los elementos clave del proceso: proveedores, entradas, actividades principales, salidas y clientes. Después, se documentó detalladamente el flujo actual del proceso de alimentación manual de piezas, identificando cada etapa operativa.

Este análisis visual permitió reconocer puntos críticos del proceso, como cuellos de botella, tareas duplicadas y falta de estandarización en ciertas actividades, la combinación de ambas herramientas facilitó una comprensión integral del sistema y sentó las bases para la identificación de oportunidades de mejora en fases posteriores del proyecto.

Tabla 3: Metodología para la definición del problema

Etapa	Objetivo específico	
<b>Definir</b>	Definir el problema asociado a la alimentación manual de piezas en las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding	
Actividades	Herramientas	Responsables
Recorrido planificado por el área de trabajo, observando directamente el proceso, registrando incidencias y dialogando con los operarios para identificar oportunidades de mejora relevantes para el proyecto.	Caminata Gemba	Investigador
Se realizaron entrevistas para identificar problemas operativos y oportunidades de mejora	Entrevista	Investigador
Identificar las posibles causas de la problemática actual	SIPOC-Diagrama de Flujo	Investigador / Jefe de área

Fuente: Elaboración Propia

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

Esta sección describe las acciones y herramientas utilizadas para cuantificar la situación actual del proceso y respaldar los hallazgos mediante evidencia cualitativa. La combinación de ambos enfoques permitió obtener una visión integral del problema, fundamentar el análisis y establecer una línea base precisa para las futuras mejoras propuestas dentro de la metodología DMAIC.

#### **Ponderación de causas según criterio experto Tabla de Criticidad**

Se aplicó una tabla de criticidad para evaluar las posibles causas raíz del problema detectado, lo cual, permitió asignar un nivel de criticidad a cada causa con base en criterios definidos, como la frecuencia, el impacto sobre la operación y la posibilidad de control.

El análisis fue realizado por el investigador en colaboración con personal con conocimiento técnico del área y administrativo quienes brindaron una evaluación experta sobre la

relevancia de cada causa. permitiendo priorizar aquellas que representan mayor riesgo para la eficiencia del proceso, identificando así los focos de atención clave para la mejora.

A continuación, se presenta la tabla como referencia para consolidar su respectiva ponderación en el análisis de criticidad:

Tabla 4: Matriz Criticidad de las Causas

MATRIZ DE CRITICIDAD						
N°	Causa	Frecuencia (1-5)	Impacto (1-5)	Detección (1-5)	Puntaje Total (F*I*D)	Nivel de Criticidad
1	Retraso en suministro de piezas	2	5	2	20	Baja
2	Falta de capacitación del operario	3	4	3	36	Media
3	Variabilidad en tiempos de carga	5	5	5	125	Alta
4						Baja
5						Baja
6						Baja
7						Baja
8						Baja
9						Baja
10						Baja

Fuente: Elaboración Propia

La ponderación constituyó una etapa clave en la evaluación y priorización de las posibles causas que afectan la eficiencia del proceso de alimentación manual de piezas en las máquinas Camsoft, en el área de *Special Grinding* de TE Connectivity Costa Rica.

Como parte del proceso de ponderación, se definieron rangos específicos que permitieron clasificar cada causa según su nivel de criticidad. Esta clasificación se basó en el puntaje total obtenido por la combinación de tres criterios: frecuencia, impacto y dificultad de detección.

Los rangos establecidos fueron los siguientes:

Color	Rango
Baja	1 a 30
Media	31 a 60
Alta	61 a 125

- Criticidad Baja (1 a 30): Indicadores de bajo riesgo, con impacto mínimo en la operación.
- Criticidad Media (31 a 60): Causas con efecto moderado y que requieren seguimiento.
- Criticidad Alta (61 a 125): Factores de alto impacto que deben ser priorizados en la propuesta de mejora.

Esta categorización permitió enfocar los esfuerzos del proyecto en las causas más relevantes para optimizar el proceso y lograr los objetivos planteados.

Tabla 5: Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo del Proyecto

Etapa	Objetivo específico	
<b>Medir</b>	Medir las variables críticas del proceso, con la recopilación de datos operativos en el área de Special Grinding	
Actividades	Herramientas	Responsables
Clasificar las causas según su operatividad	Metodología de las 6 M	Investigador
Ponderar las causas según criterio experto	Tabla de Criticidad	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA

Esta sección presentó el desarrollo metodológico correspondiente a la fase “Analizar” de la metodología DMAIC, cuyo propósito fue identificar las causas raíz del problema y formular una propuesta de mejora estructurada.

Con base en la información recolectada y medida en las etapas previas, se aplicaron herramientas de análisis que permitieron comprender el comportamiento del proceso, validar las hipótesis establecidas y sustentar técnicamente las soluciones planteadas. Este enfoque aseguró que las mejoras propuestas respondieran directamente a las verdaderas fuentes del problema, favoreciendo su viabilidad y efectividad en el contexto operativo analizado.

#### Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto):

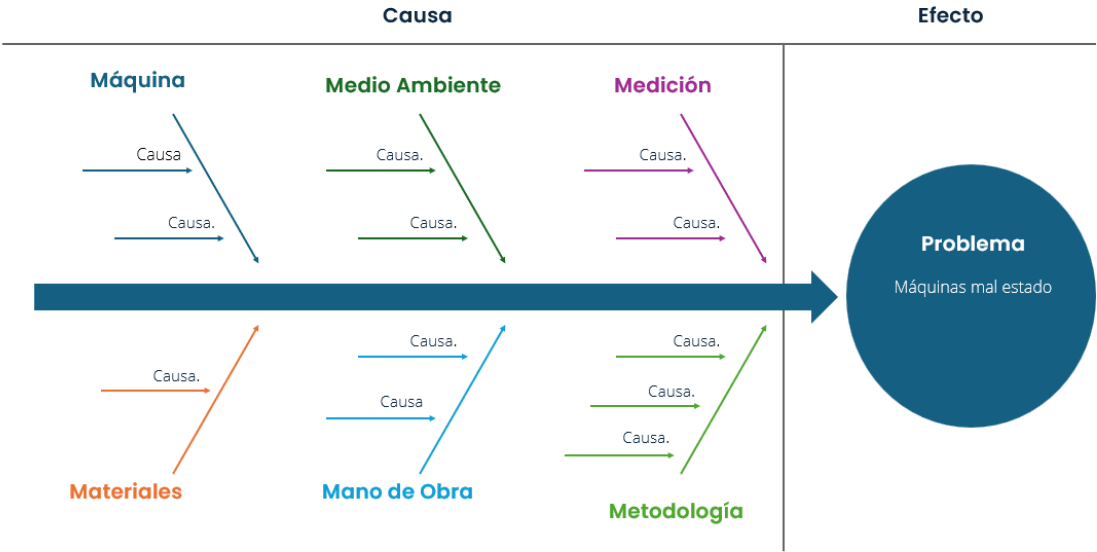
Como parte del análisis de las causas que afectaban la eficiencia del proceso, se elaboró un diagrama de Ishikawa, la cual, facilitó una visualización clara y estructurada de los factores que influían en la baja productividad y los reprocesos en la alimentación manual de piezas.

Para su construcción, se convocó al personal del área con experiencia directa en el proceso, lo cual permitió un intercambio enriquecedor de ideas. Las causas identificadas fueron organizadas bajo las seis categorías de la metodología de las 6M: Mano de obra, Máquina, Método, Material, Medición y Medio ambiente, la cual, permitió explorar múltiples dimensiones del problema y reconocer relaciones entre distintas variables.

Durante el análisis, surgieron observaciones valiosas que no solo ayudaron a comprender mejor la problemática, sino que también generaron conciencia en el equipo sobre aspectos que pueden ser mejorados desde sus propias funciones.

Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa

## Diagrama de ISHIKAWA

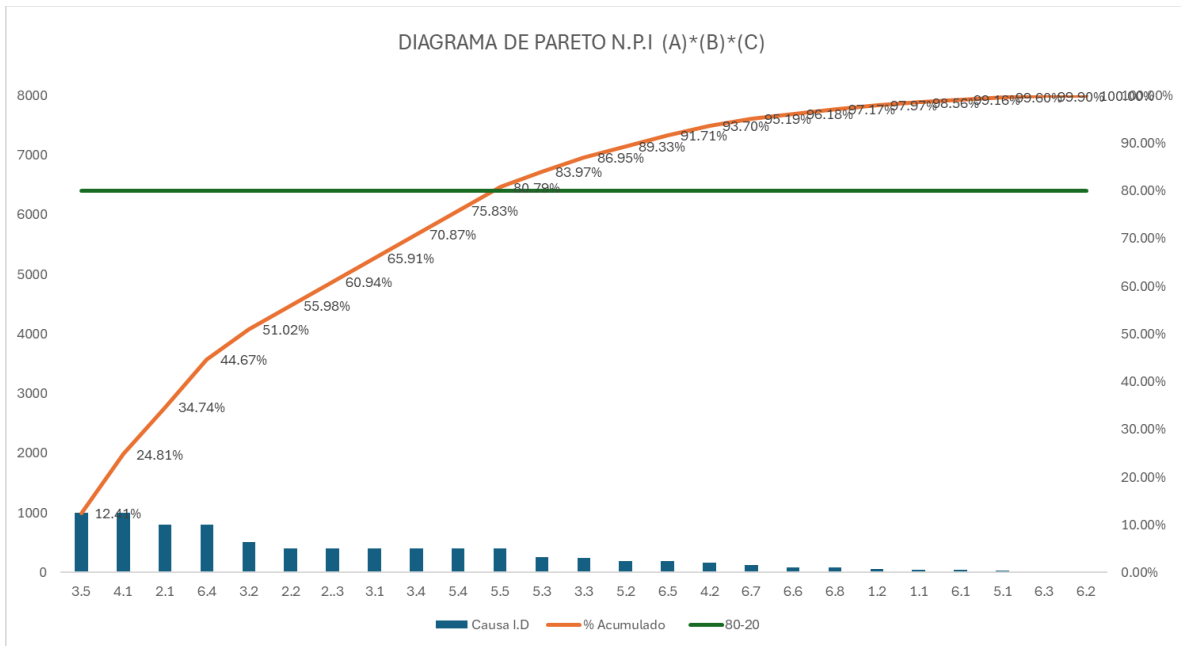


Fuente: Elaboración Propia

### Diagrama de Pareto:

Con base en los datos recopilados, se construyó un diagrama de Pareto que evidenció cuáles causas contribuían en mayor medida a los efectos negativos observados. El cual, permitió priorizar los problemas según su impacto, siguiendo el principio 80/20, y facilitó la toma de decisiones enfocadas en las causas más significativas. Por ejemplo, se observaron repeticiones constantes en causas como interrupciones en el flujo de piezas, sobrecarga de tareas para los operarios y errores en la secuencia operativa.

Ilustración 17: Diagrama de Pareto 80-20



Fuente: Elaboración Propia

## Técnica de los Cinco Por Qué

Con el propósito de profundizar en el origen real de los problemas identificados, se aplicó la técnica de los Cinco Por Qué, la cual consistió en formular de manera consecutiva la pregunta “¿por qué?” partiendo de un problema específico, hasta llegar a su causa fundamental.

Ilustración 18: Herramienta de los 5 Porqué

**PLANTILLA DE LOS 5 PORQUÉS**

<b>DEFINIR EL PROBLEMA</b>	Defina el problema aquí				
<b>¿POR QUÉ ES UN PROBLEMA?</b>	<p><b>CAUSA PRINCIPAL</b></p> <p>¿Por qué está sucediendo?</p> <p>1. Está sucediendo porque</p> <p>¿Por qué ocurre eso?</p> <p>2. Está sucediendo porque</p> <p>¿Por qué ocurre eso?</p> <p>3. Está sucediendo porque</p> <p>¿Por qué ocurre eso?</p> <p>4. Está sucediendo porque</p> <p>¿Por qué ocurre eso?</p> <p>5. Está sucediendo porque</p> <p><b>CAUSA DE ORIGEN</b></p>				<p>NOTA: Si el "Porqué" final no tiene una solución controlable, vuelva al "Porqué" anterior.</p>
<b>MEDIDAS CORRECTIVAS A TOMAR</b>	<p><b>MEDIDAS CORRECTIVAS</b></p> <p>Describe la medida aquí</p>				<p>RESPONSABLE</p> <p>FECHA DE ACCIÓN PARA COMENZAR</p> <p>FECHA DE FINALIZACIÓN</p>

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar esta herramienta permitió ir más allá de los síntomas visibles y evitar quedarse únicamente en soluciones superficiales o correctivos temporales. Ya que, al aplicar los Cinco Por Qué sobre los principales hallazgos obtenidos en las herramientas antes descritas en esta sección, permitió evidenciar que varias de las dificultades tenían su origen en aspectos estructurales del proceso.

Tabla 6: Metodología para la Propuesta de Mejora identificación de Causas Raíz

Etapa	Objetivo específico	
<b>Analizar</b>	Analizar la información recopilada para la identificación de las causas raíz que generan baja productividad y reprocesos en las máquinas Camsoft.	
Actividades	Herramientas	Responsables
Analizar y evaluar el problema y causas en la gestión	Diagrama de Ishikawa Diagrama de Pareto Cinco Por qué	Investigador

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Esta sección presentó las acciones llevadas a cabo durante la fase de implementación del proyecto, correspondiente a la etapa "Mejorar" de la metodología DMAIC. En esta fase se desarrollaron y ejecutaron las soluciones diseñadas con base en el análisis previo, buscando optimizar el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft.

La implementación se enfocó en reducir los reprocesos, aumentar la eficiencia operativa y disminuir la carga física del personal, garantizando que las mejoras fueran sostenibles, medibles y alineadas con los objetivos definidos desde el inicio del proyecto.

Durante esta etapa, se propusieron y ejecutaron soluciones enfocadas en la implementación de mejoras dentro del proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft, del área de Special Grinding.

Las actividades estuvieron orientadas a atacar directamente las causas raíz identificadas previamente, con el propósito de aumentar la eficiencia, reducir los reprocesos y aliviar la carga operativa del personal.

## Propuesta de acciones de mejora

Se llevó a cabo una sesión de tormenta de ideas en la que participaron el investigador y el jefe del área, la cual, facilitó la generación de múltiples alternativas para abordar las causas detectadas con mayor participación. Además, el diálogo entre ambas partes permitió unir el conocimiento técnico del investigador con la experiencia operativa del área, lo que enriqueció el planteamiento de soluciones realistas y viables dentro del contexto de planta.

## Desarrollo de soluciones

Una vez seleccionadas las ideas con mayor potencial, se procedió al desarrollo de soluciones concretas, las cuales fueron documentadas y alineadas con los objetivos del proyecto. Para ello, se utilizaron tableros de control, que sirvieron como herramienta visual para organizar, monitorear y validar cada acción planteada, permitiendo asegurar el cumplimiento de los indicadores clave y facilitar el seguimiento interno de los avances.

## Diseño del plan de implementación

Se estructuró un plan de implementación utilizando un diagrama de Gantt, en el cual se definieron las tareas específicas, los responsables, los tiempos estimados y la secuencia lógica de ejecución, el cual, brindó una visión clara de las mejoras, facilitando una ejecución ordenada, con enfoque en la sostenibilidad de los resultados.

Tabla 7: Metodología para la Implementación

Etapa	Objetivo específico	
<b>Implementar</b>	Proponer soluciones enfocadas en la implementación de mejoras tecnológicas en el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding.	
Actividades	Herramientas	Responsables
Proponer acciones de mejora para dar solución al problema y sus causas	Tormenta de Ideas	Investigador / Jefe de área
Desarrollo de Soluciones	Herramienta Tableros de Control	Investigador
Diseñar un plan de implementación	Diagrama de Gantt	

Fuente: Elaboración Propia

### **3.5 METODOLOGÍA PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO**

En esta última etapa del proyecto, se establecieron las acciones necesarias para asegurar que las mejoras implementadas se mantuvieran en el tiempo y no perdieran efectividad con el paso de los días.

Durante la fase de Control, se dio seguimiento al comportamiento del proceso, monitoreando los resultados obtenidos y detectando oportunamente cualquier desviación. Por lo cual, se trabajó en conjunto con el personal correspondientes supervisores y jefaturas del área, definiendo indicadores claros, rutinas de verificación y herramientas visuales que facilitaron el control operativo diario.

Esta etapa permitió consolidar los logros alcanzados, sino que también fomentó una cultura de mejora continua entre los colaboradores, fortaleciendo su sentido de pertenencia y compromiso con los cambios implementados.

#### **Documentación y estandarización del proceso**

Se generó documentación clave que formalizó los nuevos procedimientos y prácticas adoptadas, además, se redactaron manuales instructivos operativos, formatos de registro y guías prácticas que ayudaron a estandarizar la labor diaria, los mismos permitieron que el conocimiento no quedara solo en manos de unos pocos, sino que fuera accesible para todo el equipo de trabajo, favoreciendo la continuidad y el aprendizaje compartido.

#### **Reforzamiento de conocimientos y buenas prácticas**

Se promovió un espacio de capacitación donde el personal tuvo la oportunidad de conocer en detalle los cambios aplicados, resolver dudas y compartir experiencias. fortaleciendo el compromiso del equipo con las nuevas formas de operar y generando confianza con las herramientas claras para su ejecución, generando un enfoque cercano y participativo.

#### **Seguimiento mediante indicadores**

Se elaboraron indicadores específicos que permitieron dar seguimiento a las variables más importantes del proceso, como el tiempo de alimentación, los reprocesos o las interrupciones, los mismo se monitorearon de forma periódica, gracias a ellos es posible visualizar si las

acciones estaban funcionando o si era necesario ajustar alguna medida. asegurando que el proyecto no solo tuviera resultados inmediatos, sino también continuidad a largo plazo.

Tabla 8: Metodología para el Control y Seguimiento

Etapa	Objetivo específico	
<b>Controlar</b>	Establecer mecanismos de control a los indicadores clave del proceso, asegurando la sostenibilidad de las mejoras implementadas	
Actividades	Herramientas	Responsables
Generar documentación clave para estandarizar procesos y su administración	Estandarización Documental	Investigador / Jefaturas de área
Reforzar los conocimientos y las buenas prácticas	Capacitación	
Elaborar indicadores de seguimiento	Indicadores	

Fuente: *Elaboración Propia*

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ**

En este capítulo se analiza de forma detallada la situación actual del proceso, siguiendo la metodología descrita en el capítulo anterior. El propósito es atender de manera progresiva cada uno de los objetivos específicos planteados, comprendiendo no solo lo que ocurre en la operación diaria, sino también las razones detrás de las dificultades que enfrentan tanto los equipos como el personal.

Este análisis busca dar sentido a los datos y observaciones recolectadas, combinando herramientas técnicas con la experiencia de quienes forman parte del proceso, construyendo una base sólida para realizar las propuestas que realmente respondan a las necesidades del área y contribuyan a una operación más eficiente y sostenible.

#### **4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En el área de Special Grinding de TE Connectivity, el proceso de alimentación de piezas se realiza actualmente de forma completamente manual, esto significa que cada máquina depende de la presencia constante de un operario dedicado únicamente a colocar las piezas, lo cual convierte esta tarea en una actividad repetitiva, demandante y propensa a errores.

En el día a día, esta forma de trabajar genera consecuencias tanto para la empresa como para el personal, desde el punto de vista organizacional, se traduce en mayores costos operativos, pérdida de tiempo productivo y disminución de la eficiencia del proceso. Para los operarios, implica realizar movimientos repetitivos múltiples (MRM) durante toda la jornada, lo que provoca cansancio físico, mayor esfuerzo y presión por mantener el ritmo de producción.

A pesar de estas limitaciones, la situación también abre una oportunidad importante de mejora, con la posibilidad de automatizar el proceso permitiendo simplificar la operación, reducir errores, aprovechar mejor el tiempo disponible y, sobre todo, disminuir la carga física del personal, generando un entorno de trabajo más seguro y ergonómico.

##### **4.1.1 Caminata Gemba**

En esta sección se presentan los resultados de la caminata Gemba realizada en el proceso de alimentación manual de piezas en la máquina Camsoft del departamento de Special Grinding, basada en la observación directa del proceso en condiciones reales de operación. El análisis

permite evaluar objetivamente la secuencia de actividades, la interacción hombre-máquina y las condiciones de trabajo.

Asimismo, se exponen los principales hallazgos relacionados con la eficiencia del método, la ergonomía, la seguridad, la calidad y la gestión del tiempo, identificando desviaciones y oportunidades de mejora que impactan el desempeño del área.

Tabla 9: Levantamiento de Caminata Gemba

### CAMINATA GEMBA

Definir el problema asociado a la alimentación manual de piezas en las máquinas Camsoft en el área de Special Grinding.							
Nombre del Proceso :	Proceso de alimentación manual de piezas			Reglas			
Día:	02/02/2026	Equipo/Departamento:	SPECIAL GRINDING	Horario:	6:00 am a 2:00 pm	Persona:	10
				Enfoque:		Acciones:	
Paso	Nombre	Descripción del Paso	Prioridad	Oportunidad de Mejora	Respuesta del Empleado	Comentarios	
1	Actividades del Operario	El operario ejecuta una secuencia de actividades manuales que incluye la toma de la pieza, su posicionamiento y orientación, colocación en la máquina, verificación visual, inicio del ciclo, espera durante la operación automática y retiro de la pieza, mismas que se repiten de manera continua en cada ciclo de producción y requieren intervención directa del operario en varias etapas del proceso.	Media	Proceso con alta intervención manual, que genera variabilidad, riesgo ergonómico y errores de posicionamiento. La verificación visual es subjetiva y no estandarizada. Se identifica tiempo muerto durante el ciclo del equipo. Existe oportunidad de mejora mediante estandarización, reducción de desperdicios (movimiento y espera) y automatización gradual.	Positiva	La repetitividad de las actividades manuales puede provocar fatiga física y mental, aumentando la probabilidad de errores, por lo que se recomienda considerarlas en futuras acciones de mejora para asegurar el desempeño, la calidad y el bienestar del operario.	
2	Ciclo de Operación de la Máquina	La máquina ejecuta un ciclo automático de operación con una duración aproximada de 1 minuto, durante el cual no se requiere intervención directa del operario hasta la finalización del proceso.	Bajo	Existe una oportunidad de mejora mediante la automatización y ajuste del ciclo de operación, orientada a optimizar tiempos y permitir un mejor balanceo de tareas del operario durante la ejecución del ciclo, aprovechando el tiempo disponible para actividades de valor agregado sin comprometer la estabilidad del proceso.	Neutral	El ciclo actual es estable y controlado, por lo que la prioridad se clasifica como baja. No obstante, se recomienda evaluar a futuro ajustes de automatización y balanceo de tareas	
3	Tiempos de Espera	Durante el ciclo de operación de la máquina, el operario permanece en tiempo de espera aproximado de 1 minuto, sin requerirse intervención directa hasta la finalización del proceso automático.	Bajo	Existe oportunidad de mejora mediante automatización y ajuste del flujo de trabajo, aprovechando el tiempo de espera para reasignar tareas de valor agregado	Neutral	El tiempo de espera no genera impacto crítico en la operación actual, por lo que se clasifica con prioridad baja	
4	Movimientos repetitivos	El operario realiza extensiones repetitivas del brazo, principalmente del miembro superior dominante, para alcanzar, tomar y posicionar la pieza dentro del área de trabajo de la máquina. Este movimiento se ejecuta en cada ciclo de producción y requiere precisión manual, lo que incrementa la carga física sobre hombro, brazo y muñeca.	Alto	Implementar un rediseño ergonómico del puesto y acercamiento del punto de toma y colocación, reduciendo esfuerzo físico y riesgo musculoesquelético.	Positiva	La actividad presenta un nivel de prioridad alto debido a la sobrecarga muscular en hombro y brazo, el riesgo de fatiga acumulativa y la posible afectación ergonómica a mediano plazo. La respuesta del empleado es positiva, lo que indica apertura al cambio y facilita la implementación de mejoras	
5	Controles Visuales	Se integra de manera continua a la operación de alimentación manual de piezas en las máquinas CAMSOFT y tiene como objetivo asegurar la correcta colocación de la pieza, el cumplimiento de los parámetros del proceso y la continuidad segura de la operación, antes, durante y después del ciclo de rectificado.	Alto	Optimizar los controles visuales mediante el ajuste de alturas y distancias, así como la ubicación óptima del área de control, con el fin de reducir alcances innecesarios durante la operación	Positiva	La implementación de estas mejoras contribuirá a una menor fatiga física del operario, una reducción de riesgos musculoesqueléticos y una mejora en la comodidad y concentración durante la operación.	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Tabla N.º 9, los resultados de la caminata Gemba evidencian una variabilidad en los niveles de riesgo e impacto asociados a los factores evaluados en el proceso de alimentación manual de piezas.

En la columna de prioridades se identifican niveles bajos, medios y altos, destacándose dos indicadores en nivel alto, los cuales representan condiciones críticas que requieren atención prioritaria.

Los principales riesgos identificados se relacionan con:

- Sobrecarga ergonómica
- Posturas forzadas
- Movimientos repetitivos
- Dependencia excesiva del trabajo manual

Los cuales pueden generar impactos directos en:

- La seguridad del operario
- Aumento de la fatiga
- La probabilidad de lesiones musculoesqueléticas y una disminución en la eficiencia del proceso, afectando el desempeño operativo y la continuidad de la producción.

Por otra parte, los factores clasificados en nivel bajo corresponden a aspectos actualmente bajo control y sin riesgo inmediato; sin embargo, es necesario mantener su monitoreo para evitar su deterioro, por su parte, los niveles medios actúan como señales de alerta temprana, indicando oportunidades de mejora antes de que estas condiciones evolucionen hacia escenarios de mayor impacto.

Adicionalmente, la columna de percepción de los empleados muestra una actitud mayoritariamente positiva, con la identificación de oportunidades de mejora y algunos aspectos valorados como neutrales, reflejando que el personal reconoce los riesgos existentes y, pese a su presencia, mantiene una disposición abierta para participar en mejoras, lo cual constituye un elemento clave para implementar acciones correctivas efectivas y avanzar hacia un proceso más seguro, eficiente y sostenible.

### 4.1.2 Entrevista Electrónica

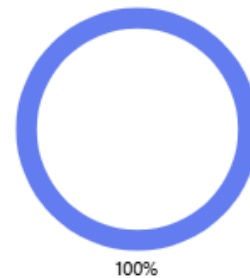
En esta sección se presentan los resultados obtenidos a través de la entrevista electrónica realizada, este proceso permitió conocer de manera directa las opiniones, experiencias y percepciones de los participantes, quienes aportaron información valiosa desde su propia realidad.

Por otra parte, la modalidad digital facilitó una participación más dinámica y accesible, permitiendo que cada respuesta reflejara con claridad la perspectiva individual lo cual, expresan puntos de vista que enriquecen el análisis y orientan la toma de decisiones con mayor cercanía y comprensión del contexto.

A continuación, se presentan las respuestas:

1. ¿El proceso actual de alimentación de piezas cuenta con un procedimiento estandarizado? (0 punto)

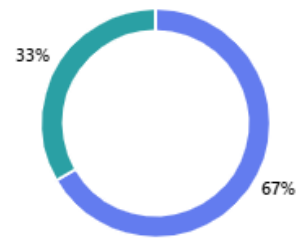
● SI 9  
● NO 0



Como se observa en la gráfica, las respuestas del grupo que participó en la entrevista electrónica evidencian que el proceso se encuentra estandarizado. La mayoría de los participantes coincide en señalar que existen lineamientos definidos y procedimientos claros que orientan su ejecución, lo cual refleja un nivel de organización y uniformidad en su desarrollo.

2. ¿Considera que la frecuencia de atascos o interrupciones en la alimentación de piezas es alta? (0 punto)

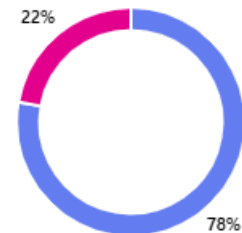
● SI	6
● NO	0
● OCASIONALMENTE	3



Del total de personas encuestadas, 6 (67%) consideran que la frecuencia de atascos es alta, mientras que 3 (33%) señalan que ocurre ocasionalmente. Ningún participante indicó que no existan interrupciones. Por lo tanto, se evidencia que el proceso presenta problemas recurrentes que impactan la continuidad operativa, reflejando una oportunidad clara de mejora en términos de flujo, abastecimiento o diseño del sistema de alimentación.

3. ¿Tiene acceso constante a los materiales/piezas necesarios sin necesidad de detener la máquina? (0 punto)

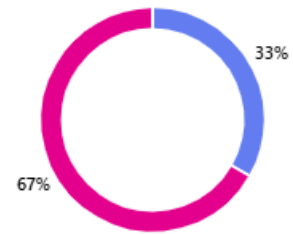
● SIEMPRE	7
● A VECES	2
● CASI NUNCA	0



La mayoría de las personas encuestadas, un 78% (7 participantes) indican que siempre cuentan con acceso constante a los materiales necesarios, lo cual, sugieren que el sistema de abastecimiento presenta un nivel adecuado de disponibilidad, contribuyendo a la continuidad operativa y a la estabilidad del proceso productivo. Sin embargo, (22%) mencionan que el acceso solo se da en algunas ocasiones. Aunque no representa la mayoría, esta percepción evidencia que aún se presentan ciertas situaciones puntuales que pueden afectar el flujo normal de trabajo

4. ¿Cuánto tiempo promedio dedica por ciclo a la alimentación manual de piezas? (0 punto)

● MENOS DE 30 SEGUNDOS	3
● ENTRE 30 SEGUNDOS Y 1 MINUTO	6
● MÁS DE 1 MINUTO	0



La mayoría de los encuestados (67%) dedica entre 30 segundos y 1 minuto a la alimentación manual de piezas, mientras que el 33% tarda menos de 30 segundos. Ninguno supera el minuto por ciclo.

Esto indica que el tiempo invertido no es excesivo, pero representa una oportunidad de mejora, ya que pequeñas reducciones podrían generar un impacto positivo en la productividad total del proceso.

5. ¿La tarea de alimentación le genera una carga física significativa durante el turno? (0 punto)

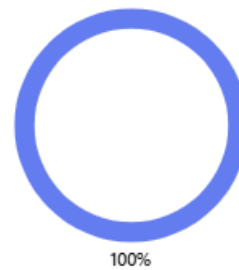
● ALTA	4
● MODERADA	5
● BAJA	0



Los resultados muestran que la totalidad de los encuestados percibe que la tarea genera algún nivel de carga física, un 56% la considera moderada y un 44% la califica como alta, mientras que nadie la percibe como baja.

6. ¿Ha recibido capacitación específica para esta operación? (0 punto)

● SI 9  
● NO 0



En estos resultados el 100% de los entrevistados confirman que han sido capacitados en la operación de que ejecutan.

7. ¿Existen pausas o tiempos muertos frecuentes entre la llegada de las piezas y su alimentación a máquina? (0 punto)

● SI 8  
● NO 0  
● DEPENDE DEL TURNO 1



Desde una perspectiva técnica y de gestión operativa, los resultados son contundentes: el 89% de los encuestados (8 personas) afirma que sí existen pausas o tiempos muertos frecuentes entre la llegada de las piezas y su alimentación a máquina, mientras que un 11% indica que depende del turno. Ningún participante respondió que no existan estos tiempos muertos

8. ¿Qué mejoras considera necesarias para reducir el tiempo y esfuerzo en la alimentación de piezas?

9 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Un collet que ayude a presionar la pieza
2	anonymous	Una alimentación de piezas más rápida
3	anonymous	Que sea más automático
4	anonymous	Que el pistón no sea manual
5	anonymous	Que el collet sea automático y se ajuste del panel de instrumentos
6	anonymous	Que el collet manual no sea tan duro
7	anonymous	El realizar las tareas y cargar Manualmente las piezas
8	anonymous	Mientras se hace revisión de piezas la máquina no carga piezas
9	anonymous	El collet se pega mucho

Como se puede observar las respuestas no son aisladas, ya que convergen en un diagnóstico claro, donde el proceso tiene oportunidades de mejora en ergonomía, automatización y sincronización operativa, por lo tanto, el personal no solo percibe esfuerzo físico, sino también ineficiencias mecánicas y operativas.

9. Desde su experiencia, ¿qué causa más demoras o interrupciones durante esta operación?

9 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Las cargas manuales
2	anonymous	Que las piezas se peguen
3	anonymous	La carga manual
4	anonymous	Que la máquina sea muy manual
5	anonymous	Los ajustes manuales
6	anonymous	Si el collet manual se atasca hace que se uno haga más fuerza
7	anonymous	Dejar la máquina y realizar otras tareas
8	anonymous	Que la máquina dependa del operador
9	anonymous	Que el collet manual ya está viejo y hay que ajustar mucho

Las respuestas informan que las principales demoras se deben a la alta manualidad del proceso y a problemas con el collet, como atascos, desgaste y ajustes frecuentes, las interrupciones están asociadas a la dependencia del operador y a deficiencias mecánicas que afectan la fluidez y estabilidad de la operación.

10. ¿Qué cambios propondría para hacer más eficiente o ergonómico el proceso actual?

9 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Que no sea Manual
2	anonymous	Que las piezas no se peguen tanto
3	anonymous	Cambiar la carga manual por un ajuste automático
4	anonymous	Que la máquina sea más independiente en ajustar el material
5	anonymous	Un collet neumático
6	anonymous	Que el collet sea menos duro
7	anonymous	Que la carga no sea manual
8	anonymous	Que las máquinas tengan un ajuste neumático
9	anonymous	Que el collet no se tenga que ajustar manualmente

Queda evidente la necesidad de reducir la manualidad del proceso, especialmente mediante la automatización del ajuste y la carga, así como la implementación de sistemas neumáticos. Por lo cual, el personal propone mejoras orientadas a disminuir el esfuerzo físico, eliminar ajustes manuales y aumentar la eficiencia y estabilidad operativa.

#### 4.1.3 Flujo del proceso de alimentación de piezas

Con el propósito de reforzar lo observado durante la evaluación en campo, a continuación, se presenta el flujo del proceso actual de alimentación de piezas, mismo que permite comprender con mayor detalle la operativa real del proceso, facilitando la visualización de la secuencia de actividades, la interacción entre el operario y la máquina, así como los puntos críticos del método de trabajo.

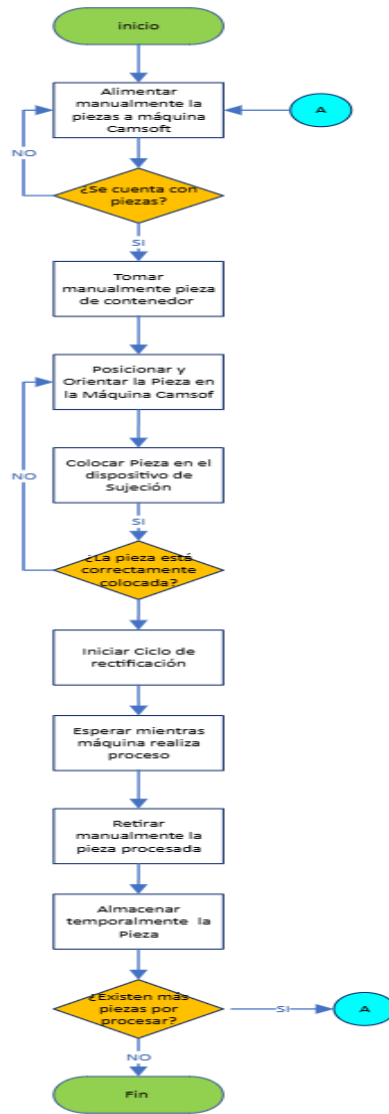
El mismo contribuye a un mejor entendimiento e identificación de las causas que generan los problemas identificados, sirviendo como base para el análisis de riesgos, la identificación de

mudas y la definición de oportunidades de mejora orientadas a optimizar el desempeño del proceso.

Las actividades el mismo son:

1. Alimentar manualmente la pieza a la máquina Camsoft
2. Verificar si se cuenta con piezas
  - a. Si, Continuar
  - b. No, Alimentar manualmente
3. Tomar manualmente la pieza del contenedor
4. Posicionar y orientar la pieza manualmente
5. Colocar la pieza en el dispositivo de sujeción
6. Verificar si la pieza esta correctamente colocada
  - a. Si, Iniciar Ciclo productivo
  - b. No, Posicionar correctamente
7. Iniciar el ciclo de rectificación
8. Esperar mientras la máquina realiza el proceso
9. Retirar manualmente la pieza procesada
10. Almacenar temporalmente las piezas
11. Verificar si Existen más pieza por procesar
  - a. Si, Fin
  - b. No, Iniciar nuevamente proceso

Ilustración 19: Diagrama de Flujo del Proceso Actual



Fuente: Elaboración Propia

El flujo del proceso actual muestra que la mayoría de las actividades dependen directamente del trabajo manual del operario (mayor al 50% de las actividades), desde la toma y colocación de las piezas hasta su retiro y almacenamiento, el mismo se apoya en verificaciones visuales constantes y en la repetición continua de movimientos, lo que exige atención permanente y esfuerzo físico durante toda la jornada.

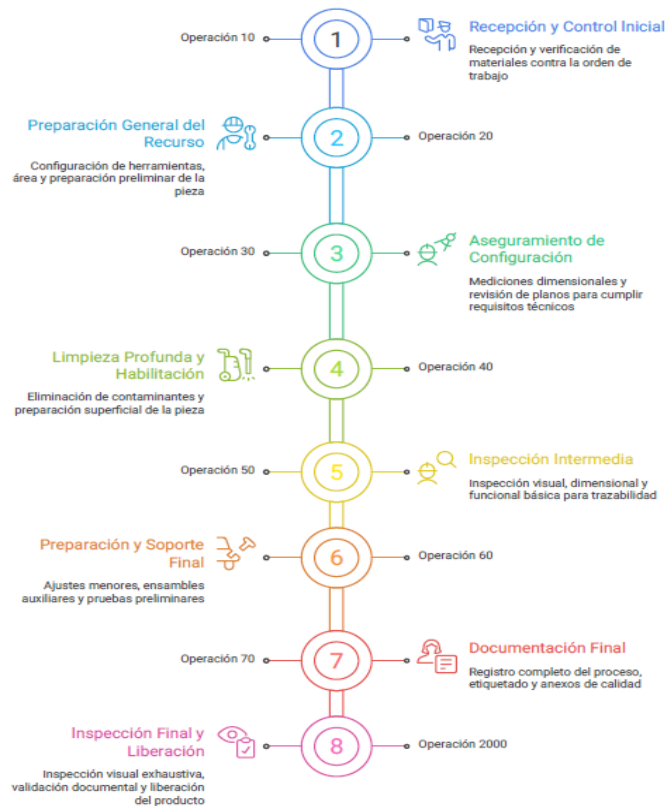
Este esquema de trabajo, aunque funcional, genera ciclos repetitivos y una alta carga operativa, lo que puede provocar fatiga, riesgos ergonómicos y variabilidad en el desempeño.

Por lo tanto, el flujo permite entender con mayor claridad cómo se ejecuta el proceso en la práctica y refuerza lo observado durante la caminata Gemba, sirviendo como base para identificar las causas de los problemas y las oportunidades de mejora.

### Flujo de Operaciones

Como parte del proceso de profundización y análisis detallado de las actividades involucradas, se presenta a continuación el flujo de las operaciones que conforman el proceso productivo. Este flujo permite visualizar de manera ordenada y secuencial cada una de las etapas, desde la Operación 10 hasta la Operación 2000, asegurando una comprensión integral de la interacción entre recepción, preparación, verificación, acondicionamiento, inspección y liberación del componente.

Ilustración 20: Flujo de Operaciones



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describe cada una de las operaciones descritas en la ilustración 20 y comprender s objetivo dentro del proceso.

- **Operación 10 – INVENHE: Recepción y control inicial de materiales**

Esta operación establece el punto de entrada formal del material al proceso productivo. Su objetivo es asegurar que los materiales recibidos coincidan plenamente con la orden de trabajo en cuanto a número de parte, lote y cantidad, y que cumplan con las condiciones físicas y documentales requeridas. Incluye la inspección visual inicial para detectar daños, deformaciones o contaminación, así como el registro e identificación del material en el sistema correspondiente, garantizando trazabilidad desde el inicio del proceso.

- **Operación 20 – PGRD-H : Preparación general del recurso**

En esta etapa se acondiciona el entorno de trabajo y los recursos necesarios para el procesamiento del componente. Se configuran herramientas, dispositivos y equipos de sujeción, asegurando que el área cumpla con los estándares de seguridad, orden y calidad. Adicionalmente, la pieza es preparada mediante limpieza ligera, protección temporal u orientación correcta, con el fin de dejarla lista para las validaciones técnicas posteriores.

- **Operación 30 – SGRD-H: Aseguramiento de configuración**

Esta operación tiene como finalidad confirmar que el componente cumple con los requisitos técnicos y de ingeniería antes de continuar con procesos posteriores. Se realizan mediciones dimensionales básicas, revisión de planos y validación de revisiones de ingeniería, boletines técnicos o cambios de diseño aplicables. Cualquier desviación detectada es documentada y canalizada a ingeniería, asegurando que el proceso avance únicamente con configuraciones conformes y autorizadas.

- **Operación 40 – CLHYUH: Limpieza profunda y habilitación del componente**

Corresponde al proceso de eliminación total de contaminantes que puedan afectar la calidad del producto o interferir con operaciones subsecuentes. Incluye la remoción de lubricantes, residuos de manufactura y partículas externas mediante métodos químicos o mecánicos,

seguido de secado controlado y preparación superficial cuando aplica. El objetivo es dejar el componente en condiciones óptimas y estables para inspección detallada o transformación.

- **Operación 50 – INSP-HE: Inspección intermedia del proceso**

Esta inspección valida que las operaciones previas hayan sido ejecutadas conforme a los requisitos establecidos. Se realizan verificaciones visuales, dimensionales y funcionales de acuerdo con la especificación técnica aplicable. Los resultados se documentan para asegurar trazabilidad, permitiendo la detección temprana de desviaciones y la definición oportuna de acciones correctivas antes de avanzar en el proceso.

- **Operación 60 – P&S-HER: Preparación y soporte previo a cierre**

En esta etapa se ejecutan ajustes finales y actividades de soporte necesarias para asegurar que el componente se encuentra en condiciones óptimas antes del cierre documental. Incluye la instalación de subcomponentes, aplicación de torques, alineamientos estructurales y pruebas funcionales preliminares. Su función principal es garantizar estabilidad, funcionalidad y preparación integral del componente.

- **Operación 70 – FDOCUH: Documentación final del proceso**

Esta operación consolida toda la información generada a lo largo del proceso productivo. Se registran los resultados de inspecciones, operaciones realizadas, consumos de material, números de lote, fechas, horas y responsables. Incluye la actualización de sistemas electrónicos, etiquetado final y anexos requeridos por calidad o ingeniería, siendo crítica para asegurar trazabilidad completa y cumplimiento durante auditorías internas o externas.

- **Operación 2000 – INSP2: Inspección final y liberación**

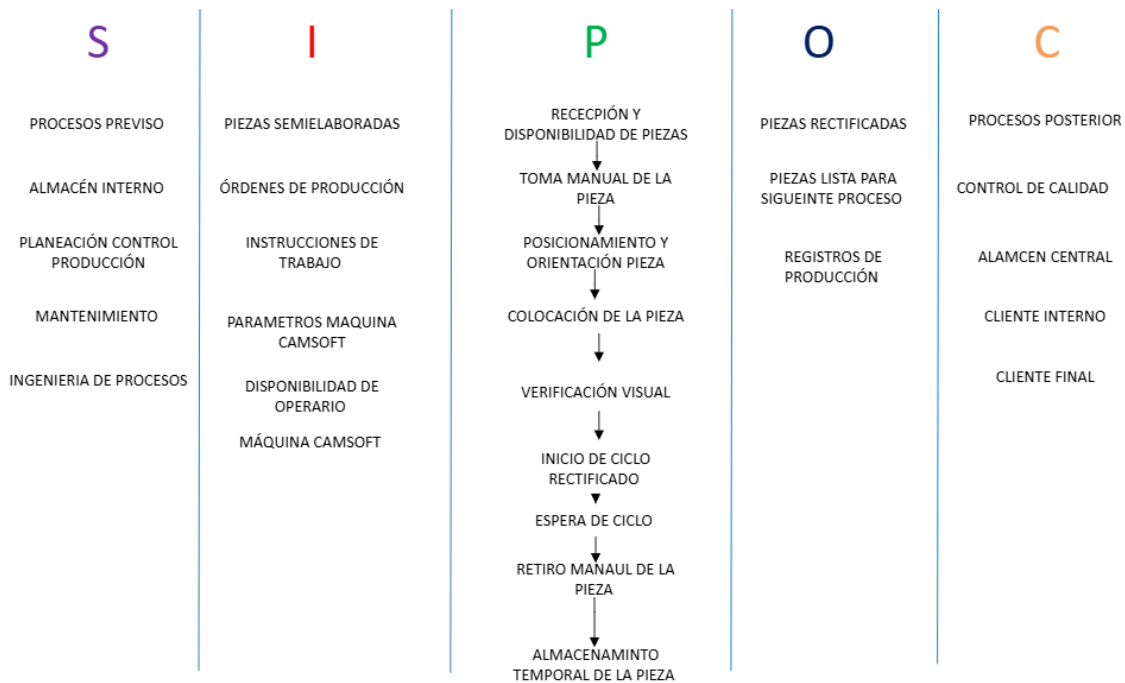
Representa la validación final del producto antes de su liberación. Se ejecuta una inspección exhaustiva que incluye evaluación de tolerancias, inspección visual detallada, revisión contra el checklist oficial del plan de inspección y verificación de la documentación completa. Esta operación confirma el cumplimiento total de los requisitos técnicos, normativos y de calidad, habilitando formalmente la liberación del componente para su siguiente etapa o uso final.

#### 4.1.4 Diagrama de SIPOC

En esta sección se utiliza el diagrama SIPOC como herramienta de análisis, la cual, permite identificar de manera clara y estructurada a los proveedores (Suppliers), las entradas (Inputs), el proceso (Process), las salidas (Outputs) y los clientes (Customers) involucrados, facilitando una visión global del sistema antes de profundizar en el análisis detallado.

El mismo permite delimitar el alcance del proceso, entender sus interacciones clave y establecer una base sólida para la identificación de oportunidades de mejora, estandarización y posible automatización. Convirtiéndose en un punto de partida fundamental para el diseño de estrategias orientadas a la eficiencia operativa y la mejora continua.

Ilustración 21; Diagrama de Sipoc



Fuente: Elaboración Propia

El SIPOC presentado permite identificar de forma general los elementos que intervienen en el proceso de alimentación manual de piezas en las máquinas CAMSOFT del área de Special Grinding. Su estructura es correcta y facilita la comprensión del proceso a nivel macro.

### **Proveedores (S)**

Los proveedores son principalmente internos, lo que indica que el proceso depende de una buena coordinación entre áreas como producción, almacén, mantenimiento e ingeniería de procesos.

Desde el punto de vista industrial, esto es positivo, ya que las mejoras pueden gestionarse internamente sin depender de agentes externos.

### **Entradas (I)**

Las entradas incluyen piezas, información (órdenes e instrucciones), la máquina y el operario.

Un punto crítico es que el operario aparece como una entrada clave, lo cual confirma que el proceso es altamente manual y dependiente del recurso humano, generando riesgos de variabilidad, ausentismo y fatiga.

### **Proceso (P)**

El proceso está compuesto por varias actividades manuales repetitivas, seguidas por un ciclo automático de la máquina.

Se observa claramente:

- Alta repetitividad
- Presencia de inspección visual subjetiva
- Tiempo de espera del operario durante el ciclo de rectificado

Esto indica bajo aprovechamiento del recurso humano y oportunidades claras de mejora.

### **Salidas (O)**

Las salidas están bien definidas: piezas rectificadas y listas para el siguiente proceso, además de registros de producción.

Sin embargo, la calidad de estas salidas depende directamente de la correcta ejecución manual, lo que introduce variabilidad en el proceso.

## **Cientes (C)**

Los clientes son internos y el cliente final de forma indirecta. Esto refuerza la importancia del proceso, ya que cualquier error afecta etapas posteriores y la calidad final del producto.

### **4.2 MEDICIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO**

En esta sección se abordan las variables críticas que influyen directamente en la calidad, el costo, el tiempo y la confiabilidad operativa, entendidas no solo como indicadores aislados, sino como componentes interrelacionados dentro de un sistema dinámico. Por lo tanto, se analizan los criterios para identificar variables críticas, los métodos para su cuantificación y los mecanismos de seguimiento que permiten anticipar desviaciones antes de que se materialicen en pérdidas o incumplimientos.

#### **4.2.1 Clasificación de causas casusas**

En este apartado se presentan las causas que ayudan a explicar lo que realmente está ocurriendo en el proceso de alimentación manual de piezas en la máquina Camsoft, por lo tanto, más que señalar problemas aislados, se busca comprender qué factores están influyendo en la carga física del operario, en las interrupciones frecuentes y en las oportunidades de mejora detectadas.

La identificación de estas causas parte tanto de la observación directa realizada durante la Caminata Gemba como de la experiencia y percepción del personal obtenida en la “Entrevista Electrónica”. permitiendo integrar la visión técnica con la realidad cotidiana del puesto de trabajo.

Para organizar el análisis de manera clara y estructurada, las causas se clasificaron bajo el enfoque de las 6M, de esta forma, no solo se entiende mejor el origen de las dificultades, sino que también se facilita la toma de decisiones orientadas a lograr un proceso más seguro, eficiente y sostenible en el tiempo.

#### **Clasificación de la 6M**

Se utilizó el enfoque de las 6M, una herramienta que permite ordenar la información de manera clara y sencilla. Este modelo agrupa los factores en seis categorías: Método, Mano de Obra, Maquinaria, Materiales, Medio Ambiente y Medición.

Este esquema ayuda a ver el proceso como un todo, el cual, permite identificar en qué áreas se concentran las principales situaciones y cómo se relacionan entre sí dentro del sistema de trabajo. Así, se obtiene una visión más completa y organizada de la realidad operativa.

## **1. MÉTODO**

I. Dependencia total del operador

II. Falta de sincronización entre la llegada de piezas y su alimentación a máquina (tiempos muertos)

III. Falta de automatización neumática (Secuencia operativa con movimientos repetitivos múltiples)

## **2.MANO DE OBRA**

IV. Sobrecarga ergonómica sostenida

V. Posturas forzadas durante la operación

VI. Alta repetitividad sin rotación de tareas

## **3.MAQUINARIA**

VII. Atascos frecuentes del collet

VIII. Ajustes manuales frecuentes por desgaste del collet

IX. Ausencia de mantenimiento predictivo

## **4. MATERIALES**

X. Variabilidad en la presentación o disposición de las piezas para la carga

## **6. MEDIO AMBIENTE**

XI: Diseño no ergonómico del puesto de trabajo (altura y disposición física)

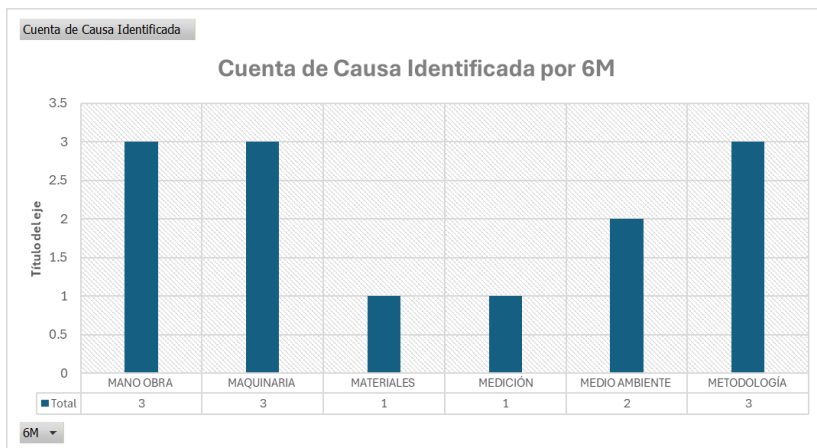
XII. Layout no optimizado para flujo continuo

## **7. MEDICIÓN**

XIII. Ausencia de indicadores formales de riesgo ergonómico y microparadas

A partir de la identificación de las causas, organizadas bajo el enfoque de las 6M y respaldadas por la información recopilada, se decidió profundizar en el análisis mediante una evaluación más detallada de cada una para identificar los elementos que se encuentran participando en el problema.

Ilustración 22: Identificación 6 M



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar en la Ilustración 22, las causas identificadas se concentran principalmente en tres categorías: Maquinaria, Metodología y Mano de Obra, cada una con tres causas significativa, la cual, permite observar con mayor claridad que el problema no se origina en un único factor aislado, sino que responde a elementos técnicos, operativos y humanos que interactúan entre sí y condicionan el desempeño del proceso.

### Ponderación de Causas

Una vez identificadas las causas, se consideró importante analizarlas con mayor detalle para comprender cuáles tienen un mayor peso dentro del proceso y, por lo tanto, necesitan atención prioritaria. Este paso permitió ordenar las situaciones detectadas y enfocar los esfuerzos de mejora de manera más clara y consciente.

La valoración se realizó junto con el personal del área, quienes, desde su experiencia diaria, aportaron una visión muy cercana a la realidad del trabajo. Gracias a su participación fue posible dimensionar qué tan relevante es cada causa, con qué frecuencia ocurre y qué tan fácil o difícil resulta detectarla antes de que genere mayores complicaciones.

Para facilitar la evaluación se utilizó una escala simple de 1 a 5, donde:

- 1 significa que la causa tiene poca importancia o bajo impacto.
- 5 indica que la causa es muy importante o genera un impacto significativo en la operación.

Esta forma de valorar permitió comparar las causas de manera clara y práctica, asegurando que las prioridades definidas respondan tanto al análisis técnico como a la experiencia real del equipo.

A continuación, se presenta la matriz de ponderación, donde se muestran los resultados obtenidos y el nivel asignado a cada una de las causas identificadas.

Tabla 10: Matriz de Criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD						
N° Causa	Causa Identificada	F	I	D	Valor Ponderado	Nivel
6	Dependencia total del operador	5	5	5	125	Alta
1	Sobrecarga ergonómica sostenida	5	5	5	125	Alta
2	Posturas forzadas	5	5	4	100	Alta
3	Movimientos repetitivos constantes	5	5	4	100	Alta
9	Diseño no ergonómico del puesto	5	5	4	100	Alta
5	Ajustes manuales frecuentes del collet	5	4	3	60	Media
4	Atascos frecuentes del collet	2	4	3	24	Media
8	Falta de automatización neumática	2	3	2	12	Media
7	Tiempos muertos entre llegada y alimentación	3	3	3	27	Media
12	Layout no optimizado	2	2	2	8	Media
13	Falta de indicadores ergonómicos formales	2	2	2	8	Media
10	Ausencia de mantenimiento predictivo	1	3	2	6	Media
11	Variabilidad en la presentación de piezas	1	2	2	4	Baja

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla N°10 observar en la matriz se evidencia las causas más importantes están relacionadas principalmente con la alta dependencia del operador y la carga ergonómica del puesto, factores como la sobrecarga física, las posturas forzadas, los movimientos repetitivos y el diseño no ergonómico presentan el nivel más alto de impacto y frecuencia, lo que indica que representan el centro del problema.

Por otra parte, a nivel medio se ubican variables como los ajustes y atascos del collet, la falta de automatización y los tiempos muertos, que afectan la estabilidad y eficiencia del proceso, aunque no con la misma intensidad, confirmando que la prioridad debe centrarse en reducir

la manualidad del proceso y mejorar las condiciones ergonómicas, ya que estas acciones generarían el mayor impacto en la seguridad y el desempeño operativo.

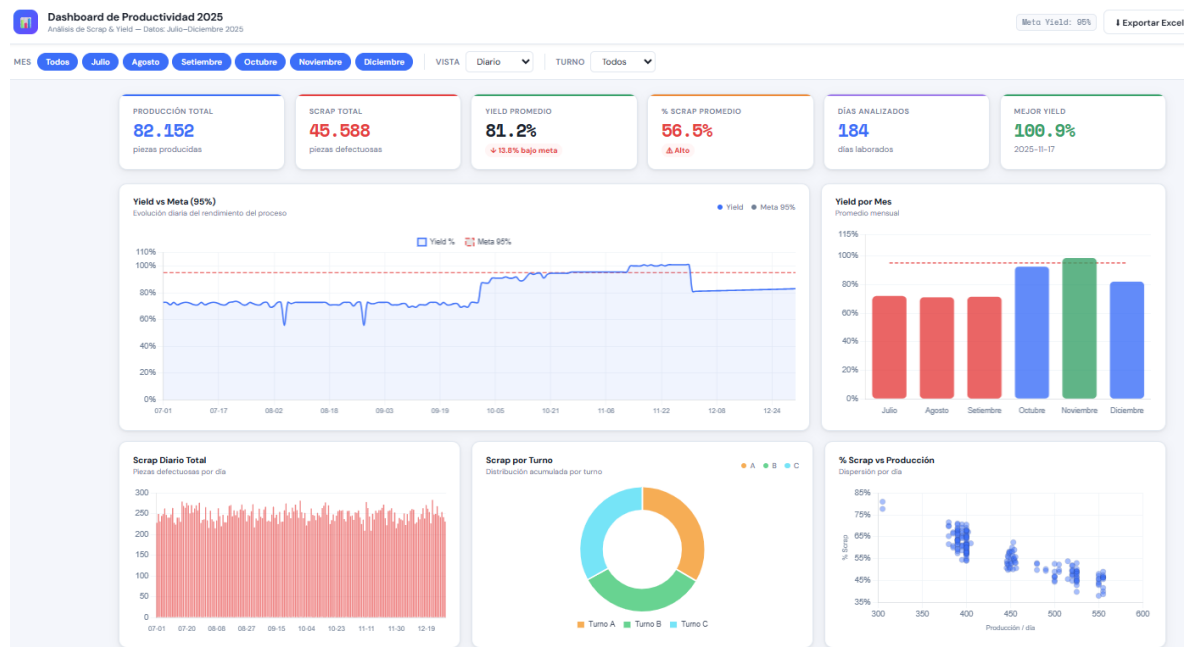
#### 4.2.2 Análisis de Productividad

Durante el período comprendido entre julio y diciembre de 2025 se registraron 184 días laborados, con una producción acumulada de 82.152 piezas.

El desempeño del proceso evidenció una evolución claramente diferenciada en dos etapas. Durante los primeros tres meses (julio, agosto y setiembre), el indicador de Yield se mantuvo de forma consistente por debajo de la meta establecida del 95 %, alcanzando promedios cercanos al 71-72 %, lo que reflejaba una brecha significativa respecto al estándar operativo esperado.

A partir de octubre se observó una mejora sustancial en el desempeño, asociada a un incremento en la producción diaria y a una mayor estabilidad del proceso. Esta tendencia positiva alcanzó su punto máximo en noviembre, con un Yield promedio de 98,48 %, superando incluso el objetivo definido.

Ilustración 23: Productividad II Semestre 2025



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la ilustración N°23 los primeros tres meses del periodo operaron con un Yield promedio del 71.5%, aproximadamente 23.5 puntos porcentuales por debajo de la meta. La producción promedio diaria fue de solo 393 piezas frente a una capacidad de 550, lo que representa una utilización del 71% de la capacidad instalada.

Como días críticos identificados: El 5 y 28 de agosto registraron los peores Yields del semestre (55.45%), con producción caída a 305 piezas/día. Estos valores apuntan a paradas no programadas o incidentes operativos que redujeron drásticamente la capacidad.

Tabla 11: Resumen Mensual producción II Semestre 2025

Mes	días	Prod. Total	Prod. Prom/día	Scrap Total	% Scrap	Yield %
Julio	31	12.272	395.9	7774	63.36%	71.98%
Agosto	31	12.105	390.5	7661	63.55%	71.00%
Setiembre	30	11.780	392.7	7449	63.26%	71.40%
Octubre	31	15.770	508.7	7691	48.79%	92.49%
Noviembre	30	16.250	541.7	7380	45.44%	98.48%
Diciembre	31	13.975	450.8	7633	54.62%	81.96%
<b>TOTAL / PROM</b>	<b>184</b>	<b>82.152</b>	<b>—</b>	<b>45.588</b>	<b>56.50%</b>	<b>81.22%</b>

Fuente. Elaboración Propia

Como se observa en la tabla N°11, el proceso tuvo un inicio débil entre julio y setiembre, con Yield cercanos al 71 % y altos niveles de Scrap, sin embargo, a partir de octubre se evidenció una mejora importante, alcanzando en noviembre el mejor resultado del período con 98,48 %, superando la meta establecida, además, en diciembre se presentó un retroceso hasta 81,96 %, lo que indica que, aunque el proceso puede operar en niveles óptimos, aún requiere mayor estabilidad para sostener los resultados en el tiempo.

Los resultados muestran que cuando el proceso depende totalmente del operador y este trabaja bajo condiciones de sobrecarga, posturas forzadas y movimientos repetitivos, el impacto se refleja directamente en la producción.


La fatiga física no solo afecta la salud, sino también la concentración y la precisión, lo que aumenta el scrap y reduce el Yield. Aunque se demostró que es posible alcanzar altos niveles de desempeño, como ocurrió en noviembre, el retroceso posterior evidencia que sin mejorar

el diseño ergonómico y reducir la dependencia manual, los buenos resultados no se sostienen en el tiempo.

#### 4.2.3 Análisis de Desperdicios (SCRAP)

En este apartado se analiza el comportamiento del **Scrap** diario de producción durante el período comprendido entre el 1 de julio y el 31 de diciembre de 2025, abarcando un total de 184 días de operación distribuidos en tres turnos: Turno A, Turno B y Turno C.

Ilustración 24: Análisis del Scrap, II Semestre 2025

 <b>TABLERO SCRAP DIARIO   Resumen por Mes</b> <small>Producción · Turnos A / B / C · Jul 2025 – Dic 2025</small>								
INDICADORES GLOBALES								
Total Scrap	Prom. Diario	Total Turno A	Total Turno B	Total Turno C	Dias Registrados	Máx Diario	Min Diario	Prom. Total/Turno
45,588	15,196.0	15,240	15,286	15,062	184	283	209	82.6
Mes	Días	Total A	Total B	Total C	Total Scrap	Prom A	Prom B	Prom C
Julio	31	2647	2521	2606	7774	85.4	81.3	84.1
Agosto	31	2567	2538	2556	7661	82.8	81.9	82.5
Setiembre	30	2457	2518	2474	7449	81.9	83.9	82.5
Octubre	31	2622	2559	2510	7691	84.6	82.5	81.0
Noviembre	30	2464	2478	2438	7380	82.1	82.6	81.3
Diciembre	31	2483	2672	2478	7633	80.1	86.2	79.9
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>184</b>	<b>15240</b>	<b>15286</b>	<b>15062</b>	<b>45588</b>	<b>82.8</b>	<b>83.1</b>	<b>81.9</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los datos evidencian que el scrap se distribuye de manera muy similar entre los tres turnos, lo que sugiere que la causa no está asociada al desempeño individual, sino a las condiciones propias del proceso. Al tratarse de un sistema altamente manual y con limitaciones ergonómicas, la variabilidad humana derivada de la fatiga, los movimientos repetitivos y las posturas forzadas impacta directamente en la precisión operativa y, en consecuencia, en el nivel de scrap generado.

Por ello, el resultado observado no debe interpretarse como una falla individual, sino como una consecuencia del diseño actual del puesto de trabajo y de la elevada dependencia del factor humano. Cuando el entorno exige esfuerzos innecesarios o mantiene al operador en posiciones incómodas durante períodos prolongados, la fatiga es inevitable. Y en un proceso de rectificado, donde pequeñas desviaciones pueden traducirse en defectos dimensionales, cualquier variación en la ejecución termina reflejándose en mayores niveles de scrap.

#### 4.2.4 Análisis comparativo por turno

El análisis de los tres turnos operativos a lo largo del período de cinco meses revela un comportamiento notablemente simétrico. Los totales acumulados por turno muestran diferencias mínimas:

- Turno A con 15.240 unidades (33.43%)
- Turno B con 15.286 unidades (33.53%)
- Turno C con 15.062 unidades (33.04%)

Esta distribución casi equitativa con una variación máxima de 224 unidades entre el turno de mayor y menor scrap es estadísticamente relevante.

Tabla 12: Comparativo de Scrap por turno

Turno	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	DIC	TOTAL	% del Total
Turno A	2647	2567	2,457	2622	2464	2483	15,240	33.43%
Turno B	2521	2538	2,518	2559	2478	2672	15,286	33.53%
Turno C	2,606	2,556	2,474	2510	2438	2478	15,062	33.04%
<b>TOTAL</b>	<b>7,774</b>	<b>7,661</b>	<b>7,449</b>	<b>7,691</b>	<b>7,380</b>	<b>7,633</b>	<b>45,588</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

La similitud en los acumulados de los tres turnos tiene una implicación analítica fundamental, el scrap no estaba siendo generado principalmente por factores humanos vinculados a operadores de un turno específico (habilidad, fatiga, concentración), sino por causas raíz de carácter sistémico que afectaban el proceso de manera transversal, independientemente del turno o del equipo de trabajo.

#### Impacto Económico gasto de Scrap

El scrap no es solo un número en un reporte, es dinero que la empresa ya invirtió y que no logró convertirse en producto terminado. Durante el período analizado se generaron **45.588** unidades de desperdicio, lo que representa un impacto económico total de **\$82.970,16**, en términos simples, son casi 83 mil dólares que se destinaron a material, tiempo de máquina, energía y esfuerzo humano sin generar retorno.

Al revisar la distribución por turno, el gasto es muy similar: Turno A con \$27.736,80, Turno B con \$27.820,52 y Turno C con \$27.412,84. Esto confirma que la pérdida no está

concentrada en un grupo específico, sino que forma parte del comportamiento general del proceso.

Tabla 13: Gasto Económico del SCRAP

Turno	TOTAL	Costo Unid	Gasto x Scrap	% del Total
Turno A	15,240	\$1.82	\$27,736.80	33.43%
Turno B	15,286	\$1.82	\$27,820.52	33.53%
Turno C	15,062	\$1.82	\$27,412.84	33.04%
<b>TOTAL</b>	<b>45,588</b>	<b>\$1.82</b>	<b>\$82,970.16</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla N°12 más allá de las cifras, este monto representa una oportunidad clara, ya que cada punto porcentual que se logre reducir en scrap se traduce directamente en ahorro y en mejora del margen. Por eso, entender el impacto económico no busca señalar responsables, sino dimensionar el potencial que existe para optimizar el proceso y fortalecer la rentabilidad de la operación.

### 4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y CAUSAS RAÍZ

En esta sección se presenta el estudio sistemático de los datos recopilados para identificar las causas que están generando problemas en las máquinas Camsoft.

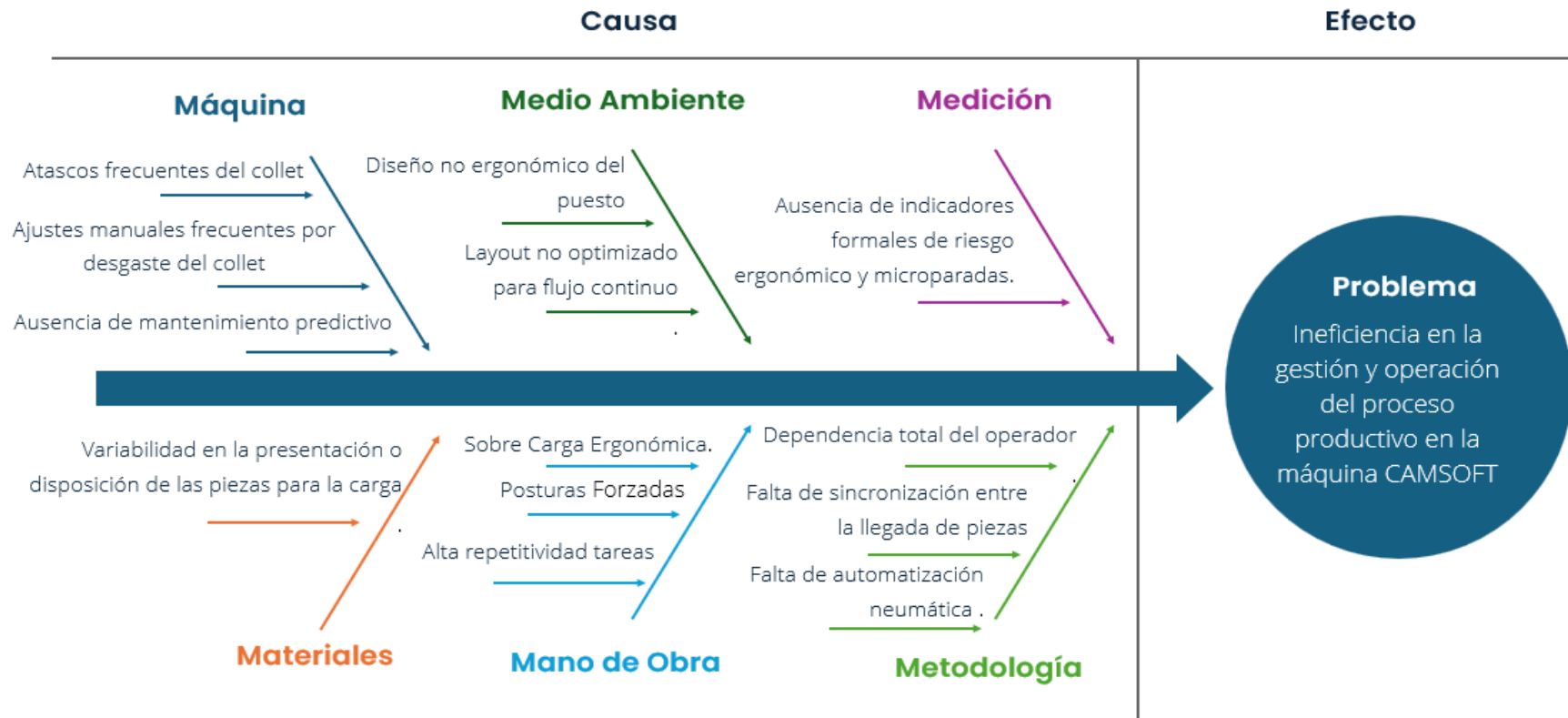
Para ello, se emplearán tres herramientas de calidad el Diagrama de Ishikawa, que permitirá organizar y clasificar las posibles causas; el Diagrama de Pareto, que ayudará a priorizar los factores de mayor impacto; y la técnica de los 5 Porqués, que facilitará profundizar hasta llegar a la causa raíz del problema.

#### 4.3.1 Diagrama causa y efecto o Diagrama de Ishikawa.

A partir de los datos obtenidos mediante observación directa, registros de producción, reportes de fallas y entrevistas al personal, se procede con un análisis crítico utilizando, en primer lugar, el Diagrama de Ishikawa el cual, permitirá organizar y clasificar las posibles causas en categorías estratégicas (métodos, mano de obra, maquinaria, materiales, medio ambiente y medición), facilitando una visión integral del sistema productivo y sus interrelaciones.

Ilustración 25: Diagrama de Ishikawa Causa -Raíz

# Diagrama de ISHIKAWA



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Ilustración N.º 24, se presenta una visión más clara, estructurada y analítica de la participación de cada una de las causas que inciden en el problema raíz. A través de la metodología DMAIC, se logró identificar de manera sistemática un total de 13 causas principales.

A continuación, se describe cada una de ellas, detallando su impacto en la problemática existente y su influencia directa en el desempeño operativo de la máquina Camsoft.

## MÉTODO

- **Dependencia total del operador:** El proceso productivo presenta una dependencia casi total de la intervención manual del operador, lo que genera variabilidad en los tiempos de ciclo y en la calidad de la operación, limitando la estandarización, incrementa el riesgo de errores humanos y reduce la estabilidad del sistema. Además, ante ausencias, fatiga o sobrecarga de trabajo, el desempeño del proceso se ve directamente afectado, evidenciando una baja autonomía operativa de la máquina.

*Ilustración 26: Puesto de Trabajo*



Fuente: Propia

- **Falta de sincronización entre la llegada de piezas y su alimentación a máquina (tiempos muertos):** Se evidencian inconsistencias en el flujo de abastecimiento de piezas hacia la máquina, provocando tiempos muertos y microparadas que impactan negativamente la productividad. La falta de coordinación entre etapas del proceso

genera interrupciones en la continuidad operativa, disminuye la eficiencia global del equipo y afecta el cumplimiento de los estándares de producción establecidos.

- **Falta de automatización neumática (Secuencia operativa con movimientos repetitivos múltiples):** La falta de automatización en la alimentación y manipulación de piezas obliga a realizar múltiples movimientos repetitivos de forma manual, incrementando el tiempo de ciclo y reduciendo la eficiencia del proceso, por lo cual no solo limita la capacidad productiva, sino que también contribuye a la fatiga del operador, aumenta la probabilidad de errores y dificulta la optimización del sistema bajo criterios de mejora continua y manufactura esbelta.

## MANO DE OBRA

- **Sobrecarga ergonómica sostenida:** Esto implica que el operario está expuesto de manera continua a esfuerzos físicos repetitivos y a exigencias biomecánicas que superan niveles recomendables. Esta situación favorece la aparición de fatiga muscular acumulada, disminución progresiva de la precisión en los movimientos y reducción del ritmo de trabajo, afectando tanto la productividad como la calidad del proceso.

*Ilustración 27: Sobre Carga Cervical y Distorsión de Angulo de visión*

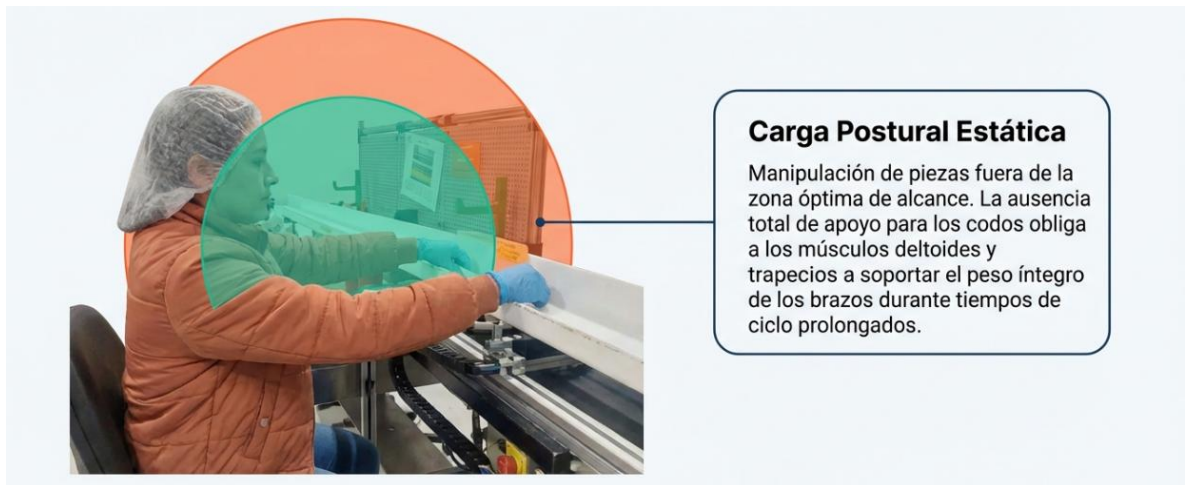


Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la operación debe realizar movimientos repetitivos múltiples desde el punto de operación y la pantalla que se encuentra elevada lo cual, genera estrés cervical.

- **Posturas forzadas durante la operación:** Esto se derivadas de la altura inadecuada del puesto, la disposición física de la máquina o el diseño del entorno genera tensión en zonas críticas del cuerpo como espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, por lo cual, no solo incrementan el riesgo de trastornos musculoesqueléticos, sino que también provocan microparadas, ajustes constantes y variabilidad en la ejecución de las tareas.

*Ilustración 28: Sobre Alcance sostenido y fatiga miembros superiores*



Fuente: Elaboración Propia

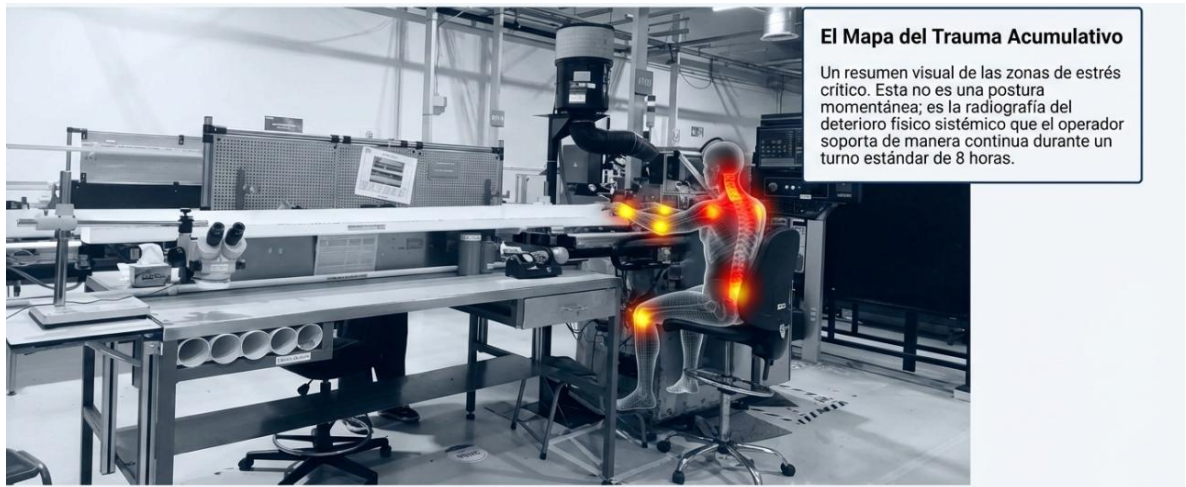
- **Alta repetitividad sin rotación de tareas:** Se intensifica el desgaste físico y mental del operador. La ejecución continua de movimientos idénticos, sin alternancia funcional, reduce la concentración, incrementa la probabilidad de errores y limita la capacidad de respuesta ante desviaciones del proceso. La ausencia de rotación impide además distribuir la carga de trabajo, profundizando la exposición al riesgo ergonómico.

*Ilustración 29: Trampa geométrica continua de la operación*



Fuente: Elaboración Propia

*Ilustración 30: Resumen Sobre carga Ergonómica total*



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar el puesto de trabajo cuenta con un impacto operativo basado en.

**Calidad:** La fatiga muscular sostenida disminuye la motricidad fina, aumentando la probabilidad de micro errores y retrabajo.

**Productividad:** Los alcances incómodos y falta de flujo incrementan el tiempo de ciclo.

**Seguridad:** Alta probabilidad de ausentismos laborales e incrementos en los seguros de riesgos debido a lesiones musculoesqueléticas.

## MAQUINARIA

- **Atascos frecuentes del collet:** Se presentan interrupciones recurrentes en el proceso productivo debido a atascos frecuentes del collet, lo que genera microparadas no planificadas y pérdida sistemática de tiempo efectivo de operación. Esta situación provoca inestabilidad en la sujeción de las piezas, variaciones en la precisión del mecanizado y mayor probabilidad de defectos, impactando negativamente tanto la productividad como la calidad.
- **Ajustes manuales frecuentes por desgaste del collet:** El desgaste progresivo del collet obliga a realizar ajustes manuales frecuentes para mantener la correcta sujeción de las piezas, generando tiempos improductivos y dependencia directa de la intervención del operador. Esta práctica introduce variabilidad en el proceso, incrementa el riesgo de errores humanos y dificulta la estandarización operativa
- **Ausencia de mantenimiento predictivo:** La inexistencia de un programa formal de mantenimiento predictivo limita la capacidad de anticipar fallas asociadas al desgaste de componentes críticos, como el collet, generando intervenciones correctivas no planificadas y paradas imprevistas

## MATERIALES

- **Variabilidad en la presentación o disposición de las piezas para la carga:** Las piezas no siempre llegan a la máquina en la misma posición u orientación, obligando al operador a acomodarlas manualmente antes de iniciar el proceso, situación que genera pequeños retrasos constantes, aumenta el esfuerzo operativo y rompe la continuidad del trabajo.

## MEDIO AMBIENTE

- **Diseño no ergonómico del puesto de trabajo (altura y disposición física):** El puesto de trabajo presenta un diseño no ergonómico en términos de altura y disposición física de los elementos, lo que obligando al operador a adoptar posturas forzadas y realizar movimientos repetitivos fuera de la zona de confort biomecánico, lo que genera una sobrecarga física sostenida, fatiga acumulativa y disminución del

rendimiento, impactando negativamente la productividad y aumentando el riesgo de errores operativos y reprocesos.

*Ilustración 31: Diseño no ergonómico puesto de trabajo*



Fuente: Elaboración Propia

- **Layout no optimizado para flujo continuo:** La distribución física del área de trabajo no está diseñada para favorecer un flujo continuo y eficiente de materiales, provocando desplazamientos innecesarios, tiempos muertos y descoordinación en la alimentación de piezas a la máquina.

*Ilustración 32: Ineficiencia en el entorno Inmediato trabajo*



Fuente: Elaboración Propia

## MEDICIÓN

- **Ausencia de indicadores formales de riesgo ergonómico y microparadas:** La Inexistencia de un sistema formal de indicadores que permita medir, monitorear y controlar los riesgos ergonómicos y las microparadas en el proceso productivo, lo que limita la visibilidad real del desempeño operativo. Lo cual, impide identificar tendencias, cuantificar impactos y establecer acciones correctivas basadas en datos.

### 4.4 CLASIFICAR LAS CAUSAS SEGÚN IMPORTANCIA E IMPACTO EN EL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS EN LA MAQUINA CAMSOFT.

En esta sección se presentan las causas detectadas en el proceso de alimentación de piezas en la máquina CAMSOFT, organizándolas según el nivel de influencia que tienen en los resultados, el propósito no es solo listarlas, sino entender cuáles afectan de manera más directa la calidad, el Yield y la estabilidad de la operación. Al priorizarlas según su impacto real, se busca enfocar los esfuerzos de mejora en aquellos factores que verdaderamente están condicionando el desempeño del proceso y que requieren atención inmediata para lograr resultados sostenibles.

A continuación, se presenta la tabla N.P.I

Tabla 14: Tabla de clasificación de Causas N.P.I

N° Caus	Causa Identificada	F	I	D	Valor Ponderado	% Participación	% Acumulado
6	Dependencia total del operador	5	5	5	125	18%	18%
1	Sobrecarga ergonómica sostenida	5	5	5	125	18%	36%
2	Posturas forzadas	5	5	4	100	14%	50%
3	Movimientos repetitivos constantes	5	5	4	100	14%	64%
9	Diseño no ergonómico del puesto	5	5	4	100	14%	79%
5	Ajustes manuales frecuentes del collet	5	4	3	60	9%	87%
4	Atascos frecuentes del collet	2	4	3	24	3%	91%
8	Falta de automatización neumática	2	3	2	12	2%	92%
7	Tiempos muertos entre llegada y alimentación	3	3	3	27	4%	96%
12	Layout no optimizado	2	2	2	8	1%	97%
13	Falta de indicadores ergonómicos formales	2	2	2	8	1%	99%
10	Ausencia de mantenimiento predictivo	1	3	2	6	1%	99%
11	Variabilidad en la presentación de piezas	1	2	2	4	1%	100%
					699	100%	

Fuente: Elaboración Propia

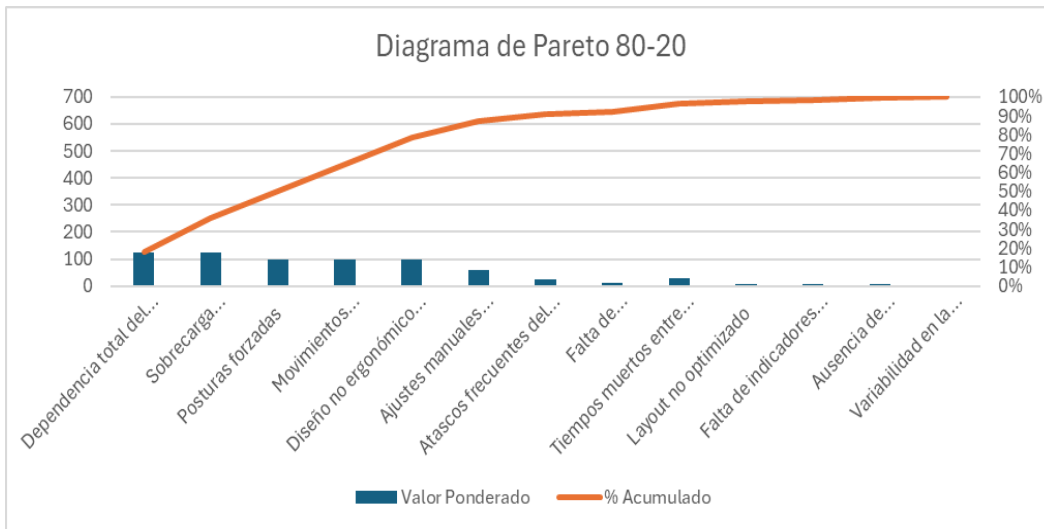
La Tabla N.º 14 se basa en tres aspectos fundamentales para analizar las causas del problema: frecuencia, impacto y duración. A partir de estos criterios se determina el N.P.I. (Número de

Prioridades de Impacto), que permite identificar de manera clara cuáles situaciones están afectando más al proceso.

Más que un simple cálculo, el N.P.I. ayuda a entender qué problemas ocurren con mayor frecuencia, cuáles generan consecuencias más fuertes en la operación y cuáles se prolongan en el tiempo. De esta forma, se facilita enfocar los esfuerzos en lo verdaderamente crítico, priorizando las acciones que tendrán un efecto más significativo en la mejora del desempeño y la estabilidad del proceso.

Para representar de forma más clara y visual la información obtenida, los datos se trasladan a un gráfico de Pareto, lo que permite identificar el principio 80–20 y determinar cuáles factores concentran la mayor incidencia en la efectividad en el proceso de alimentación de piezas en la máquina Camsfot.

Ilustración 33: Gráfica de Pareto 80-20 Impacto Causas



Fuente: Elaboración Propia.

El diagrama muestra que pocas causas concentran la mayor parte del problema. La dependencia del operador, la sobrecarga ergonómica, las posturas forzadas, los movimientos repetitivos y el diseño no ergonómico acumulan cerca del 80 % del impacto en el proceso, lo cual, nos indica que, al intervenir estos factores principales, se puede lograr una mejora significativa en la estabilidad, el Yield y la reducción del scrap.

## 4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS 5 POR QUÉ.

En esta sección se presenta el análisis de los 5 Por Qué, con el fin de profundizar en las causas reales del problema y no quedarnos únicamente en los síntomas. Esta clasificación permite distinguir entre causas superficiales y causas raíz, orientando las acciones de mejora hacia los factores que realmente afectan la estabilidad y el desempeño del proceso de alimentación de piezas en la máquina Camsoft.

Para esta técnica se utiliza la plantilla de los 5 porqué para identificación de la causa raíz.

Tabla 15: Plantilla de los 5 porqués

<b>DEFINIR EL PROBLEMA</b>	Ineficiencia en la gestión y operación del proceso productivo en la máquina CAMSOFT	
<b>¿POR QUÉ ES UN PROBLEMA?</b>	<p><b>CAUSA PRINCIPAL</b></p> <p>¿Por qué existe ineficiencia en la gestión y operación del proceso productivo en la máquina CAMSOFT?</p> <p>1 Porque el proceso presenta altos niveles de scrap y variabilidad en el Yield.</p> <p>¿Por qué se generan altos niveles de scrap y variabilidad en el Yield?</p> <p>2 Porque el proceso depende en gran medida de la intervención manual del operador durante la alimentación y manipulación de piezas.</p> <p>¿Por qué el proceso depende tanto de la intervención manual del operador?</p> <p>3 Porque no existe un sistema automatizado o asistido para la alimentación y sujeción de las piezas en la máquina.</p> <p>¿Por qué no se ha implementado un sistema automatizado o rediseñado el puesto de trabajo?</p> <p>4 Porque el diseño actual del puesto no fue concebido bajo criterios ergonómicos ni de mejora continua, sino bajo un enfoque operativo básico.</p> <p>¿Por qué el diseño del puesto no consideró criterios ergonómicos y de eficiencia desde el inicio?</p> <p>5 Porque no se realizó un análisis integral del proceso que integrara variables ergonómicas, productivas y de gestión antes de su implementación.</p> <p>NOTA: Si el "Porqué" final no tiene una solución controlable, vuelva al "Porqué" anterior.</p>	
<b>MEDIDAS CORRECTIVAS A TOMAR</b>	<p><b>MEDIDAS CORRECTIVAS</b></p> <p>La medida correctiva consiste en rediseñar el proceso de alimentación en la máquina CAMSOFT, incorporando mejoras ergonómicas y automatización parcial para reducir la dependencia del operador. Con ello se busca disminuir la variabilidad, reducir el scrap y asegurar un rendimiento estable y sostenible en el tiempo.</p>	<p>RESPONSABLE Wendel Abarca Jiménez</p> <p>FECHA DE ACCIÓN PARA COMENZAR 06/03/2026</p> <p>FECHA DE FINALIZACIÓN 06/09/2026</p>

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Tabla N.º 15, la técnica de los 5 Por Qué se aplicó paso a paso, partiendo del problema principal

### ***“Ineficiencia en la gestión y operación del proceso productivo en la máquina CAMSOFT”***

Por lo cual se fue profundizando en cada respuesta hasta entender qué estaba ocurriendo realmente, por esta razón en lugar de quedarnos solo con los resultados visibles, como el alto scrap o la variabilidad del Yield, el análisis permitió identificar las condiciones que los

provocan, como la alta dependencia manual, la falta de automatización y las deficiencias ergonómicas del puesto.

Este ejercicio ayudó a ir más allá de los síntomas y concluir que la causa raíz se encuentra en: ***“Un diseño del sistema enfocado principalmente en la operación manual, sin integrar criterios ergonómicos ni soluciones de automatización que aseguren estabilidad y consistencia en el desempeño”***

Por lo tanto, se describe la medida correctiva la cual consiste en rediseñar el proceso de alimentación en la máquina CAMSOFT, incorporando mejoras ergonómicas y automatización parcial para reducir la dependencia del operador. Con ello se busca disminuir la variabilidad, reducir el scrap y asegurar un rendimiento estable y sostenible en el tiempo.

#### **4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS**

En este capítulo se logró comprender con claridad la situación real del proceso de alimentación de piezas en la máquina Camsoft, no solo describiendo lo que ocurre en la operación diaria, sino identificando por qué se presentan las principales dificultades que afectan tanto al desempeño del área como al bienestar del personal.

A partir de la metodología aplicada, el análisis integró observación directa, datos productivos y la experiencia de quienes ejecutan el proceso, construyendo una visión completa y coherente del problema. La evidencia recolectada permitió concluir que la problemática no se origina por el desempeño de un turno o de un operario en particular, sino que responde a condiciones propias del sistema actual.

La distribución del scrap entre los tres turnos fue prácticamente equivalente y las percepciones del personal coincidieron en los mismos puntos críticos, lo que confirma que las fallas y pérdidas se generan por la forma en que está diseñado el proceso, y no por diferencias humanas individuales.

El análisis también mostró que la raíz del problema está en la alta dependencia del trabajo manual, actualmente, la alimentación de piezas exige la presencia constante del operador, quien debe tomar, orientar, colocar y retirar piezas de manera repetitiva durante toda la jornada, además de realizar verificaciones visuales continuas.

Esta dinámica, aunque funcional, convierte el proceso en un sistema vulnerable, cualquier variación asociada a fatiga, ritmo de trabajo, ajustes o microparadas impacta directamente la productividad, la estabilidad del Yield y la generación de scrap.

A nivel ergonómico, los hallazgos fueron contundentes. Tanto la caminata Gemba como la entrevista evidenciaron que la tarea genera una carga física sostenida, asociada a movimientos repetitivos múltiples, posturas forzadas y un diseño del puesto que no favorece la comodidad ni la eficiencia, condición que no solo incrementa el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, sino que también afecta la concentración y la precisión, lo cual es especialmente crítico en un proceso de rectificado donde pequeñas desviaciones pueden traducirse en defectos y desperdicio.

Por otra parte, se identificó que, además del componente humano, existen factores técnicos que contribuyen a la inestabilidad del proceso, como los atascos frecuentes del collet, el desgaste que obliga a realizar ajustes manuales repetitivos y la ausencia de un enfoque predictivo de mantenimiento, situaciones que provocan interrupciones, tiempos muertos y variabilidad operativa, reforzando la idea de que el proceso requiere una solución estructural y no únicamente acciones correctivas aisladas.

Desde la perspectiva del desempeño, el análisis de productividad del segundo semestre de 2025 evidenció que el proceso puede alcanzar resultados sobresalientes, como ocurrió en noviembre al superar la meta con un Yield promedio de 98,48 %. Sin embargo, el retroceso posterior confirma que estos resultados no se sostienen en el tiempo bajo las condiciones actuales, en otras palabras, el sistema logra rendir bien en ciertos momentos, pero no tiene la estabilidad necesaria para mantener ese desempeño de forma consistente.

Además, el impacto económico del scrap permitió dimensionar la magnitud real del problema, las pérdidas cercanas a 83 mil dólares no representan únicamente material desperdiciado, sino tiempo de máquina, energía y esfuerzo humano que no se convierten en valor, evidenciando una oportunidad importante, cada mejora que reduzca la manualidad estabilice la operación y disminuya la fatiga tendrá un efecto directo tanto en la rentabilidad como en la sostenibilidad del proceso.

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

## **5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Luego de comprender las causas raíz y validar técnicamente el problema, esta etapa se enfoca en llevar la propuesta a la práctica. La implementación de la solución representa el paso donde el análisis se convierte en acción, orientado a mejorar de forma real y medible el proceso de alimentación en la máquina Camsoft.

El objetivo principal es integrar las mejoras planteadas —especialmente en automatización parcial y rediseño ergonómico del puesto— de manera ordenada y segura, asegurando que el cambio no solo reduzca la dependencia manual, sino que también fortalezca la estabilidad del proceso y la sostenibilidad de los resultados.

Esta sección describe cómo se ejecutará la intervención, considerando la planificación, la validación técnica y el seguimiento de indicadores, garantizando que la solución aporte eficiencia, reduzca el scrap y consolide un desempeño más estable en el tiempo.

## **5.2 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS**

En esta sección se presenta una síntesis de las principales propuestas desarrolladas a lo largo del trabajo, las cuales, se fundamentan en el análisis previo del proceso buscando responder de manera directa a las situaciones y problemas identificados durante la investigación.

El propósito se basa en ofrecer una visión clara y ordenada de cada propuesta, destacando su objetivo y beneficios que podrían aportar si se implementan. facilitando comprender cómo cada iniciativa contribuye a mejorar el funcionamiento del proceso de carga de materiales a la maquina Camsoft y servir como base para valorar su aplicación dentro de la empresa.

A continuación, se muestra el cuadro resumen.

Tabla 16: Resumen de propuestas por causa

Nombre de la Propuesta	Causa que Impacta	% Impacto	% Acumulado
Automatización y control del proceso de alimentación de piezas máquina CAMSFOT	Dependencia total del Operador	17.88%	17.88%
	Movimientos Repetitivos constantes	14.31%	32.19%
Rediseño Ergonómico puesto de trabajo	Sobre Carga ergonómica sostenida	17.88%	50.07%
	Posturas Forzadas	14.31%	64.38%
	Diseño no ergonómico del puesto	14.31%	78.69%
Totales		<b>79%</b>	<b>79%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla N° 16 se identificó un grupo reducido de causas que concentran la mayor parte del impacto en el proceso. Dos de ellas representan 17,88 % cada una, mientras que otras tres alcanzan 14,31 %. A partir de este análisis se plantean dos propuestas de mejora prioritarias, orientadas a intervenir las causas que más afectan la eficiencia y estabilidad del proceso.

### 5.2.1 Propuesta 1: Automatización y control del proceso de alimentación de piezas máquina CAMSFOT

A partir del análisis realizado anteriormente, se identificó que una de las principales dificultades del proceso está en la alta dependencia del operador durante la alimentación de piezas en la máquina CAMSOFT. Esta situación no solo genera variabilidad en la operación, sino que también aumenta el esfuerzo físico y afecta la estabilidad del proceso.

Por ello, se plantea una propuesta orientada a automatizar y mejorar el control del proceso de alimentación, con el fin de reducir la intervención manual, facilitar el trabajo del operador y lograr una operación más estable y eficiente. Con esta mejora se busca que el proceso sea más consistente, seguro y sostenible, contribuyendo a mejorar la productividad y la calidad en la producción.

Ilustración 34: Automatización parcial y alimentación



- **Brazo Colaborativo:**  
Asume el 100% de la carga física repetitiva y el movimiento de piezas pesadas.
- **Manipulación Precisa:**  
Pinzas robóticas que garantizan agarre y posicionamiento estandarizado.
- **Alimentación por Gravedad:**  
Bandejas anguladas y organizadas que aseguran un flujo continuo de piezas sin esfuerzo manual.

Fuente: Elaboración Propia

Con la incorporación del brazo colaborativo, gran parte del esfuerzo físico que hoy realiza el operario sería asumido por el sistema automatizado, eliminando los movimientos repetitivos que actualmente forman parte de la alimentación de piezas. Un elemento fundamental de esta solución son las pinzas robóticas, ya que permiten sujetar las piezas con mayor precisión y colocarlas siempre en la misma posición al momento de alimentar la máquina CAMSOFT. Esto ayuda a reducir errores en la manipulación y contribuye a disminuir, e incluso evitar, el scrap generado durante la operación. Para que el sistema funcione de manera continua y eficiente, será importante mantener un abastecimiento constante de materia prima en las bandejas, asegurando así la fluidez del proceso productivo.

Ilustración 35: Integración Máquina -Hombre



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Ilustración 34, la propuesta busca mejorar el proceso de alimentación de piezas mediante una mejor interacción entre la máquina CAMSOFT y el operador, apoyada por la incorporación de un brazo robótico colaborativo, ya que el operador deja de realizar tareas repetitivas de carga manual y pasa a tener un rol más enfocado en supervisar y controlar el proceso.

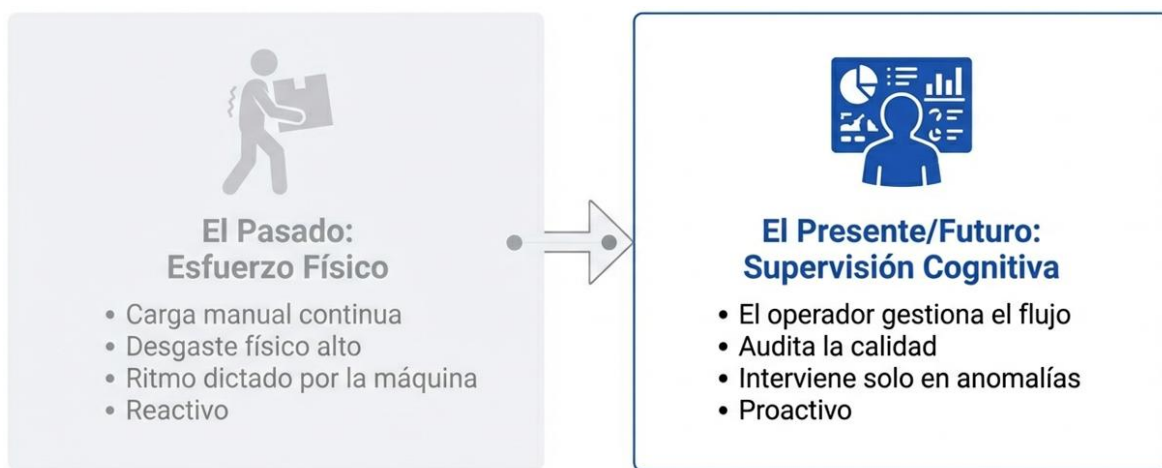
El sistema automatizado se encarga de manipular y posicionar las piezas de forma precisa y constante, lo que ayuda a estandarizar la alimentación de la máquina y reducir errores, además, el control centralizado permite monitorear la operación de manera más clara y ordenada; buscando hacer el proceso más estable, eficiente y seguro, al mismo tiempo que reduce el esfuerzo físico del operador y mejora las condiciones de trabajo.

### **Evolución del operador**

En la actualidad se cuenta con un modelo de carga de piezas a la máquina de forma tradicional centrado principalmente en el esfuerzo físico, realizando tareas de carga manual de forma continua, lo que generaba desgaste físico, movimientos repetitivos y un ritmo de trabajo marcado directamente por la máquina. En este modelo, el operador actuaba de forma más reactiva, respondiendo a las necesidades inmediatas del proceso.

Con la implementación de este sistema automatizado, con el brazo colaborativo, el rol del operador evoluciona hacia una función de supervisión y control del proceso; en lugar de realizar tareas repetitivas, el operador gestiona el flujo de producción, verifica la calidad de la operación y solo interviene cuando se presentan anomalías, donde la tecnología se encarga de las tareas repetitivas, mientras que el operador aporta valor a través del análisis, la toma de decisiones y el control del sistema, haciendo el proceso más eficiente y seguro.

Ilustración 36: De operador a Controlador



Fuente: Elaboración Propia

### **Impacto de la propuesta:**

El impacto de la propuesta se centra en mejorar la estabilidad y la calidad del proceso de alimentación de piezas en la máquina CAMSOFT, con la incorporación del brazo colaborativo para realizar la carga automatizada, cada ciclo de operación se ejecuta de manera constante, repitiendo la misma trayectoria y movimiento, permitiendo que el proceso sea más uniforme y reduce las variaciones que normalmente se presentan cuando la manipulación depende únicamente del operador.

Además, el sistema asegura un posicionamiento más preciso de las piezas al ingresar a la máquina, lo que mejora la alineación durante el proceso productivo. Al disminuir factores humanos como la fatiga, desalineación o el trabajo apresurado, se reduce significativamente la probabilidad de generar defectos, por lo tanto, el proceso se vuelve más controlado y

confiable, logrando disminuir la variabilidad y reducir el scrap, lo que contribuye directamente a mejorar la eficiencia y el desempeño productivo.

### Información General del Equipo

Parámetro	Especificación
Número de pieza	PR-UR-003-0000
Peso total del sistema	25 kg
Dimensiones del sistema (L × A × H)	915 × 760 × 485 mm
Sujetadores asociados	4 × HW-FN-005-1025

### Rendimiento del Robot

Parámetro	Valor
Alcance máximo	500 mm
Repetibilidad	± 0,03 mm
Carga útil máxima	3 kg
Peso del robot	11,2 kg
Grados de libertad	6 ejes
Consumo máximo de energía promedio	300 W
Consumo típico de energía	100 W

### Rango de Movimiento por Eje

Eje	Rango de Movimiento
J1	360°
J2	360°
J3	360°
J4	360°
J5	360°
J6	Rotación continua (infinita)

### Certificaciones y Características

Parámetro	Especificación
Normas de seguridad del robot	EN ISO 13849-1 (PLd, Categoría 3) y
Clasificación IP del robot	IP54
Certificación del controlador	ISO 14644-1 Sala limpia Clase 6
Clasificación IP del controlador	IP44
Garantía del fabricante	18 meses
Servicio adicional disponible	Evaluación de Campo CSA SPE 1000

## Controlador del Sistema

Parámetro	Especificación
Fuente de alimentación	100 – 240 V AC, 47 – 440 Hz
Peso del controlador	12 kg
Dimensiones del controlador	460 × 449 × 254 mm
Puertos digitales	7 entradas / 7 salidas
Puertos analógicos	2 entradas / 2 salidas
Longitud del cable robot–controlador	6 m

El UR3e es considerado el modelo de entrada dentro de la familia de robots colaborativos de Universal Robots. Su principal ventaja radica en su diseño compacto, que permite instalarlo fácilmente sobre un banco de trabajo o en estaciones donde el espacio es limitado, sin sacrificar precisión ni confiabilidad.

A pesar de su tamaño reducido, este robot está diseñado para realizar tareas que requieren gran exactitud, como procesos de ensamblaje, pruebas de laboratorio o manipulación de piezas pequeñas. Con una capacidad de carga útil de 3 kg, resulta especialmente adecuado para aplicaciones en la industria electrónica, laboratorios y procesos donde se manejan componentes ligeros.

Ilustración 37: Brazo Robótico UR3e



Fuente: <https://standardbots.com/blog/universal-robot-price>

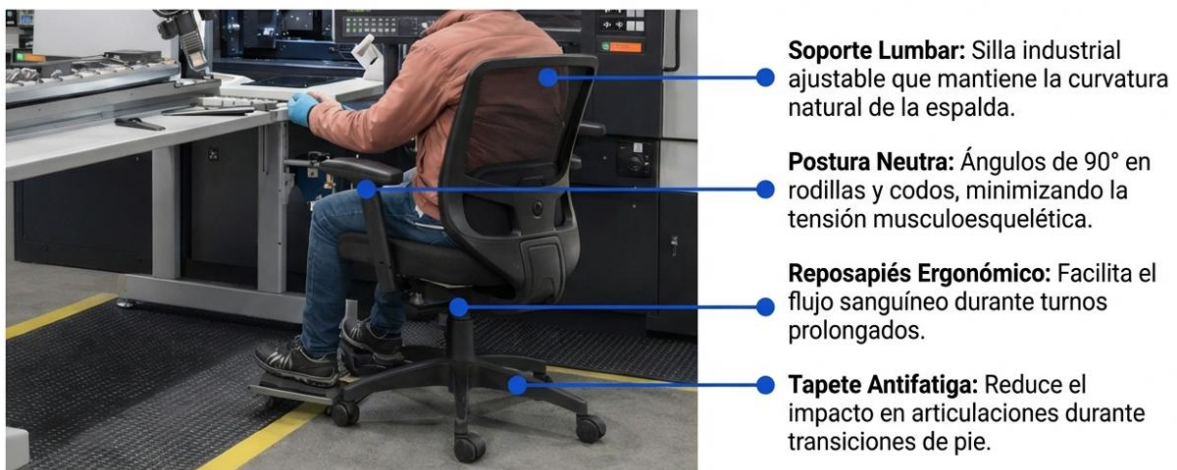
El costo del UR3e suele ubicarse entre \$23 000 y \$30 000 dólares estadounidenses, importante señalar que Universal Robots no publica precios oficiales, por lo que estos valores vienen de referencias proporcionadas por distribuidores autorizados y empresas integradoras de sistemas.

### 5.2.2 Propuesta 2: Rediseño Ergonómico puesto de trabajo alimentación de piezas en la maquina Camsfot

En esta sección se presenta la propuesta de rediseño ergonómico del puesto de trabajo para la alimentación de piezas en la máquina CAMSOFT, la propuesta surge a partir del análisis del proceso, donde se identificó que varias de las dificultades operativas están relacionadas con la forma en que el operador interactúa con la máquina durante la carga de piezas.

El propósito de esta mejora es adaptar mejor el puesto de trabajo a las necesidades del operador, facilitando la supervisión de la manufactura de las piezas y reduciendo posturas incómodas o esfuerzos innecesarios, buscando no solo mejorar las condiciones de trabajo, sino también contribuir a que el proceso de alimentación sea más ordenado, seguro y eficiente, favoreciendo una operación más estable en el tiempo.

Ilustración 38: Diseño Ergonómico del puesto trabajo



Fuente. Elaboración Propia

Como se observa en la propuesta N°2, la iniciativa se orienta a mejorar las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo, con el objetivo de proporcionar al operario un entorno

laboral más seguro, cómodo y eficiente, la misma busca reducir significativamente la fatiga física y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas a largo plazo, factores que influyen directamente en el bienestar del trabajador y en la productividad del proceso.

Una de las mejoras más simples, pero al mismo tiempo más importantes, consiste en incorporar una silla ergonómica adecuada, equipada con soporte lumbar ajustable, que permita mantener la curvatura natural de la columna vertebral, facilitándole al operario adoptar una postura neutral, manteniendo aproximadamente un ángulo de 90° en rodillas y codos, lo cual contribuye a disminuir la tensión en músculos y articulaciones durante la jornada laboral.

Adicionalmente, el puesto contempla la inclusión de un reposapiés ergonómico, que favorece una mejor circulación sanguínea durante turnos prolongados y ayuda a mantener una postura estable. De igual forma, se propone el uso de un tapete antifatiga, especialmente útil en las transiciones entre posiciones sentadas y de pie, ya que reduce el impacto en las articulaciones y disminuye la presión en las extremidades inferiores.

*Ilustración 39: Silla alta ergonomía 24/7*



*Fuente: <https://www.steelcase.com/products/office-chairs>*

En la ilustración N° 39 muestra el diseño ergonómico de la silla LEAD la cual es diseñada para adaptarse al cuerpo del usuario y brindar un alto nivel de comodidad durante la jornada

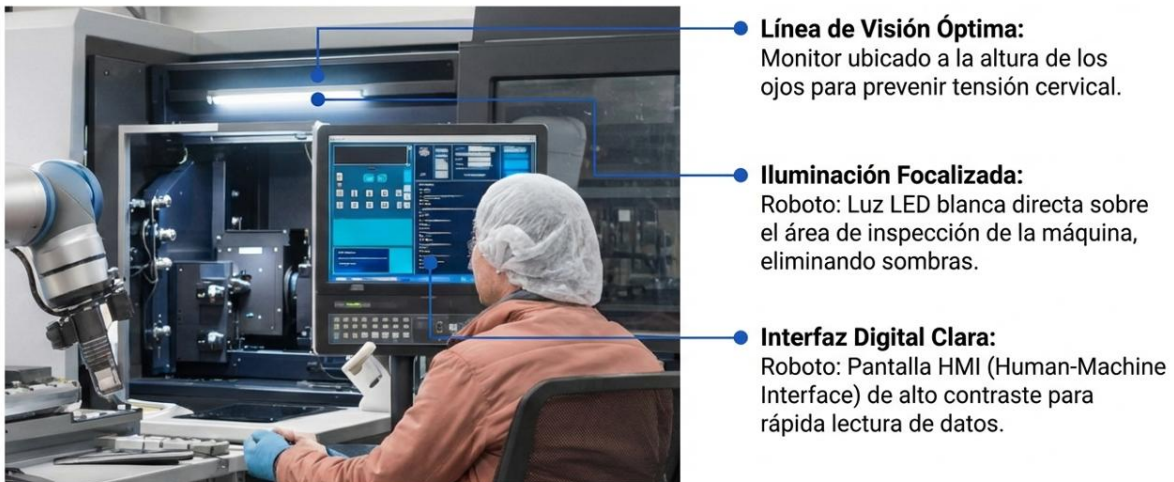
laboral, el sistema de ajustes permite personalizar fácilmente diferentes elementos de la silla, ofreciendo soporte precisamente en las zonas donde más se necesita.

Una de sus características más destacadas es su mecanismo intuitivo de inclinación, que permite que el asiento se deslice suavemente hacia adelante y hacia atrás cuando el usuario se reclina, este movimiento acompaña de manera natural la postura del cuerpo, ayudando a mantener una posición cómoda y estable sin perder la conexión con el espacio de trabajo.

### Dimensiones

- Altura **38,5 - 43,5"**
- Ancho **27"**
- Profundidad **21,75 - 24,75"**
- Altura del asiento **15,5 - 20,5"**
- Peso del producto **47 libras**

*Ilustración 40: Ergonomía Cognitiva y Visual*



*Fuente: Elaboración Propia*

La Ilustración N.º 40 muestra la importancia de mantener un diseño adecuado del puesto de trabajo, ya que, con la incorporación de un brazo robótico colaborativo, el papel del operario cambia: ya no se centra tanto en la manipulación directa, sino más bien en la supervisión y

control del proceso, por esta razón, es fundamental que el puesto esté diseñado para facilitar una buena línea de visión hacia el monitor y el área de trabajo.

Por esta razón, se recomienda que la altura de los ojos del operador esté alineada con la altura de la pantalla, de manera que pueda observar la información sin inclinar el cuello o adoptar posturas incómodas, este simple ajuste ayuda a prevenir tensión en la zona cervical durante turnos prolongados.

Además, es importante contar con un puesto de trabajo con iluminación focalizada sobre el área de inspección de la máquina (mediante luz LED), permitiendo mejorar la visibilidad del proceso y evitar sombras que puedan dificultar la observación de los detalles.

Por lo tanto, para esta propuesta el puesto debe garantizar una interfaz clara entre el operario y el sistema humano-máquina (HMI), de forma que la información mostrada en la pantalla pueda interpretarse rápidamente., facilitando una supervisión más eficiente del proceso y la toma de decisiones con mayor rapidez y precisión.

### **5.3 COSTO BENEFICO DE LAS PROPUESTAS**

En esta sección se presenta el análisis costo-beneficio de las propuestas planteadas para la mejora del puesto de trabajo y la incorporación de soluciones de automatización. El objetivo de este análisis es evaluar de manera integral la relación entre la inversión requerida para implementar las mejoras y los beneficios esperados tanto a nivel operativo como ergonómico.

La evaluación no se limita únicamente al costo inicial de los equipos, mobiliario ergonómico y sistemas de automatización, sino que también considera los impactos positivos en la productividad, la reducción de la fatiga del operario, la disminución del riesgo de lesiones laborales y la optimización del proceso de supervisión. En entornos de manufactura modernos, estas mejoras contribuyen no solo al bienestar del trabajador, sino también a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.

Tabla 17: Resumen de Inversión o costo<sup>1</sup>

Descripción Técnica	Cant.	Inversión Baja (USD)	Inversión Media (USD)	Inversión Alta (USD)
Silla ergonómica industrial (ajuste lumbar, altura,	1	\$ 700.00	\$ 1,000.00	\$ 1,800.00
Mesa / Banco industrial (estructura metálica,	1	\$ 400.00	\$ 1,500.00	\$ 3,000.00
Brazo articulado para monitor (VESA industrial)	1	\$ 100.00	\$ 200.00	\$ 400.00
Pantalla industrial / HMI 15"-21"	1	\$ 1,600.00	\$ 2,800.00	\$ 3,400.00
Brazo colaborativo tipo UR3e (o equivalente 5-6 kg	1	\$ 23,000.00	\$ 25,000.00	\$ 30,000.00
Efecto final (gripper) + cableado + sensores	1	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00	\$ 18,000.00
Integración, programación y puesta en marcha	1	\$ 10,000.00	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00
<b>TOTAL ESTIMADO</b>	<b>7</b>	<b>\$ 40,800.00</b>	<b>\$ 60,500.00</b>	<b>\$ 96,600.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, se analizaron tres escenarios de inversión con el fin de evaluar cuál sería la alternativa más adecuada para implementar la propuesta. Para este análisis se tomó como referencia el escenario de inversión media, el cual representa un monto aproximado de **\$60.500 dólares**.

Aunque a primera vista puede parecer una inversión considerable, al compararla con las pérdidas actuales del proceso se vuelve más fácil entender su justificación. Durante el primer semestre de 2025, el costo generado por scrap superó los \$82 000 dólares, considerando material desperdiciado, tiempo de máquina, consumo de energía y el esfuerzo del personal involucrado, sin que estos recursos generaran un retorno productivo.

Por lo tanto, la implementación de la propuesta permitiría recuperar la inversión en un plazo relativamente corto, si se aplica en una estación de trabajo, la inversión podría recuperarse aproximadamente en un semestre. En caso de implementarse en dos estaciones de trabajo, el periodo estimado de recuperación sería de alrededor de un año, representando una decisión económicamente viable para la organización

<sup>1</sup> (Standard Bots, s.f.) → para el costo del robot  
 (BTOD, s.f.) → para la silla ergonómica  
 (Global Industrial, s.f.) → para el brazo de monitor  
 (Maple Systems, s.f.) → para la pantalla HMI  
 (Anchor Safety, s.f.) → para el banco industrial

Tabla 18: Resumen Costo -Beneficios

Propuesta	Descripción técnica	Inversión Baja	Inversión Media	Inversión Alta	Beneficio	General
<b>Propuesta 1: Automatización</b>	Brazo colaborativo tipo UR3e	\$ 23,000.00	\$ 25,000.00	\$ 30,000.00	Automatiza la alimentación de piezas, reduce la dependencia manual y aumenta la repetibilidad del proceso, mejorando la estabilidad operativa.	<b>Mejora significativa de la productividad, reducción de variabilidad del proceso y disminución del scrap.</b>
	Efecto final (gripper) + cableado + sensores	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00	\$ 18,000.00	Permite sujetar y posicionar las piezas con precisión, reduciendo errores de manipulación y disminuyendo la generación de scrap.	
	Integración, programación y puesta en marcha	\$ 10,000.00	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00	Garantiza la sincronización entre el robot y la máquina CAMSOFT, permitiendo una operación continua, controlada y eficiente.	
<b>Subtotal Propuesta 1</b>		<b>\$ 38,000.00</b>	<b>\$ 55,000.00</b>	<b>\$ 88,000.00</b>		
<b>Propuesta 2: Rediseño del puesto</b>	Silla ergonómica industrial	\$ 700.00	\$ 1,000.00	\$ 1,800.00	Mejora la postura del operador durante la supervisión del proceso, reduciendo fatiga y riesgo de lesiones musculoesqueléticas.	<b>Mejora las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo y optimiza la supervisión del sistema automatizado.</b>
	Mesa / Banco industrial	\$ 400.00	\$ 1,500.00	\$ 3,000.00	Proporciona una superficie de trabajo estable y adecuada para la supervisión y manipulación de elementos del proceso.	
	Brazo articulado para monitor	\$ 100.00	\$ 200.00	\$ 400.00	Permite ajustar la posición del monitor para mejorar la ergonomía visual y facilitar la interacción con el sistema HMI.	
	Pantalla industrial / HMI 15"-21"	\$ 1,600.00	\$ 2,800.00	\$ 3,400.00	Facilita el monitoreo del proceso productivo, permitiendo al operador supervisar el sistema automatizado en tiempo real.	
<b>Subtotal Propuesta 2</b>		<b>\$ 2,800.00</b>	<b>\$ 5,500.00</b>	<b>\$ 8,600.00</b>		
		<b>\$ 40,800.00</b>	<b>\$ 60,500.00</b>	<b>\$ 96,600.00</b>		

Fuente. Elaboración Propia

La Propuesta 1, orientada a la automatización del proceso, aporta beneficios principalmente en la eficiencia y estabilidad de la operación, la incorporación del brazo colaborativo tipo UR3e, junto con el gripper, sensores y la integración del sistema, permite que la alimentación de piezas hacia la máquina CAMSOFT se realice de forma más precisa y constante, reduciendo la dependencia del esfuerzo manual del operador y disminuye los errores que pueden ocurrir durante la manipulación de las piezas. Por lo tanto, el proceso se vuelve más estable, se reduce la probabilidad de generar scrap y se logra una operación más fluida, lo que contribuye a mejorar la productividad y la calidad del proceso.

Por su parte, la Propuesta 2, enfocada en el rediseño del puesto de trabajo, busca mejorar la interacción entre el operador y el sistema automatizado, la incorporación de una silla ergonómica, una mesa industrial adecuado, un brazo articulado para el monitor y una pantalla industrial permite que el operario supervise el proceso con mayor comodidad y claridad, estas mejoras ayudan a reducir la fatiga durante la jornada laboral, facilitan una mejor visualización del sistema de control y permiten que el operador se concentre más en la supervisión del proceso que en el esfuerzo físico, en general, estas condiciones favorecen un entorno de trabajo más seguro, cómodo y eficiente, contribuyendo a un mejor desempeño del sistema productivo.

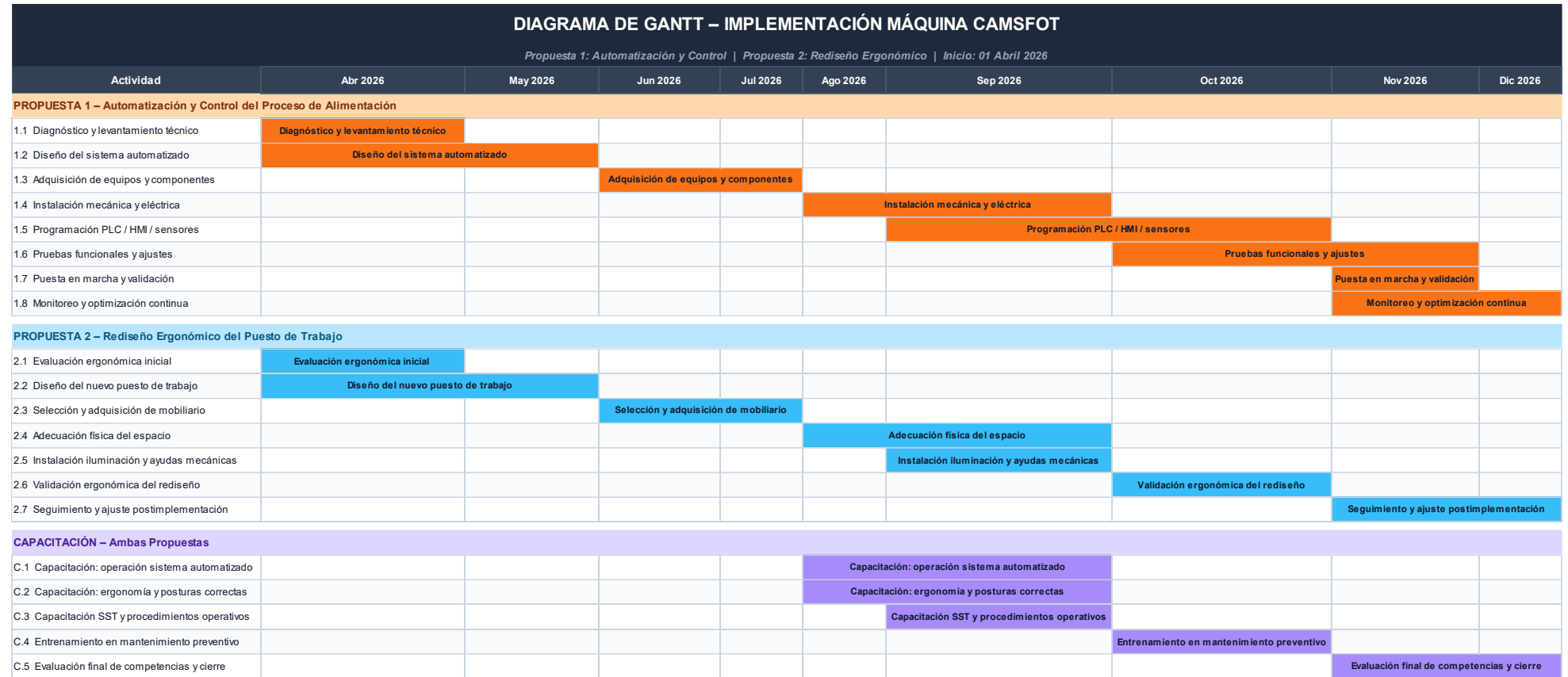
#### **5.4 CONTROL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

Con el fin de asegurar la correcta ejecución de las mejoras planteadas, se realiza un diagrama de Gantt para planificar el seguimiento de las propuestas, las cuales tienen como objetivo mejorar la eficiencia del proceso y las condiciones de trabajo del personal.

La implementación iniciará partir del 1 de abril de 2026, por lo que se establecerán mecanismos de control para verificar el cumplimiento de las actividades programadas y detectar posibles ajustes durante su puesta en marcha.

Además, se contempla la capacitación del personal, con el propósito de que los operarios conozcan el funcionamiento del sistema automatizado y se adapten adecuadamente a las mejoras ergonómicas implementadas, de esta manera, se busca asegurar una correcta adopción de los cambios y el logro de los resultados esperados.

Ilustración 41: Diagrama de Gantt



Propuesta 1 – Automatización

Propuesta 2 – Ergonomía

Capacitación

Fuente: Elaboración Propia

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

## **6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES**

En esta sección se presentan las principales conclusiones obtenidas del estudio, así como recomendaciones que pueden contribuir a fortalecer la implementación de las mejoras propuestas y favorecer la mejora continua del proceso.

Por lo tanto, este trabajo permitió analizar el proceso de alimentación de piezas en la máquina CAMSFOT e identificar oportunidades de mejora tanto en la eficiencia del proceso como en las condiciones de trabajo del personal.

## **6.2 CONCLUSIONES**

El presente proyecto permitió analizar en profundidad el proceso de alimentación de piezas en las máquinas Camsoft del área de Special Grinding en la empresa TE Connectivity. A partir del estudio realizado, fue posible comprender cómo la dependencia de la alimentación manual afecta tanto la eficiencia del proceso productivo como las condiciones de trabajo del personal operativo.

Se logró definir claramente el problema, identificando que la necesidad de contar con un operario dedicado exclusivamente a la colocación manual de piezas genera una alta carga operativa, incrementa los costos de mano de obra y provoca tiempos improductivos durante la operación de las máquinas. Además, esta dinámica aumenta la probabilidad de errores humanos y reprocesos dentro del proceso productivo.

Además, mediante la recopilación y análisis de datos operativos, fue posible medir las variables críticas del proceso, estableciendo indicadores como el costo de mano de obra por turno, los tiempos improductivos asociados al ajuste manual de piezas y la cantidad de reprocesos generados por errores en la alineación o fijación de las piezas. Estos resultados permitieron dimensionar el impacto del problema y contar con una base objetiva para el análisis.

El análisis de la información permitió identificar las causas raíz del problema, evidenciando que factores como la dependencia de la intervención manual, la ausencia de sistemas automatizados de centrado y las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo influyen directamente en la eficiencia del proceso y en el desgaste físico del personal.

A partir de este diagnóstico, se propusieron mejoras orientadas a la automatización del proceso de alimentación de piezas y al rediseño ergonómico del puesto de trabajo, con el fin de optimizar el funcionamiento de las máquinas Camsoft, reducir tiempos improductivos y mejorar las condiciones laborales de los operarios.

En conclusión, se establecieron mecanismos de control y seguimiento que permitirán monitorear los indicadores clave del proceso y asegurar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo tanto para la productividad de la empresa como para el bienestar del personal.

### **6.3 RECOMENDACIONES**

Desde una perspectiva profesional, se recomienda que la empresa continúe impulsando iniciativas de automatización y mejora continua en el área de Special Grinding, ya que la incorporación de tecnologías en los procesos productivos puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y fortalecer la competitividad de la organización.

Además, es importante mantener programas de capacitación para el personal, de manera que los colaboradores puedan adaptarse adecuadamente a los cambios tecnológicos y a los nuevos métodos de trabajo, garantizando así una implementación exitosa de las mejoras propuestas.

Por otra parte, se considera que futuras investigaciones podrían profundizar en algunos aspectos que no fue posible desarrollar completamente en este proyecto, como el análisis económico detallado de la automatización a largo plazo, la evaluación ergonómica de otros puestos de trabajo dentro del área y la exploración de nuevas tecnologías que puedan seguir optimizando el proceso productivo.

Estas oportunidades de estudio permitirían continuar fortaleciendo el desempeño del área de Special Grinding y contribuir al desarrollo de procesos cada vez más eficientes, seguros y sostenibles dentro de la organización.

## **CAPÍTULO VII:**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## Bibliografía

- Arciénaga, A., Villanueva, B., Aguerre, P., & Rey, L. (2024). *Ingeniería Industrial, Empresa y Estrategia*. Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA) y Centro Universitario PyME (CUP).
- Carreño, A. J. (2017). *CADENA DE SUMINISTRO Y LOGÍSTICA*.
- Esan, C. (03 de 10 de 2022). Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/diagrama-de-gantt-el-metodo-mas-eficaz-para-la-planificacion-de-proyectos>
- Gómez, I., & Brito, J. (2020). *Administración de Operaciones*. UIDE Universidad Internacional del Ecuador.
- Martínez, M., & Morales, J. (2022). *Lean Seis Sigma para la Mejora de procesos*. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Navas, W., Catota, V., & Ramírez, S. (2023). *CALIDAD TOTAL Herramienta para crear valor*. Religación Press.
- Parenti, A., Richard, A., Strano, F., Rosso, J., Martínez, L., Lagier, M. E., . . . Vazquez, N. (2019). *Emprendiendo Kaizen*. INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Soret, I., & de Obesso, M. (2020). *GESTIÓN DE LA CALIDAD*. ESIC.
- TE CONNECTIVITY. (03 de agosto de 2025). Obtenido de TE CONNECTIVITY: [https://dcfmodeling.com/es/blogs/history/tel-history-mission-ownership#:~:text=\(Tel\)%20Misi%C3%B3n%20y%20valores,cliente%20y%20la%20excelencia%20operativa](https://dcfmodeling.com/es/blogs/history/tel-history-mission-ownership#:~:text=(Tel)%20Misi%C3%B3n%20y%20valores,cliente%20y%20la%20excelencia%20operativa).

## **CAPÍTULO VIII:**

### **ANEXOS**

## Anexo 1 : Silla Ergonómica

Hogar / Todos los asientos / Sillas ergonómicas / Steelcase Serie 2

### Steelcase Serie 2

★★★★☆ 4.2 | 162 reseñas

\$747

Tapicería

Marco



Reposacabezas

Ruedas


Únase a nosotros para reducir nuestro impacto ambiental

Sí, me gustaría luchar contra el cambio climático.

No, gracias.



## Anexo 2 : Pantalla Táctil



**Pantalla táctil HMI Samkoon SK-H150AS de 15 pulgadas con Ethernet, completamente nueva**

**vendedor honesto8** (23)  
94,4% positivo [Otros artículos del vendedor](#) [Contactar al vendedor](#)

**US\$1,645.00** o mejor oferta  
tan bajo como \$101.84/mes con **Klarna**. [Más información](#)

Condición: **Nuevo**

Cantidad:  5 disponibles

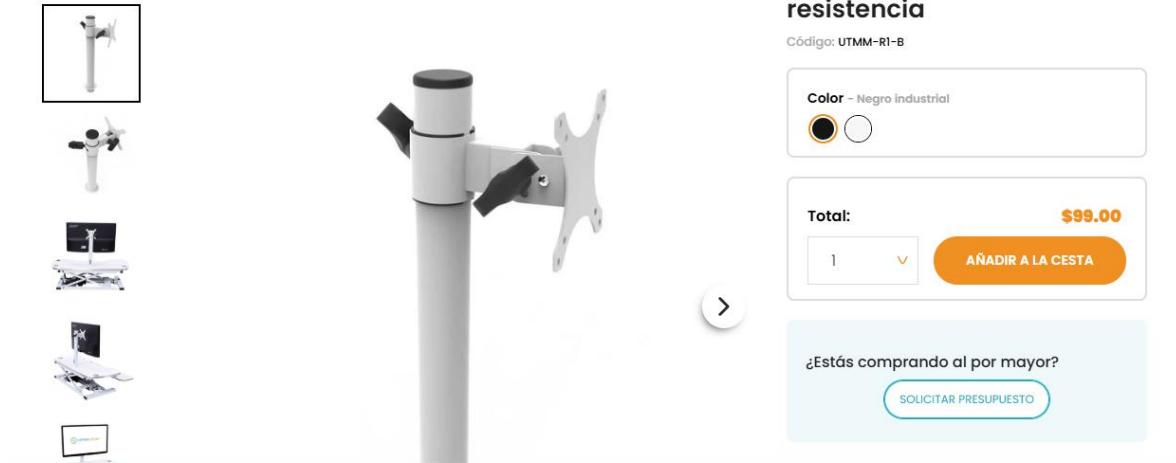
[Compre ya](#)

[Añadir a la cesta](#)

[Hacer una oferta](#)

Honest-seller8

### Anexo 3: Brazo de Pantalla



**Brazo de monitor de alta resistencia**  
Código: UTMM-R1-B

Color - Negro Industrial

Total: **\$99.00**

1 **AÑADIR A LA CESTA**

¿Estás comprando al por mayor?  
**SOLICITAR PRESUPUESTO**

### Anexo 4: Brazo Colaborativo

Biblioteca de piezas > ... > Robots universales > Detalles del producto



PR-UR-003-0000  
**Brazo robótico colaborativo UR3e de Universal Robots**  
Robots universales

El UR3e es el cobot más pequeño de la serie e de Universal Robots, con una carga útil de 3 kg y un alcance de 500 mm. Su reducido tamaño optimiza la eficiencia en espacios de trabajo reducidos, lo que lo convierte en la opción ideal para integrarlo en diversas aplicaciones, como operaciones de ensamblaje y pick and...  
[Ver más](#)

Documentación

Documentación técnica	
Especificaciones de los robots UR	<a href="#">Vista</a>
Hoja de datos de especificaciones técnicas del UR3e	<a href="#">Vista</a>

¿No encuentras lo que buscas? [Contáctanos](#).

**\$33.011**Dólar estadounidense  
Envío en 13 días

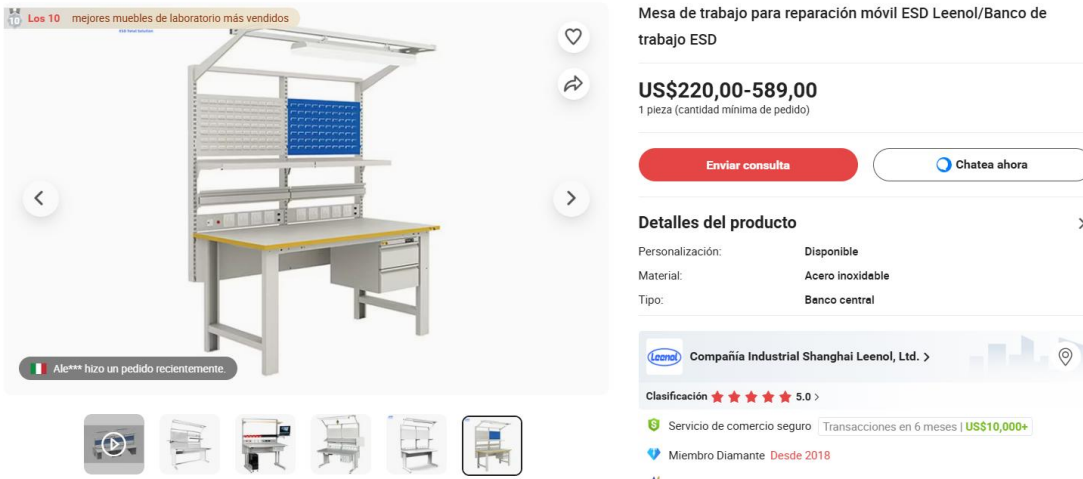
Cantidad: - 1 +

**Añadir a la cesta**

Vendido por Vention  
Barcos de Vention

[Comparar parte](#)  
[Añadir al proyecto](#)  
[Habla con un experto](#)

## Anexo 5: Mesa de Trabajo



Los 10 mejores muebles de laboratorio más vendidos

Mesa de trabajo para reparación móvil ESD Leenol/Banco de trabajo ESD

**US\$220,00-589,00**  
1 pieza (cantidad mínima de pedido)

[Enviar consulta](#) [Chatea ahora](#)

**Detalles del producto**

Personalización:	Disponible
Material:	Acero inoxidable
Tipo:	Banco central

Compañía Industrial Shanghai Leenol, Ltd. >

Clasificación ★★★★★ 5.0 >

Servicio de comercio seguro | Transacciones en 6 meses | US\$10,000+

Miembro Diamante Desde 2018

Alie\*\*\* hizo un pedido recientemente.

## Anexo 6 : Bodega de Materiales (Desorden - Sin Rotulación)

