

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL
CONTROL DE SCRAP EN EL ÁREA DE SMT
POR MEDIO DEL DMAIC PARA LA EMPRESA
EAST WEST DURANTE EL SEGUNDO
CUATRIMESTRE DEL 2024.

Proyecto de graduación para optar por el
Bachillerato en Ingeniería Industrial.

ESTUDIANTE: SEBASTIÁN VARGAS CABEZAS

TUTOR: LIC. DEYNA MORA MONTERO

ALAJUELA, 2024

DECLARACIÓN JURADA

Yo Sebastián Vargas Cabezas, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-0813-0942 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseño de una herramienta para el control de scrap en el área de SMT por medio del DMAIC para la empresa East West durante segundo cuatrimestre del 2024**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 11 días del mes de enero del año dosmil veinticinco.



Firma del estudiante

Cédula: 208130942

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 06 de Enero de 2025

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Sebastián Vargas Cabezas cédula de identidad número 2-0813-0942, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE SCRAP EN EL ÁREA DE SMT POR MEDIO DEL DMAIC PARA LA EMPRESA EAST WEST DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2024"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	16%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		90%

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

Atentamente,

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

DEYNA
YURBIETH MORA
MONTERO
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por DEYNA YURBIETH
MORA MONTERO
(FIRMA)
Fecha: 2025.01.06
18:59:00 -06'00'

CARTA DEL LECTOR

Puntarenas, 8 de Abril de 2025

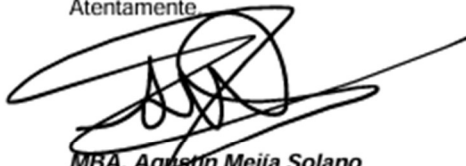
Señores
Servicios estudiantiles
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante SEBASTIÁN VARGAS CABEZAS, cédula de identidad 2-0813-0942, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE SCRAP EN EL ÁREA DE SMT POR MEDIO DEL DMAIC PARA LA EMPRESA EAST WEST DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2024", 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, tema de objetivos, organización, coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han cumplido con todo lo correspondientes a las observaciones indicadas. Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



MBA. Agustín Mejía Solano

Cédula: 6-0345-0690

Carné del Colegio: II-28964

CARTA DE LA BIBLIOTECA

**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, 8/8/2025

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Sebastián Vargas Cabezas con número de identificación 208130942 autor (a) del trabajo de graduación titulado DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE SCRAP EN EL ÁREA SMT POR MEDIO DEL DMAIC PARA LA EMPRESA EAST WEST DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DE 2024 presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar al 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,



Firma y Documento de Identidad

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

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

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

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

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

CARTA DE APROBACIÓN

East West Manufacturing
89465885
dcordero@ewmfg.com

Fecha: 19 de diciembre del 2024.

A quien corresponda

Por la presente, certificamos que el estudiante Sebastián Vargas Cabezas con número de cedula 208130942, ha realizado el proyecto de graduación titulado "Diseño de una herramienta de seguimiento mediante la metodología DMAIC para el monitoreo de la línea de montaje del área de tecnología de montaje superficial (SMT)" durante el período del segundo cuatrimestre 2024. Este proyecto fue ejecutado como parte de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Industrial.

El objetivo principal de este proyecto fue diseñar una herramienta que permita el monitoreo y seguimiento continuo de la línea de montaje en el área de tecnología de montaje superficial (SMT) mediante la implementación de la metodología DMAIC. La herramienta diseñada busca proporcionar un análisis estratégico, enfocado en la optimización de los procesos, que facilitará la toma de decisiones para el cumplimiento de los objetivos del departamento.

Durante la ejecución del proyecto, el estudiante demostró un alto nivel de competencia técnica y capacidad analítica, utilizando metodologías avanzadas para garantizar la efectividad y eficiencia de la propuesta. El trabajo fue supervisado por Daniela Cordero, quien evaluó y aprobó los resultados obtenidos.

Quedamos a disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente,



Daniela Cordero Arrieta
Ingeniera de Proyectos
East West Manufacturing



Departamento
de Recursos Humanos

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación es dedicado a toda mi familia, amigos y personas que me ayudaron durante todo mi paso por la universidad y mi vida general, sin ellos no hubiera podido lograra todo lo que me conseguido en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia que me apoyo durante este reto, a mis amigos por ayudar a despejar mi mente y a mí por confiar en mis capacidades para poder concretar este proyecto. Además de todo el apoyo brindado por mi tutora durante los meses de tesina.

ABREVIATURAS

DMAIC: D: Definir M: Medir A: Analizar I: Improve (Mejorar) C: Controlar.

ISO: International Organization of Standardization (Organización Internacional de Normalización).

PCBA: Printed Circuit Board Assembly (Ensamblaje de Placa de Circuito Impreso).

SMT: Surface-mount technology (Tecnología de Montaje Superficial).

THT: Through-Hole Technology (Tecnología de Agujeros Pasantes).

SIPOC: Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas) y Customers (Clientes).

PDCA: Plan (Planificar), Do (Hacer), Check (Verificar), Act (Actuar).

PCB: Printed Circuit Board (Placa de Circuito impreso).

RW: Rework (Retrabajo).

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto propone una búsqueda general a la corrección de la situación actual de la empresa East West Manufacturing Costa Rica, la cual presenta un aumento de scrap en el área de Tecnología de Montaje Superficial (SMT). Por lo cual, mediante una herramienta diseñada detalladamente se atacará directamente los desechos de la línea.

La investigación constará de siete capítulos en donde se aplicará la metodología DMAIC en cada apartado, este instrumento de Lean Six Sigma permitirá que el proyecto tenga un orden lógico en cuanto a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería industrial.

En el primer capítulo se presentará de manera general el contexto histórico y actual de la compañía, dando así una introducción a la empresa en la que se realizará el proyecto. Además de esto, se redactará el planteamiento del problema, el objetivo general, los objetivos específicos y diferentes puntos que aportarán al inicio de la investigación.

En el segundo capítulo se desarrollará una fundamentación teórica de todos los conceptos ingenieriles abarcados durante la investigación, incluyendo también la descripción de los diferentes pasos de la metodología DMAIC los cuales son sumamente importantes para la búsqueda de mejora en el área.

El tercer capítulo permitirá la mención y descripción de las herramientas que serán utilizadas en cada etapa de la metodología, mediante la confección de esta sección se abrirá el camino al desarrollo metodológico del trabajo de investigación.

En el capítulo cuatro se realizará la implementación de las herramientas ingenieriles establecidas para las etapas de **Definir**, **Medir** y **Analizar** del DMAIC, esto facilitará el desarrollo del capítulo cinco ya que se tendrá el estado actual del departamento.

Complementando el cuarto capítulo se tiene el quinto capítulo que es la sección en la cual la propuesta de mejora es mencionada y fundamentada por las diferentes herramientas y análisis visuales aplicados durante el proyecto.

Por último, el capítulo seis son las conclusiones y recomendaciones, es la parte de la investigación donde se encontrarán las mejores observaciones para que el área de SMT presente una mejora continua.

ÍNDICE

Tabla de contenido

DECLARACIÓN JURADA	1
CARTA DEL TUTOR.....	2
CARTA DEL LECTOR	3
CARTA DE LA BIBLIOTECA.....	4
CARTA DE APROBACIÓN.....	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTOS.....	8
ABREVIATURAS.....	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	18
1.1. Descripción general del proyecto.....	19
1.2. Identificación de la organización donde se realiza el proyecto	20
1.2.1. Descripción general de la organización	20
1.2.1.1. Misión y Visión	21
1.2.1.1.1. Misión.....	21
1.2.1.1.2. Visión.....	21
1.2.1.2. Valores.....	21
1.2.1.3. Estructura organizativa.....	22
1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa	24
1.3. Planteamiento del problema	25
1.3.1. Definición y medición del problema	25
1.4. Justificación	25
1.5. Objetivos del proyecto	26
1.5.1. Objetivo general.....	26
1.5.2. Objetivos específicos.....	26
1.6. Alcances y limitaciones.....	26
1.6.1. Alcances	26
1.6.2. Limitaciones	27
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	28
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	29

2.1.1.	Ingeniería	29
2.1.2.	Ingeniería Industrial	29
2.1.3.	Gestión de Calidad	30
2.1.3.1.	Calidad	30
2.2.	MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	31
2.2.1.	Definir.....	31
2.2.1.1.	Diagrama de flujo	32
2.2.1.2.	Diagrama SIPOC.....	32
2.2.1.3.	Diagrama de afinidad	32
2.2.2.	Medir.....	33
2.2.2.1.	Diagrama de Pareto.....	33
2.2.2.2.	Técnica de recolección de datos	33
2.2.3.	Analizar.....	33
2.2.3.1.	Diagrama de Ishikawa	34
2.2.3.2.	Técnica de los cinco porqués.....	34
2.2.4.	Mejorar	34
2.2.4.1.	Ciclo PDCA	34
2.2.4.2.	Brainstorming.....	35
2.2.4.3.	Benchmarking.....	35
2.2.5.	Controlar	35
2.3.	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	36
2.4.	ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	37
Capítulo III: METODOLOGIA DE TRABAJO		40
3.1.	Metodología para la definición del problema.....	41
3.2.	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.	44
3.3.	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	47
3.4.	Metodología para la implementación del proyecto.....	49
3.5.	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.	51
Capítulo IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....		53
4.1.	Definición de la situación actual	55
4.1.1.	Diagrama SIPOC.....	55
4.1.2.	Diagrama de flujo.....	57

4.1.1.	Diagrama de afinidad	62
4.1.2.	Diagrama de Pareto	66
4.1.3.	Recolección de datos	68
4.1.4.	Diagrama de Ishikawa	71
4.1.5.	Cincos porqués.....	75
4.1.6.	Gráficos de control.....	77
Capítulo V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN		80
5.1.	Propuesta de mejora.....	81
5.1.1.	Ciclo PDCA.....	81
5.1.1.1.	PLAN	81
5.1.1.2.	DO.....	83
5.1.1.2.1.	Guía de la herramienta	85
5.1.1.3.	CHECK	91
5.1.1.4.	ACT.....	92
5.1.2.	Brainstorming.....	93
5.1.3.	Benchmarking	94
5.1.3.1.	Thomasnet.....	94
5.1.3.2.	MachineMetrics.....	96
5.1.3.3.	Intouch.....	99
5.1.4.	Gráficos de control.....	101
5.2.	Plan de implementación.....	108
Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		113
6.1.	Conclusiones	114
6.2.	Recomendaciones	115
Capítulo VII: BIBLIOGRAFIA		117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas fase definir.....	43
Tabla 2. Herramientas fase medir.....	46
Tabla 3. Herramientas fase analizar.....	48
Tabla 4. Herramientas fase mejorar.....	50
Tabla 5. Herramientas fase controlar.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama East West Manufacturing.....	23
Figura 2. Primera fase del DMAIC, definir.....	42
Figura 3. Segunda fase del DMAIC, medir.....	45
Figura 4. Tercera fase del DMAIC, analizar.	47
Figura 5. Cuarta fase del DMAIC, mejorar.....	49
Figura 6. Quinta fase del DMAIC, controlar.	51
Figura 7. Diagrama SIPOC.....	56
Figura 8. Diagrama de Flujo.....	58
Figura 9. Diagrama de afinidad.	64
Figura 10. Diagrama de Pareto, defectos en PCB.....	67
Figura 11. Encuesta East West Manufacturing.	70
Figura 12. Diagrama de Ishikawa.	73
Figura 13. Cinco Porqués.....	76
Figura 14. Gráfico de control Defectos SMT.	78
Figura 15. Primera fase del ciclo PDCA. PLAN.....	81
Figura 16. Segunda fase del ciclo PDCA. DO.....	83
Figura 17. Tercera fase del ciclo PDCA. CHECK.....	91
Figura 18. Cuarta fase del ciclo PDCA. ACT.....	92
Figura 19. Gráfico 1, Reporte de Indicación.....	102
Figura 20. Gráfico 2, Reporte de Indicación.....	103
Figura 21. Gráfico 3, Reporte de Indicación.....	104
Figura 22. Gráfico 4, Reporte de Indicación.....	105
Figura 23. Gráfico 5, Reporte de Indicación.....	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Base de datos, Reporte de Indicación.....	87
Ilustración 2. Tabla dinámica, Reporte de Indicación.....	88
Ilustración 3. Gráfico, Reporte de Indicación.....	89
Ilustración 4. Correo electrónico, Reporte de Indicación.....	90

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1. Descripción general del proyecto

La empresa East West ofrece soluciones en la fabricación de productos electrónicos avanzados, en donde se tiene el ensamble de placas de circuito impreso y la construcción de cajas a través de las plantas de producción respaldadas por las normas ISO 9001 y ISO 13485. Estas instalaciones tienen la capacidad de montar más de 60 000 componentes por hora en una sola línea de producción donde se pueden encontrar miles de piezas de diferentes medidas.

La compañía tiene sedes en muchos lugares del mundo, por ejemplo, en Estados Unidos en diferentes estados, en Nueva Zelanda, en Vietnam, en China, en la India, en México, en Canadá y en Costa Rica donde la planta se especializa en la realización de PCBA (Printed Circuit Board Assembly, por sus siglas en inglés) piezas sofisticadas y de alta complejidad las cuales tienen un diseño estable y con los más altos requisitos de tecnología mixta.

Actualmente la planta de producción en el país cuenta con el equipo necesario para trabajar en el montaje de SMT (Surface mount technology, por sus siglas en inglés), Hand Soldering, Selective Soldering, Wave Soldering todas estas con la capacidad de que sea con plomo o sin plomo, Routing, Hand Assembly, Conformal Coating y Final Box Build Assembly.

Durante el año pasado y el transcurso de este el área de SMT está presentando un porcentaje de scrap muy elevado, lo que está generando gastos en dólares bastante altos. Específicamente en el periodo 2023-2024 se presentaron gastos promedios durante el año de hasta \$11 240.39, ahora en lo que va del periodo 2024-2025 al mes de mayo se tiene un gasto promedio de \$8 045.57.

Debido a la problemática antes mencionada este proyecto tiene como enfoque el analizar los datos generales de producción del área

SMT para lograr adquirir una metodología precisa y un desarrollo de estrategias efectivas para controlar este problema.

1.2. Identificación de la organización donde se realiza el proyecto

1.2.1. Descripción general de la organización

East West con su sede en Atlanta, GA (EE. UU.) fue fundada en 2001 por Scott Ellyson y Jeff Sweeney con el objetivo principal de ayudar a las empresas a ser mucho más competitivas fabricando productos en ubicaciones específicas donde su costo de producción es menor y que además de esto tienen los más altos estándares de calidad del mercado.

La alta experiencia de los cofundadores y de los diferentes altos cargos en ingeniería y fabricación, junto con el personal de primer nivel en Estados Unidos y en el extranjero, ofrece a los clientes la confianza de que su aliado de producción tiene los conocimientos y el bagaje internacional necesarios para que los proyectos tengan el éxito que se busca.

East West es una empresa transnacional de servicios de ingeniería y que se enfoca en la fabricación de productos, la compañía se encarga desde el diseño del producto hasta la distribución a los diferentes clientes. Entre los principales productos confeccionados se encuentran las PCBA, los ensamblajes y subconjuntos electrónicos, la fundición a presión de alta precisión, los ensamblajes de alambres y cables, entre otros. Estos elementos funcionan para conseguir productos finales como Conjuntos Integrados impresos, dispositivos médicos, HMI, motores, ventiladores, y sopladores.

1.2.1.1. Misión y Visión

1.2.1.1.1. Misión

La misión de East West es ofrecer servicios de manufactura a nivel global, con operaciones e infraestructura cualificadas con los más altos estándares de calidad para satisfacer las necesidades del cliente.

1.2.1.1.2. Visión

La visión es hacer del mundo un lugar mejor: más limpio, más seguro, más saludable e inteligente. (East West Manufacturing., 2024).

1.2.1.2. Valores

Los valores principales que fomenta la empresa son los siguientes:

- Actuar con **integridad**.
- Ser **responsables** y cumplir con lo que nos comprometemos.
- **Colaborar** con los clientes y proveedores para aprovechar al máximo sus competencias.
- Acoger la **diversidad** presente en la industria, los procesos y las diferentes culturas.
- **Cruzar fronteras** para permitir a nuestros clientes aprovechar los beneficios de una cadena de suministros global.

- Aprovechar todas las oportunidades de **aprendizaje**.
- **Apoyar** a las comunidades de las regiones donde estamos presentes.
- **Empoderar** a nuestro equipo para que desarrollen su espíritu innovador.
- Exigir los más altos niveles de **calidad** en nuestro equipo de nuestros proveedores.
- Respetar los derechos, seguridad y culturas de todos los miembros de nuestro equipo y fomentar camaradería con nuestros proveedores. (East West Manufacturing., 2024).

1.2.1.3. Estructura organizativa.

La estructura organizativa de East West Manufacturing se conforma de la siguiente manera:

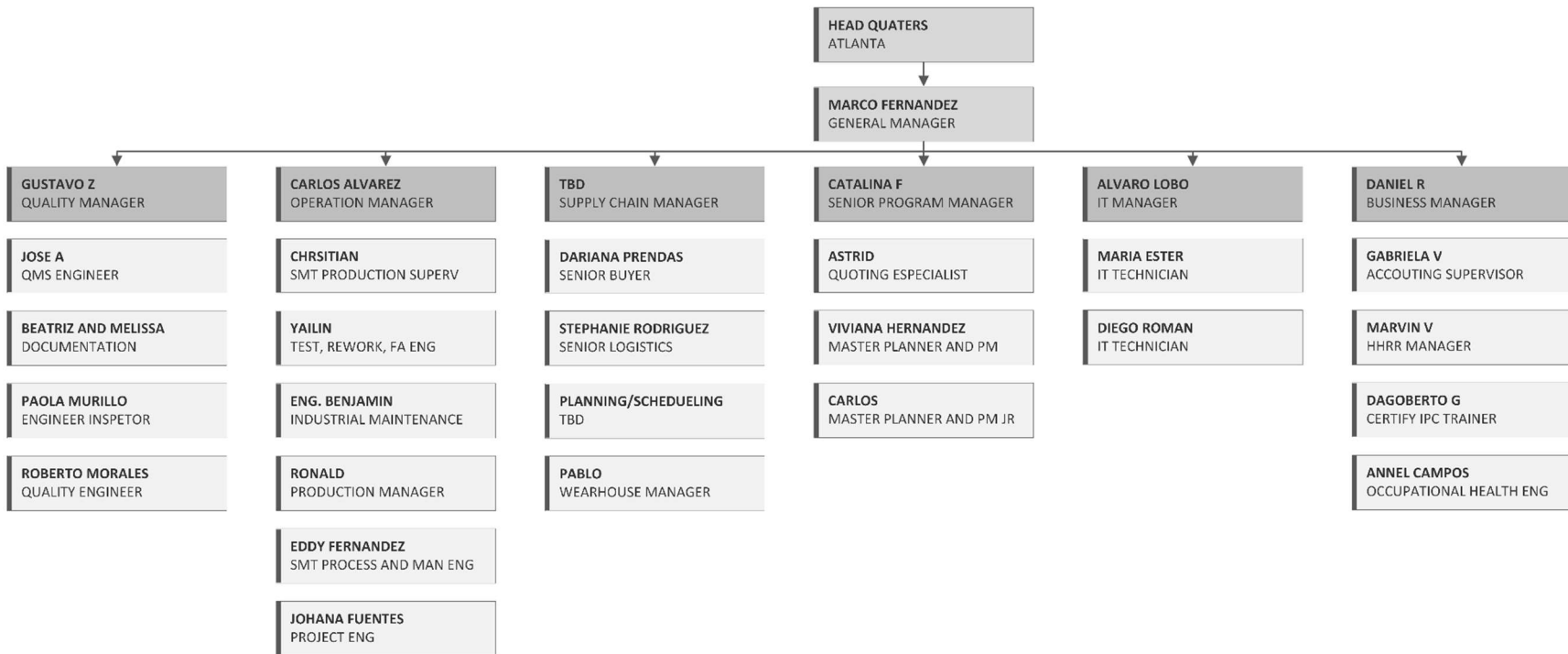


Figura 1. Organigrama East West Manufacturing.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa

La compañía comenzó operaciones en 2001 con el propósito de colaborar a las empresas colegas a ser más competitivas y encontrar precios de producción que se adapten al presupuesto.

En 2017 buscando como agregar un valor agregado a la organización, adquirieron los activos de Innovolt la cual es una empresa pionera en la protección de energía y datos. Con esta alianza buscaron el crecimiento y avance en el negocio de la electrónica. Un año después en 2018 encontraron otra oportunidad de negocio con Team Manufacturing, un proveedor de servicios especializados en la fabricación de productos electrónicos, ensamblaje de mazos de cables y la construcción de cajas. Esta unión permitió ofrecer a los clientes servicios de fabricación electrónicos de mayor combinación, de menor volumen y con una entrega rápida.

Durante el paso de los años East West ha ampliado sus operaciones alrededor del mundo, con sedes en Norte América, Centro América y Asia han sido capaces de ofrecer a los clientes una cadena de suministro global verticalmente integrada.

También han evolucionado en cuantos los productos que ofrecen a sus clientes, actualmente la planta de Costa Rica tiene la capacidad de realizar proyectos de volumen medio que requieren cantidades de 1000 hasta 100 000. Donde se encuentran servicios de tecnología de montaje superficial (SMT), montaje tecnología de agujeros pasantes (THT), soldadura manual, soldadura selectiva, soldadura por ola, montaje manual, revestimiento conformado y el montaje final de la caja.

Con todos estos cambios y alianzas en 2023 presentaron

ganancias que superaron los 230 millones de dólares y se espera que en 2024 se supere dicho monto. (East West Manufacturing., 2024).

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Definición y medición del problema

La línea de producción del área de SMT está sobrepasando los 0,4% de pérdidas de scrap establecidos, se está emitiendo más material debido a esta problemática. Durante la producción de las diferentes placas de circuitos se están teniendo los desperdicios en la etapa de ensamblaje y soldadura de los componentes. Esto está provocando que los gastos promedios por esta pérdida vayan en aumento.

Los ingenieros del departamento han detectado que los gastos desde el mes de enero hasta mayo rondan los \$8 045.57 impactando directamente en los recursos del departamento por lo que buscan una herramienta en la cual se evidencie detalladamente los gastos y cantidades de scrap.

1.4. Justificación

La implementación de este proyecto permitirá que mediante una herramienta se tenga un control estricto de todo el proceso de producción del área de SMT en la empresa East West repercutiendo en la minimización de gastos y obteniendo una perspectiva la cual permita generar ingresos, desde los números de orden hasta los gastos promedios de scrap se reflejarán en este instrumento. Con esto se va obtener una muestra visual donde se va poder monitorizar, analizar las métricas y datos fundamentales del estado del departamento.

1.5. Objetivos del proyecto

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un plan de acción mediante la metodología DMAIC para la línea de ensamblaje SMT durante el segundo cuatrimestre de 2024, para optimizar la toma de decisiones y control de desperdicio

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar las métricas obtenidas de la línea de producción del área de SMT.
- Establecer una propuesta de mejora que permita la búsqueda de una disminución de desperdicios en el área de SMT.
- Controlar los gastos generados por desechos mediante la aplicación de un reporte creado y enviado diariamente.
- Monitorear los costos que el departamento de SMT incurre debido a los desperdicios mediante el informe diario, con el fin de identificar oportunidades de reducción.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

El alcance del presente proyecto comprende a todas las personas involucradas en el proceso de producción del área SMT

correspondiente a la empresa East West Manufacturing, situada en la provincia de Alajuela, en la Zona Franca Bes.

Contribuirá con el problema de pérdida de scrap en el departamento, beneficiando a todos los implicados en la producción y se realizará durante en el segundo cuatrimestre del año 2024.

1.6.2. Limitaciones

- Complejidad y desorganización de las métricas proporcionadas por parte de la empresa.
- Falta de ejemplares similares a la propuesta del trabajo de investigación.
- Abnegación y resistencia al cambio por parte de la empresa.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

En esta sección se desarrollarán diferentes conceptos, herramientas y metodologías para entender lo que es la ingeniería, la ingeniería industrial y los diversos instrumentos utilizados para el desarrollo del proyecto.

2.1.1. Ingeniería

Como rama principal de este trabajo se tiene a la ingeniería industrial, pero actualmente se pueden encontrar muchas más ramas, como, por ejemplo:

- Ingeniería mecánica.
- Ingeniería civil.
- Ingeniería ambiental.
- Ingeniería eléctrica.
- Ingeniería electrónica.
- Ingeniería informática.
- Ingeniería en telecomunicaciones.

2.1.2. Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial se define como la disciplina que se ocupa de la optimización de procesos y sistemas de los diferentes sectores, los ingenieros tienen la capacidad de diseñar, planificar y ejecutar diversos sistemas para cubrir los requerimientos de producción, las necesidades de los clientes, la optimización de procesos, etc. (Institución Universitaria Politécnico

Grancolombiano, 2024).

Dentro de esta carrera se pueden encontrar diferentes ramas, como, por ejemplo:

- Ingeniería en producción.
- Ingeniería en gestión de calidad.
- Ingeniería de manufactura.
- Ingeniería de proyectos.
- Ingeniería en gestión de procesos.

Todos estos subcampos de la ingeniería industrial se encuentran en el mercado actual y son de suma importancia para la estabilidad de cualquier empresa, desde un banco hasta una fábrica ocupan de la ingeniería industrial y sus diferentes enfoques. Si bien, este trabajo es para optar por el bachillerato en ingeniería industrial se va a trabajar más dentro del campo de la gestión de calidad, para buscar la creación de una herramienta efectiva para el control de todo el proceso en el área SMT.

2.1.3. Gestión de Calidad

2.1.3.1. Calidad

De acuerdo con la RAE el concepto calidad hace referencia a una propiedad o un conjunto de propiedades inherentes que permite juzgar el valor de este. (RAE, 2024).

En el contexto ingenieril el concepto calidad se define como el cumplimiento efectivo de todas las características y cualidades que un producto o servicio debe tener para cubrir las expectativas

y necesidades del cliente. (Universidad Americana de Europa, 2024).

Ahora entrando en el enfoque del proyecto, la gestión de calidad consiste en múltiples etapas, primero se planifica, segundo se coordina, tercero se controla y cuarto se evalúan todas esas etapas relacionadas con la calidad del proceso en el que se está trabajando. Esto con el fin de establecer estándares de calidad, tener un control constante del estado actual de la línea de producción y tomar medidas ya sean preventivas o correctivas.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Como base metodológica del proyecto se encuentra la metodología Seis Sigma o Six Sigma *por su nombre en inglés*, desarrollada por Motorola a mediados de los años 1980 y la cual proporciona a las empresas diversas herramientas para mejorar la capacidad de producción y competir en el mercado.

Para el desarrollo general se va a utilizar el DMAIC que es la metodología principal de Six Sigma, mediante la aplicación de las 5 etapas que la conforman se va a lograr un desarrollo completo en el cual se van a encontrar las mejores herramientas para afrontar la investigación y lograr la confección del instrumento.

Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, son los cinco pasos que se van a describir a continuación, para implementar la metodología exitosamente.

2.2.1. Definir

Como primera etapa se tiene definir, es uno de los pasos más importantes del desarrollo de la metodología ya que acá se

identifican todos los aspectos generales de la organización, desde la situación actual hasta los objetivos a seguir para el cumplimiento del proyecto. (Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M., 2016). Durante la aplicación de la primera fase de la metodología se utilizaron las siguientes herramientas.

2.2.1.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una herramienta sumamente útil ya que nos permite representar visualmente los pasos o procesos a seguir para alcanzar una meta, producto o solucionar un problema. (Universidad Veracruzana, 2020).

2.2.1.2. Diagrama SIPOC

Diagrama SIPOC en donde sus siglas en inglés significan, Supplier (Proveedor), Inputs (Recursos), Process (Proceso), Customer (Cliente). Es un instrumento de representación gráfica que permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando las partes implicadas en todo el proceso. (Asociación Española para la Calidad, 2024).

2.2.1.3. Diagrama de afinidad

Herramienta que permite encontrar problemas, clarificar las diferentes situaciones o ayudar a crear ideas en algún proceso o servicio. Se desarrolla en diferentes pasos para así analizar el proceso a detalle. (Asociación Española para la Calidad, 2024).

2.2.2. Medir

Medir es la segunda fase, esta posibilita identificar el desempeño y los puntos clave del problema, ya sea el rendimiento del proceso de producción, cantidad de scrap perdido, etc. Es de suma importancia ya que se podrá conocer que datos se van a analizar. (Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M., 2016).

2.2.2.1. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica de los datos obtenidos, ayudará enormemente a identificar cuáles son los aspectos para priorizar en la resolución del proyecto de investigación. (José Manuel Domenech Roldán, 2024).

2.2.2.2. Técnica de recolección de datos

Es un procedimiento sumamente importante en la metodología Six Sigma y en esta investigación jugó un papel crucial ya que es el paso mediante el cual se van a recopilar diversos datos e información relevante acerca de los diferentes procesos existentes en el área que se trabajó para así generar cambios positivos en esta. (Sebastian J. Brau, 2024).

2.2.3. Analizar

Como su nombre lo dice, en esta etapa se van a analizar los datos recolectados, mediante herramientas específicas se va a analizar la información recopilada para determinar las causas principales

del mal funcionamiento del proceso y así crear una hipótesis de mejora y un plan de mejora. (Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M., 2016).

2.2.3.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta de gestión de calidad creada por el famoso ingeniero japonés Kaoru Ishikawa, que define este instrumento como una herramienta visual utilizada en diferentes situaciones para obtener una visión global de las causas que han generado un problema específico. (Ariane de Saeger, 2018).

2.2.3.2. Técnica de los cinco porqués

Técnica que mediante preguntas claves permite identificar posibles causas principales de un problema a solucionar, esta estrategia es sumamente efectiva en las fases de análisis de problemas. (Universidad Marítima del Caribe, 2017).

2.2.4. Mejorar

En la cuarta fase de la metodología se van a generar y aplicar posibles planes remediales que ayuden a solucionar el problema, básicamente en este paso se diseña, se prueba y se implementa la solución propuesta a la problemática presentada en el proceso. (Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M., 2016).

2.2.4.1. Ciclo PDCA

Instrumento comúnmente utilizado en esta fase, ya que es una

técnica focalizada en la mejora continua de los procesos, ayudando a las empresas a captar y entender sus problemas, lograr sus metas y mejorar constantemente. Sus siglas en inglés, Plan (Planificar), Do (Hacer), Check (Verificar) y Act (Actuar), son las cuatro etapas a seguir para implementar esta metodología de manera efectiva. (Universidad Internacional de la Rioja, 2023).

2.2.4.2. Brainstorming

El Brainstorming, o lluvia de ideas en español, es una técnica en la cual las personas involucradas en el proceso debaten con ideas sobre por qué está pasando una problemática, para así resolver las anomalías encontradas y los desafíos planteados. (Universidad Europea, 2024).

2.2.4.3. Benchmarking

Instrumento utilizado a menudo en las empresas para analizar cuáles son las mejores prácticas utilizadas por compañías similares a la estudiada, además de analizar la parte positiva de estas también se analizan los errores más usuales, para con esto tener ambas perspectivas y así extraer e implementar las ideas aplicables a la empresa para mejorar el funcionamiento general de los diferentes departamentos o áreas involucradas. (Universidad Internacional de la Rioja, 2022).

2.2.5. Controlar

Como última esta controlar, acá se establece un paso a paso para tener un control estricto del plan implementado y así conseguir que la mejora del proceso se mantenga conforme pase el tiempo.

Es sumamente importante tener claro los planes de control porque si el proceso tiene algún problema nuevamente se puede atacar de una forma ordenada y eficaz. (Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M., 2016).

2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

El objetivo principal de proyecto es desarrollar una herramienta efectiva para que el área de SMT tenga un control general del proceso, desde las diferentes métricas que se obtienen a la hora de realizar las piezas hasta gráficos del comportamiento en dólares para identificar si está dentro del rango establecido o se está sobrepasando. Cumpliendo este objetivo se va a impactar directamente al área y a todo el personal implicado en la producción de las piezas.

Mediante la aplicación de este instrumento se espera que diaria, semanal y mensualmente el área esté controlada, así al ver el estado actual de esta se visualice claramente su condición.

Dentro de los diferentes impactos que quiere tener el proyecto se tienen impactos a corto, mediano y a largo plazo, a corto plazo se quiere identificar todos los puntos importantes en el proceso que ayuden a identificar cuando esté presente alguna anomalía, así la herramienta va a proporcionar un estado general realista de la línea de producción en el sector de tecnología de montaje superficial.

A mediano plazo, mediante el uso del instrumento los encargados de reportar el estado actual del departamento tendrán un panorama general de cómo se está comportando el área, con esto la eficiencia operativa aumentará debido a que los reportes

semanales de la condición actual del área de SMT se obtendrán fácilmente.

Y a largo plazo se espera que East West logre tener un monitoreo completo de toda la línea de montaje del área de tecnología de montaje superficial, generando un análisis global del proceso, con esto se logrará una agilidad en la toma de decisiones para el cumplimiento de objetivos del departamento. Además, con el éxito de la herramienta se busca que, aparte de implementarla en esta área se implemente en las demás líneas de producción de los diferentes ensamblajes trabajados en la empresa.

2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Investigando sobre la existencia de diferentes proyectos similares, se han encontrado tanto a nivel nacional como a nivel internacional, estas son alguna de ellos:

- Propuesta de mejora para la disminución de scrap en el departamento de termoformado de la empresa Plásticos Modernos S.A. en Belén de Heredia, en el primer cuatrimestre del 2019. (Wendy Pamela Moya Salazar, 2019)

Como problemática principal de la investigación se tiene el bajo control en el manejo de scrap que ingresan en los molinos, la compañía no contaba con un indicador que brinde las métricas exactas que se generan en el proceso.

La colega, para poder afrontar el desarrollo del proyecto, genero 4 preguntas:

1. ¿Cuánto es el desperdicio real total de la empresa?

2. ¿Cuál departamento esta generado la mayor cantidad de scrap?
3. De los 4 tipos de scrap (por producción, por ajustes o rechazos de calidad) ¿cuál es el que se genera en mayor cantidad?
4. Y finalmente ¿Por qué ese tipo de scrap se está, generando en mayor cantidad y como se puede reducir?

Al contestar a estas preguntas y mediante herramientas ingenieriles, estableció que la propuesta para la solución al problema de perdida de desperdicio es la instalación de medidores de corriente en las máquinas de Extrusión, establecer un plan de muestreo de aceptación por variables MIL STD 414, y modificar la ficha de Aprobación de la Muestra. (Wendy Pamela Moya Salazar, 2019)

Ahora, en el ámbito internacional se encuentra la realizada por Ovalle Orbe Orlys Demetrio:

- Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC. (Ovalle Orbe Orlys Demetrio, 2021).

Esta investigación tiene como principal problema el alto porcentaje de scrap provocado la producción de sacos de polipropileno, se identificó por un 18% se está sobrepasando el límite establecido por la compañía. Conforme el ingeniero fue aplicando la metodología DMAIC y diferentes herramientas en cada fase de esta, determino que las propuestas de mejora para reducir el problema son las siguientes:

- Determinar el rango de temperatura que se produce durante la fundición de resina polipropileno (PP), relacionando los grados centígrados y el porcentaje de scrap.

- Realizar capacitaciones en el cual se le explique a los operarios el nuevo proceso que se quiere rediseñar e implementar.

- Construir un plan de capacitación acerca del manejo y control de la extrusora. Además del diseño y aplicación de un plan de mantenimiento para la máquina

Todas estas propuestas son relacionadas a la temperatura de fundición de resina PP variado.

Como segundo punto de mejora se encontró la velocidad del tornillo en la extrusora, que se propuso lo siguiente:

- Determinar cuál es la velocidad ideal para obtener el mejor rendimiento en la mezcla.

- Crear cartas de control durante el proceso de extrusión.

En el tercer y cuarto punto de mejora se tiene el pasado de cintas en la estructura de telares (ojales, peines y lanzaderas) y el estado de estas, como propuestas principales para el tercer punto se tiene el rediseño e implementación del proceso de pasado de cintas y también una cartilla para el pasado de estas.

Como última propuesta está el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los telares, adicionalmente generar cartas de control durante el proceso. (Ovalle Orbe Orlys Demetrio, 2021).

Capítulo III: METODOLOGIA DE TRABAJO

Durante el desarrollo del siguiente capítulo se introdujo y explicó las diferentes herramientas ingenieriles a utilizar para la implementación de las fases de la metodología DMAIC.

Con toda la información recolectada y brindada por parte de la compañía, se facilitó la aplicación de la metodología.

Esto permitió tener un paso a paso para detectar y atacar la problemática principal que está enfrentando la empresa East West, con los instrumentos que se implementaron se podrá definir, medir, analizar, mejorar y controlar todo el proceso de la línea de producción de SMT.

3.1. Metodología para la definición del problema.

En esta primera sección del capítulo se hizo énfasis en la primera etapa del DMAIC, que es definir, en esta se utilizaron tres diferentes herramientas ingenieriles que ayudaron a identificar de manera clara el problema, para con esto dar paso a la siguiente fase del DMAIC con una idea clara de la problemática.

Mediante el diagrama de flujo, el diagrama SIPOC y el diagrama de afinidad se logró una representación visual amplia del proceso con el fin de conocer las partes implicadas, clarificar las diferentes situaciones y tener claros todos los pasos del proceso de ensamblaje. Esto permitirá que la siguiente fase de la metodología se pueda abordar de la mejor manera.



Figura 2. Primera fase del DMAIC, definir.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Metodología para la definición del problema.					
Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Análisis general del proceso mediante herramientas ingenieriles para determinar la situación actual del departamento.	Definir Reunión, investigación y recolección de información.	Diagrama de flujo. Diagrama SIPOC. Diagrama de afinidad.	Desarrollo de instrumentos para determinar el estado de la línea de producción.	Segundo cuatrimestre del 2024.	Sebastián Vargas Cabezas.

Tabla 1. Herramientas fase definir.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.

Después de finalizada la primera fase del DMAIC, se pasó a la segunda, que es medir, aquí se utilizaron herramientas para identificar los puntos claves de los problemas que fueron detectados en la fase anterior.

En este segundo paso de la metodología se implementaron dos herramientas principales que ayudaron a recolectar los datos más importantes para medir el rendimiento del proceso en el área de SMT.

El diagrama de Pareto y la técnica de recolección de datos son dos instrumentos de suma importancia en esta etapa ya que toda la recopilación de datos clave para la búsqueda de cambios positivos se genera en esta fase. Con esto se obtendrán los aspectos a priorizar para la búsqueda de una mejora del departamento estudiado.



Figura 3. Segunda fase del DMAIC, medir.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.

Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Evaluar el proceso de producción actual para determinar las problemáticas a priorizar.	<p>Medir</p> <p>Revisión documental, reuniones y análisis de datos.</p>	<p>Diagrama de Pareto.</p> <p>Recolección de datos.</p>	Implementación de técnicas y herramientas para recolectar la información necesaria para la siguiente etapa de la metodología.	Segundo cuatrimestre del 2024.	Sebastián Vargas Cabezas.

Tabla 2. Herramientas fase medir.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

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

Entrando ya en la etapa de la metodología donde se identifican e investigan mediante herramientas ingenieriles las causas o la causa raíz del problema, en analizar se utilizaron tres instrumentos sumamente útiles para el desarrollo de esta fase.

Tres herramientas claves para esta fase, el diagrama de Ishikawa, la técnica de los cinco porqués y los gráficos de control son los instrumentos aplicados, impactarán de manera directa en la búsqueda de las causas principales del problema que se busca solucionar en el proyecto de investigación.

Estos son recursos muy provechosos para el desarrollo de procesos de producción en la industria y además controlan los posibles errores que se puedan llegar a generar en estos procesos.



Figura 4. Tercera fase del DMAIC, analizar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

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

Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Analizar los datos recolectados para determinar los puntos clave necesarios para la construcción de la propuesta de mejora.	<p>Analizar</p> <p>Análisis de datos estructurados y no estructurados, diagramación de procesos, estructuración de información.</p>	<p>Diagrama de Ishikawa.</p> <p>Cinco Porqués.</p> <p>Gráfico de control.</p>	<p>Análisis y estructuración de los datos recolectados en las dos etapas anteriores con el fin de obtener los criterios necesarios para la construcción efectiva de la herramienta.</p>	<p>Segundo cuatrimestre del 2024.</p>	<p>Sebastián Vargas Cabezas.</p>

Tabla 3. Herramientas fase analizar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.4. Metodología para la implementación del proyecto.

En la implementación de la cuarta etapa del DMAIC, llamada mejorar, se utilizaron tres herramientas de la ingeniería que van a ayudar a encontrar las mejores soluciones para resolver la problemática encontrada en el área de SMT en la empresa East West.

El Ciclo PDCA, el Brainstorming y el Benchmarking son los instrumentos implementados en esta fase de la metodología, conforman las técnicas utilizadas para que durante el proyecto de investigación se puedan determinar y comprender los problemas en el proceso de producción, esto con el objetivo de mejorar el desempeño de la línea de ensamblaje de SMT en East Manufacturing.



Figura 5. Cuarta fase del DMAIC, mejorar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Metodología para la implementación del proyecto.

Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Establecer un plan de implementación para la herramienta propuesta al área de SMT.	<p>Mejorar.</p> <p>Creación, diseño y planeamiento de la herramienta. Además de analizar los datos necesarios para la construcción del instrumento.</p>	<p>Ciclo PDCA.</p> <p>Brainstorming.</p> <p>Benchmarking.</p>	<p>Construcción general del Reporte de Indicación mediante la recolección de datos no estructurados y su transformación a datos estructurados, con el fin de generar los gráficos necesarios para el informe.</p>	<p>Segundo cuatrimestre del 2024.</p>	<p>Sebastián Vargas Cabezas.</p>

Tabla 4. Herramientas fase mejorar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

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

En la aplicación de controlar, la última fase del DMAIC, se utilizó una herramienta indispensable para tener un control completo del proceso, mediante la herramienta se logró obtener las métricas más importantes para conocer el comportamiento de la línea de producción de SMT.

El instrumento que se utilizó en esta fase son los gráficos de control, aparte de utilizarlo en el tercer paso del DMAIC, se utilizó en este para complementarlo con las demás herramientas y obtener un análisis más completo del comportamiento del área.



Figura 6. Quinta fase del DMAIC, controlar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Metodología para la implementación del proyecto.					
Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Diseñar herramientas visuales que permitan la lectura general del proceso diariamente con el fin de un control constante.	<p>Controlar.</p> <p>Diseño y verificación del comportamiento de la herramienta en el departamento con el fin de determinar si requiere algún cambio.</p>	Gráficos de control.	Verificación, análisis de gráficas y recopilación de información teórica para identificar las mejores técnicas de control del scrap en el área de SMT en East West Manufacturing.	Segundo cuatrimestre del 2024.	Sebastián Vargas Cabezas.

Tabla 5. Herramientas fase controlar.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Capítulo IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Entrando al capítulo de análisis de causa raíz, se llevará a cabo un análisis exhaustivo del proceso general mediante herramientas ingenieriles que nos van a facilitar la definición, la medición y el análisis de los datos obtenidos durante la investigación.

En la primera etapa del capítulo se utilizarán tres instrumentos sumamente útiles para definir el problema identificado en el área de SMT de la empresa East West Manufacturing: el diagrama de flujo, el diagrama SIPOC y el diagrama de afinidad. Estos instrumentos jugarán un papel importante para identificar los factores claves y permitirán avanzar hacia la siguiente fase del análisis.

Seguidamente, se implementará un diagrama de Pareto y la técnica de recolección de datos a través de esto podremos medir de forma general el rendimiento actual del área en la que se está trabajando. Esta medición ayudará a conocer la condición general del proceso y facilitará el análisis de las posibles causas del problema a solucionar.

Por último, se ejecutará un análisis detallado de los factores que pueden generar la causa o las causas raíz del problema detectado en el departamento de tecnología de montaje superficial. Mediante un diagrama de Ishikawa se podrá visualizar, de manera más sencilla, todos los factores implicados para el desarrollo del proceso.

Posteriormente, por medio de los gráficos de control se representarán las métricas del primer y segundo cuatrimestre del 2024, lo que permitirá observar detalladamente el comportamiento del área. Y la última herramienta que se va utilizar es la técnica de los cinco porqués que nos permitirá explorar en profundidad la relación causa-efecto del problema

encontrado en la empresa.

4.1. Definición de la situación actual

4.1.1. Diagrama SIPOC

Para iniciar la identificación general del proceso realizará un diagrama SIPOC (**Supplier, Inputs, Process, Customer**). Esta herramienta es de suma importancia ya que ayudará a identificar las oportunidades de mejora y establecer metas para lograrlas. Además, permitirá conocer todas las partes implicadas, como se relacionan entre ellas y cuáles son los elementos clave durante el proceso de producción en el área de SMT.

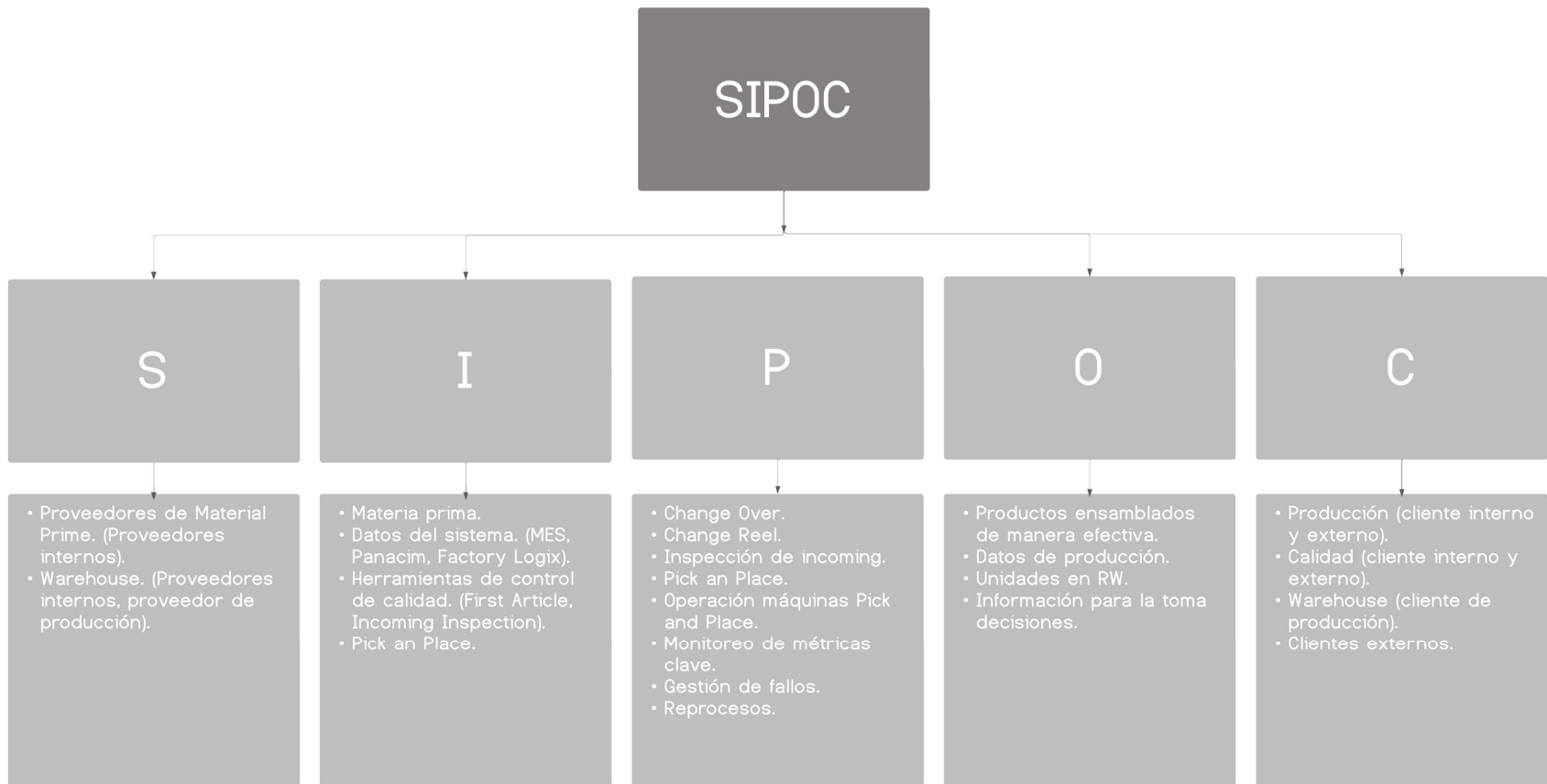


Figura 7. Diagrama SIPOC.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Después de un análisis detallado de todos los implicados en el desarrollo de PCB, se obtuvo toda la herramienta ingenieril donde podremos tener una visión más clara y así lograr la identificación del problema en las etapas próximas de la metodología ejecutada en el proyecto de investigación.

Al analizar las diferentes fases del diagrama SIPOC, se adquirió información de suma importancia como los diferentes **Suppliers** del proceso, encontrando que estos son en su mayoría proveedores internos, después en **Inputs** se tienen los insumos requeridos para poder avanzar a **Process** donde están identificados los pasos de que se hace en el proceso de fabricación, en **Outputs** se identificó cuáles son los resultados esperados, como por ejemplo productos ensamblados, unidades en RW, etc. Y por último **Customers** que el dato según el análisis fue que se tienen tanto clientes internos como externos.

Ya aplicado el diagrama SIPOC obtenemos el escenario general del proceso, identificando el paso a paso de este.

Seguidamente se realizará el diagrama de flujo que de manera visual nos dará una imagen completa del proceso de producción del área de SMT.

4.1.2. Diagrama de flujo

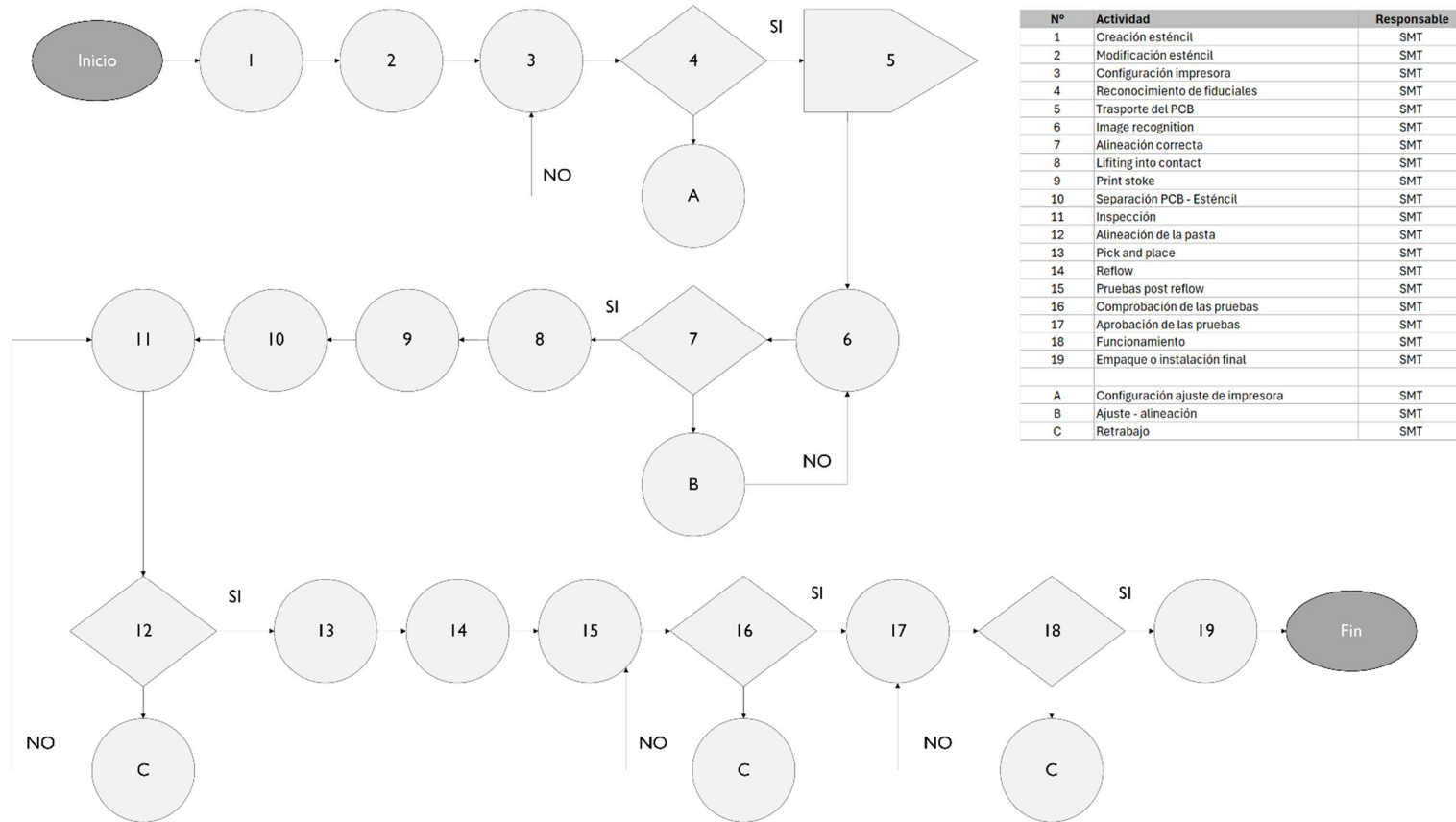


Figura 8. Diagrama de Flujo.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Como se detalla en la herramienta realizada, el paso a paso de este proceso es sumamente importante para la obtención del producto final. Como primer paso se tiene la creación y modificación del esténcil, mediante diferentes programas los trabajadores del área se encargan de trabajar en esta parte para optimizar al máximo la confección del esténcil y continuar exitosamente con la siguiente etapa.

Luego se configura la impresora, en la que, después de colocar el esténcil, se calibra el instrumento para que cumpla los siguientes parámetros:

- Velocidad y presión: la velocidad y la presión de la impresión es fundamental, la escobilla tiene que estar colocada perfectamente para que el esténcil se adapte al diseño de la PCB (placa de circuito impreso) y a la pasta.
- Altura y soporte: la altura de la mesa de impresión y un soporte firme permitirá que haya una base óptima debajo del PCB y que así el contacto entre la PCB y el esténcil sea exitoso.
- Reconocimiento y pasta de soldadura: es de suma importancia que en esta parte del proceso el reconocimiento de los fiduciales estén funcionando, este es un marcador de cobre que se coloca en el exterior de la esquina de un componente de montaje en superficie, con este se localiza en detalle la huella del componente y así se reduce el número de errores. Luego, la aplicación de la pasta de la soldadura es una etapa clave para la confección de

la pieza es importante para continuar con el proceso de producción.

Tras configurar la impresora se pasa al transporte (carriage) del PCB. En esta llega el PCB listo para ser impreso, la pieza pasa a lo largo de la línea de ensamblaje para que esta esté alineada minuciosamente con el estencil.

Como cuarta etapa se tiene una de las más críticas antes de la impresión, el Image Recognition es una fase en la cual se coinciden las diferentes características que debe tener el PCB para que se pueda imprimir de manera exitosa. Dijimos que es una etapa sumamente delicada ya que una mala alineación puede significar defectos la pieza de montaje superficial.

A mitad del proceso se encuentra el “Lifting into Contact”, donde el PCB hace contacto directo con el estencil, acá el PCB y la pieza se acoplan para que el proceso de impresión inicie de manera efectiva. Una vez realizada la impresión, se da paso al Print Stroke o golpe de impresión en español, el proceso en esta fase consiste en que la escobilla aplica la pasta de soldadura mediante las diferentes aperturas que tiene la pieza, esta tiene como fin que el PCB salga listo con la pasta aplicada correctamente.

Si todo funciona de manera correcta la siguiente etapa del proceso de producción es la separación de la PCB del estencil para que la pasta sea liberada correctamente, esto dará como resultado la PCB impresa.

Una vez concluida la etapa de impresión, la inspección es la siguiente, es una fase de suma importancia ya que se le da un reconocimiento minucioso para determinar si la pasta esta alineada correctamente, con esto se establecerá si la PCB es aprobada o tiene que ser enviada a analizar su estado.

Si se concluye que el estado de la PCB es el idóneo se pasa al Pick and Place, acá todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la pieza son colocados en las almohadillas preestablecidas para que estos calcen correctamente y pasen a las últimas etapas del proceso. Finalizado el “Pick and Place” se pasa al Reflow o Reflujo acá el personal encargado pasa a soldar los componentes al PCB, una vez concluido se hacen pruebas Post Reflow para determinar si se pueden pasar a la verificación con pruebas eléctricas o si se ocupa un retrabajo.

Por último, se tiene que hacer la prueba final de función, primero se toma la PCB completamente soldada y verificada bajo los estándares de control de calidad y se asegura que el circuito funcione de manera correcta, con esto se podrá dar paso al empaque de este o a la instalación final.

4.1.1. Diagrama de afinidad

Una vez concluido el análisis del proceso mediante estas herramientas ingenieriles tan útiles, como lo fueron el diagrama de flujo y el diagrama de SIPOC, se utilizará un instrumento sumamente efectivo para organizar la información recolectada en las reuniones pactadas con las personas del departamento. Esto nos facilitará la representación de datos en un diagrama visualmente sencillo y útil.

Esta herramienta fue aplicada meticulosamente, siguiendo cada uno de los pasos preestablecidos, se inició estableciendo una fecha de reunión en conjunto con algunas personas del departamento; luego se dio paso con la primera fase de la realización del diagrama de afinidad, se definió el tema principal que se iba tratar, que en este caso es la búsqueda de un control más estricto en el área de Tecnología de Montaje Superficial.

La segunda fase sería el día de la reunión con el personal, en esta se comentaron diferentes ideas mediante un brainstorming para comentar desde cómo se mide el proceso hasta los diferentes puntos clave en lo que se está fallando.

Como tercer paso se realizará una lista de toda la información obtenida en el brainstorming para así subdividir estas ideas en listas agrupadas en función de sus características únicas, con esto se extraerán los datos más relevantes en sub listas que representarán las columnas y categorías del diagrama de afinidad.

Una vez listados los datos se pasa a hacer la cuarta etapa, que se basa en el ordenamiento general de las categorías establecida en la fase anterior, con esto se logrará plantear un plan de mejora

que nos ayudará a que la implementación del diagrama de afinidad y las dos herramientas ingenieriles sean de ayuda para el éxito de esta investigación.

Como se ve reflejado en el diagrama está dividido en cinco columnas cada una con un tema clave tratado en el brainstorming de la reunión. Los títulos de estas columnas representan los diferentes argumentos de importancia que serán las divisiones de la herramienta y las subdivisiones extenderán cada idea secundaria que ayudó a que el diagrama fuese completado.

Diagrama de afinidad

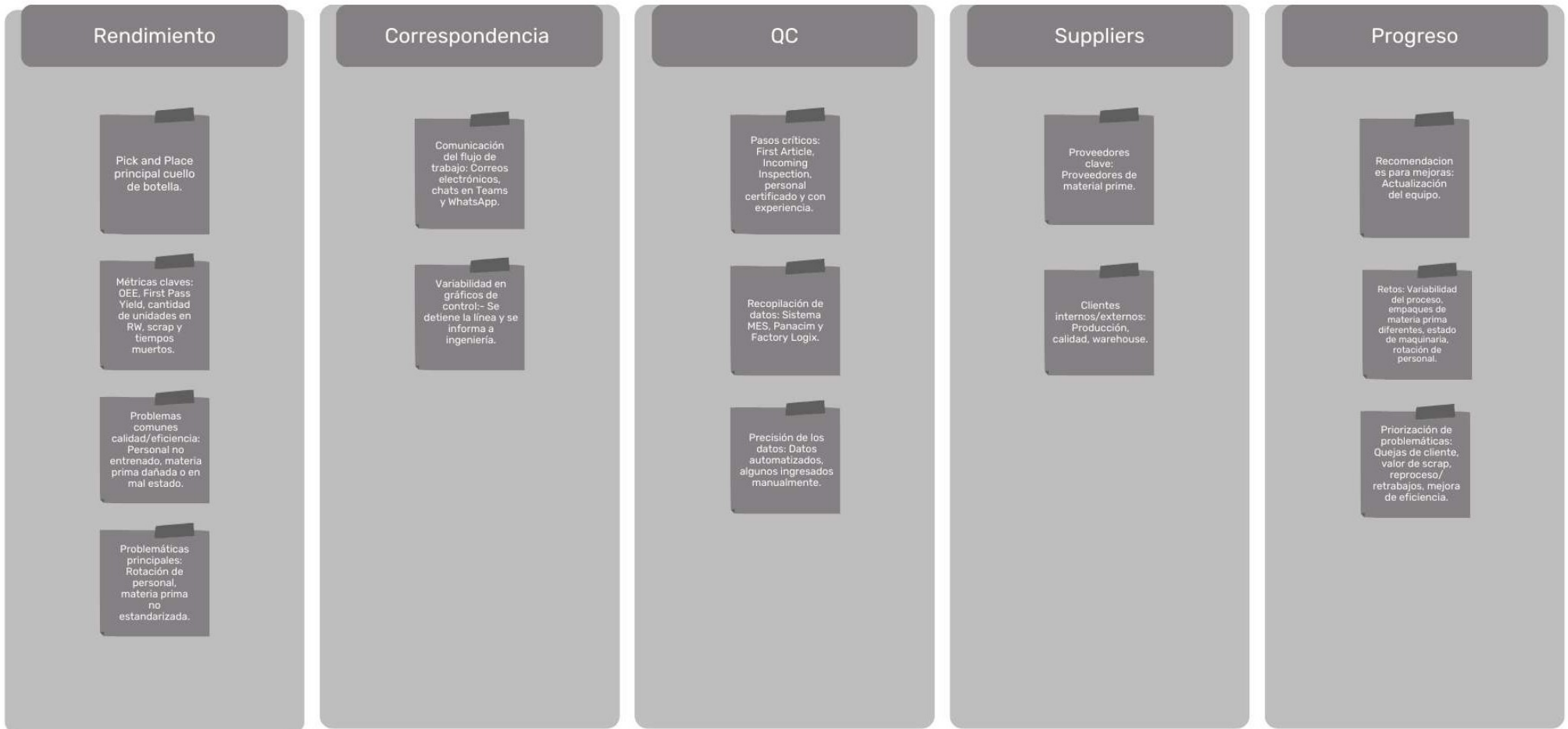


Figura 9. Diagrama de afinidad.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como primer tema de importancia obtenido se tiene el rendimiento general del desarrollo de PCB donde se comentó la etapa principal del proceso de SMT que genera cuellos de botella, las métricas clave utilizadas para medir el desempeño de la producción, los problemas comunes que afectan tanto la eficiencia como la calidad y las problemáticas principales que perjudican el rendimiento global del montaje de PBCS.

El segundo tema de importancia es la correspondencia, acá los miembros del equipo detallaron los diferentes medios de comunicación que se utilizan para informar acerca de todo el proceso de producción, de inicio a fin, si suceden errores o no, etc.

El tercer punto y de suma importancia es el control de calidad, desde cuáles son los pasos críticos del proceso, como se recopilan los datos y que tan precisos son estos, en esta columna se comentó esta información de manera general.

En la cuarta columna se encuentran los proveedores, se especificó el proveedor clave que suministra al área de SMT para que toda la producción de la pieza sea eficaz, además de los clientes internos y externos que tiene el departamento.

Y como última etapa se comentó acerca del progreso a futuro que quiere tener la organización, las recomendaciones que proponen como la actualización del equipo y la priorización de problemáticas son temas fundamentales que ayudarán a buscar una propuesta fundamentada para la mejora del proceso.

El diagrama de afinidad en conjunto con el diagrama de flujo y el SIPOC ayudarán enormemente a que se concluya efectivamente esta etapa del capítulo y que el desarrollo del.

mismo continúe de manera eficaz

Después de aplicadas las diferentes herramientas ingenieriles en la primera etapa del DMAIC, se dará paso a la aplicación de dos instrumentos sumamente útiles en la segunda fase Medir. Esta etapa es primordial ya que mediante recolección de datos cuantitativos y estadísticos se llegará a obtener con más certeza el escenario actual del área de SMT.

Durante la implementación de estas se obtendrá la información más importante para poder plasmar los aspectos claves del proceso en cuanto a rendimiento del proceso, capacidad del proceso y un punto de suma importancia como lo es el comportamiento general del proceso. Posteriormente ya recolectados estos datos se seguirá en un camino más claro con la implementación de las diferentes etapas de la metodología.

4.1.2. Diagrama de Pareto

Con la aplicación del diagrama de Pareto se conseguirá una representación visual de la información clave de mayor a menor relevancia según la cantidad de scrap por defecto, con el fin de conocer las problemáticas más relevantes, concentrarse en estos y poder solucionarlos para que el comportamiento del proceso sea estable.

La curva de distribución ABC además de ayudarnos a conocer cuáles son las necesidades más importantes y a las que se deberían dirigir los esfuerzos, llegará a ser fundamental para que East West no malgaste sus recursos en asuntos no relevantes y que estos sean invertidos en actividades influyentes en el rendimiento del proceso, por eso es de suma importancia el análisis de datos en la segunda etapa del DMAIC.

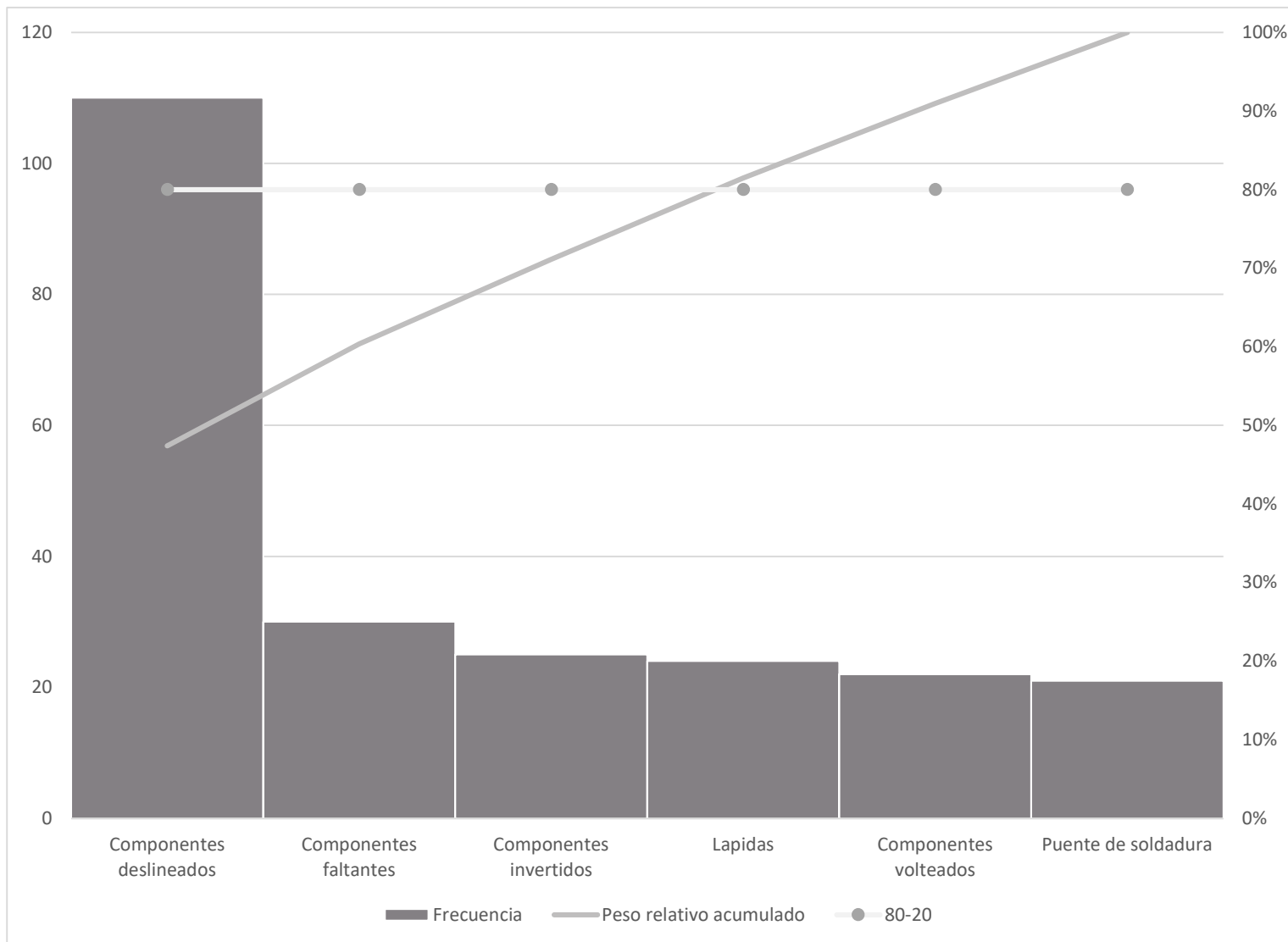


Figura 10. Diagrama de Pareto, defectos en PCB.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Recolectando la información necesaria. se obtuvo un promedio de PCB's defectuosas semanalmente, donde en las causas se pueden encontrar componentes desalineados, componentes faltantes, componentes invertidos, lápidas, componentes volteados y problemas en el puente de soldadura.

Analizando el gráfico y aplicando la regla 80/20 de Pareto se puede detectar que los componentes desalineados, los componentes faltantes, los componentes invertidos y las lapidas son las causas principales del 80% de los diferentes defectos reflejados en la herramienta y 20% son imperfecciones que al igual que el defecto anteriormente mencionado afecta de manera significativa el desarrollo de scrap en el departamento. Con este dato podremos enfocar el trabajo de investigación en busca de una mejora para East West Manufacturing.

Continuando con el análisis de datos para la conclusión de la aplicación de herramientas en la segunda fase de la metodología se utilizará la técnica de recolección de datos, mediante una encuesta se obtendrán opiniones y detalles específicos por parte del personal involucrado en el proceso de producción. Este método es clave ya que ayudará a identificar las oportunidades de mejora, analizar datos estructurados o no estructurados, esto depende de la muestra obtenida y comprender el comportamiento tanto del proceso como del personal involucrado en este.

4.1.3. Recolección de datos

Con implementación de la encuesta se recolectarán datos que facilitarán el análisis de la muestra, mediante preguntas estructuradas respecto al tema a tratar, se buscará los datos cuantitativos y cualitativos para dar paso a la aplicación de la

etapa del DMAIC con una base fundamentada y lógica.

En la mitad del DMAIC se manejarán instrumentos que ayudarán a identificar el problema tratado en este trabajo de investigación, una vez ejecutada esta fase se espera que gracias a los datos obtenidos anteriormente se establezcan las hipótesis de mejora y se logre la creación de un plan de mejora basado en esas problemáticas detectadas en la segunda fase de la metodología.

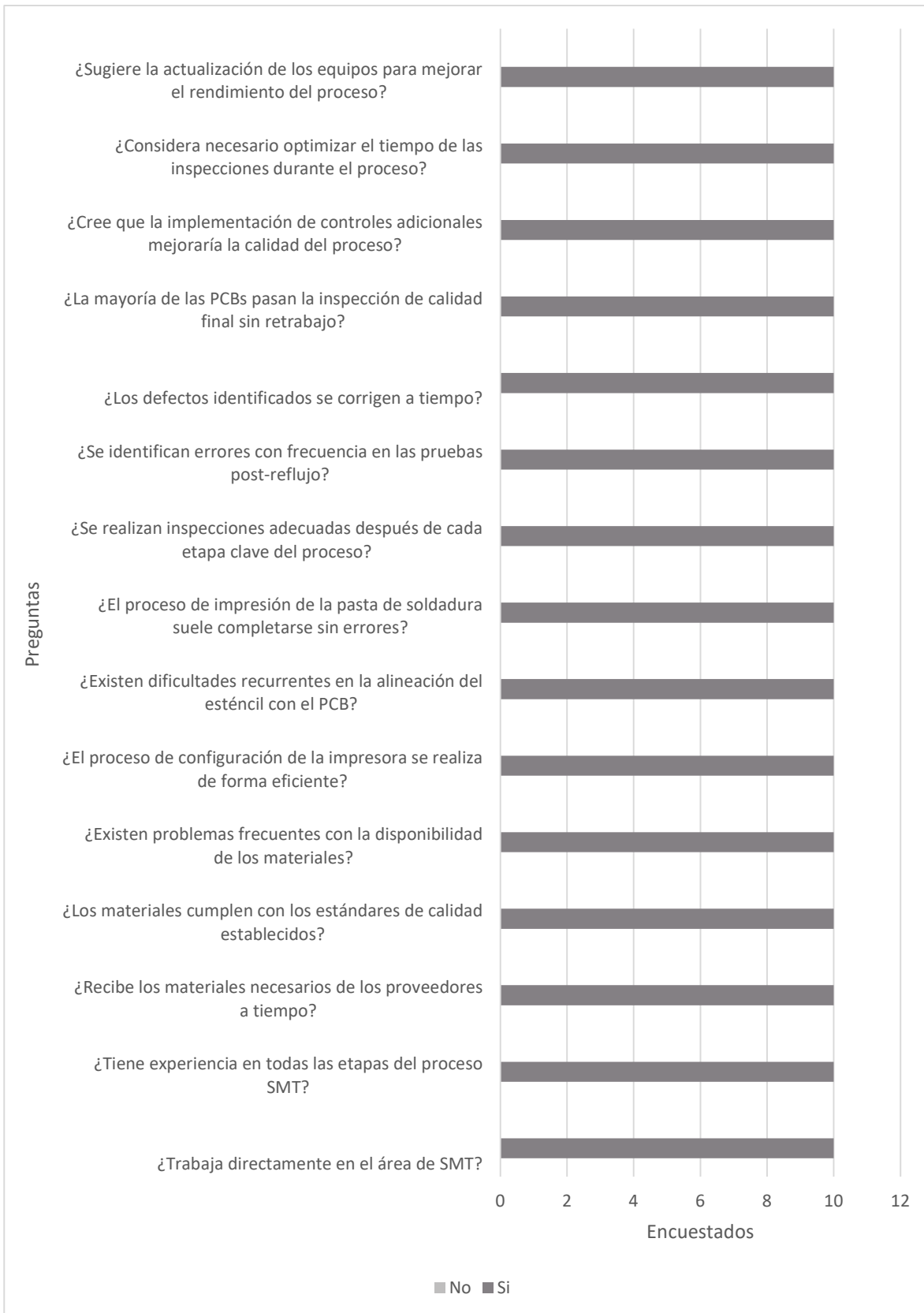


Figura 11. Encuesta East West Manufacturing.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Observando los resultados obtenidos, se puede visualizar mediante el gráfico que se estableció una población que está involucrada completamente en el proceso de producción de PCB's en el área de SMT. El SMT Process and Manufacturing Engineer Eddy Fernández y los diferentes colaboradores del área colaboraron con la respuesta a la encuesta para obtener datos relevantes que serán de importancia en la resolución del problema.

Analizando detenidamente el gráfico se observa que la muestra es de diez personas que trabajan en el departamento y que tienen una idea clara de cuál es el comportamiento real de este. Se trabajo con esta cantidad encuestados debido al conocimiento amplio que tienen dichas personas en la fabricación de piezas, estabilidad del área de SMT y su participación directa en la línea de producción.

Con las respuestas de la encuesta se procederá a hacer un estudio detallado que permitirá complementar esta técnica con las demás herramientas ingenieriles aplicadas en la investigación para así buscar la mejor propuesta de mejora para East West Manufacturing.

4.1.4. Diagrama de Ishikawa

La eficiencia y la calidad son factores claves para el éxito de cualquier proceso de producción, si estos dos elementos no son tratados de manera constante la rentabilidad, competitividad y calidad del producto final se verá afectado. Con esta herramienta creada por el maestro Kaoru Ishikawa se podrá analizar minuciosamente las variables que puedan influir en obtener un resultado no deseado para la compañía, es sumamente útil ya que

ayuda comprender las áreas de mejora y tomar las medidas correctivas necesarias para la estabilidad del departamento.

El método de las 6M permitirá visualizar mediante la cabeza del pescado el problema principal a tratar, seguidamente en las espinas más grandes se desplegarán las posibles causas que están provocando la problemática y por último de las espinas más pequeñas saldrán las causas menores, por eso este instrumento es tan importante en la metodología Six Sigma nos permite una obtención general de información de los posibles datos conflictivos en el proceso de SMT.

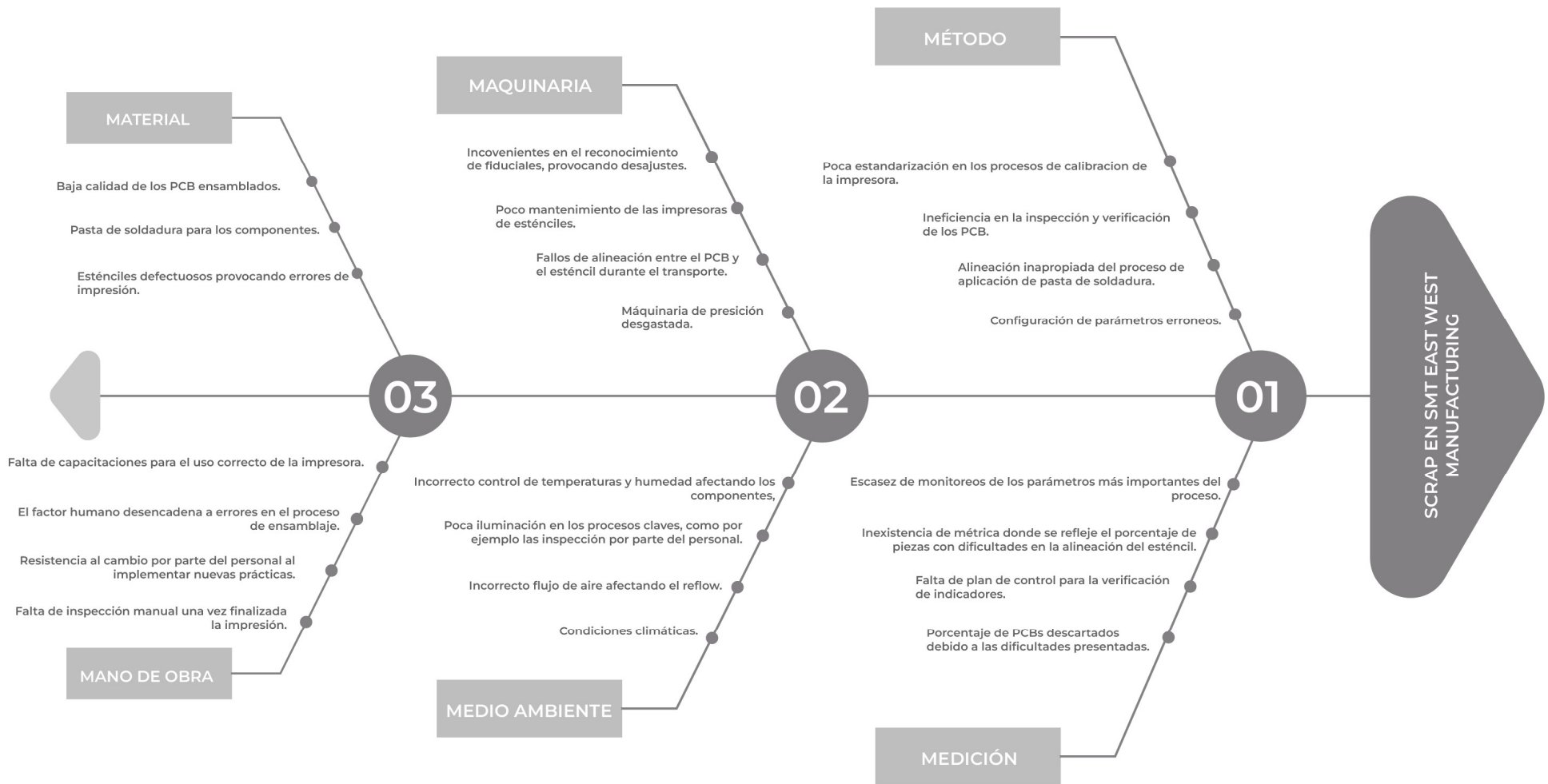


Figura 12. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como problemática principal de esta investigación se tiene el alto porcentaje de scrap generado en el área de SMT. A partir de esto se desarrolló el Diagrama de Ishikawa, donde de la cabeza del pescado se fueron desplegando las famosas 6M.

En **material** se identificó que hay cuatro problemáticas principales relacionadas con la calidad de los PCB ensamblados y de los componentes. Además de estenciles defectuosos generando errores de impresión lo que lleva a RW y por último la pasta de soldadura también puede llegar a generar inconvenientes.

En **maquinaria** son problemas relacionados a las máquinas involucradas en el proceso de fabricación, inconvenientes en el reconocimiento de fiduciales, poco mantenimiento, fallas de alineación entre el PCB y el estencil durante el transporte en la línea y un problema con la máquina de precisión destacan como los principales errores en esta rama.

En **método** hay puntos identificados sumamente importantes que requieren mayor atención, como la poca estandarización en los procesos de calibración de la impresora, ineficiencia en procesos de inspección, alineación inapropiada del proceso de aplicación de pasta de soldadura, errores en la configuración de parámetros.

En **medición** se pueden presentar algunos problemas en la monitorización de los parámetros claves del proceso, incluido a esto se encuentran puntos muy relacionados a la métricas e indicadores para identificar el estado actual del proceso de fabricación.

En **medio ambiente** se identificaron algunos aspectos importantes que pueden llegar afectar todo el paso a paso tanto del proceso de fabricación en el área de SMT en la empresa East West como en todos los demás servicios ofrecidos por la

compañía, el factor medio ambiente es sumamente clave ya que puede afectar drásticamente la producción general.

Por último, en **mano de obra**, factor primordial en todo proceso de fabricación, la falta de capacitaciones y la resistencia al cambio se identificaron como algunos puntos importantes que ayudarán a identificar la causa raíz de la problemática.

4.1.5. Cincos porqués

En combinación con el diagrama de Ishikawa se implantará una herramienta sumamente eficaz en el campo de la producción de productos, el marco de los cinco porqués. La aplicación del instrumento nos facilitará encontrar variables como el desperdicio o en el caso de esta investigación el scrap en SMT, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad del proceso de fabricación.

En el paso a paso de esta metodología, podremos definir el problema, segundo preguntarnos el primer porqué y seguidamente se profundizará con los demás porqués que nos ayudarán en el cuarto paso, que es la etapa en donde descubriremos cual es la posible causa raíz de la problemática. Y como último se podrá desarrollar el plan resolutivo que mejor se acople al sistema y que además genere un impacto significativo en el departamento.



Figura 13. Cinco Porqués.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.1.6. Gráficos de control

Esta herramienta sumamente valiosa en el análisis y solución de problemas permitirá que visualizando la gráfica se obtenga un escenario general que establecerá si el proceso tiene un control estadístico correcto. Permitiendo detectar variaciones anormales en el proceso con el fin de encontrar y buscar acciones correctivas.

Con base en el total de defectos semanales en la empresa East West, se identificará mediante estadística cuál es su media de PCB's con defectos, su desviación estándar, los límites superior e inferior de control, y los límites de especificación superior e inferior. Estos cálculos estadísticos ayudarán la obtención del grafico de control que facilitará la visualización de datos, la detección del problema y la búsqueda de una solución.

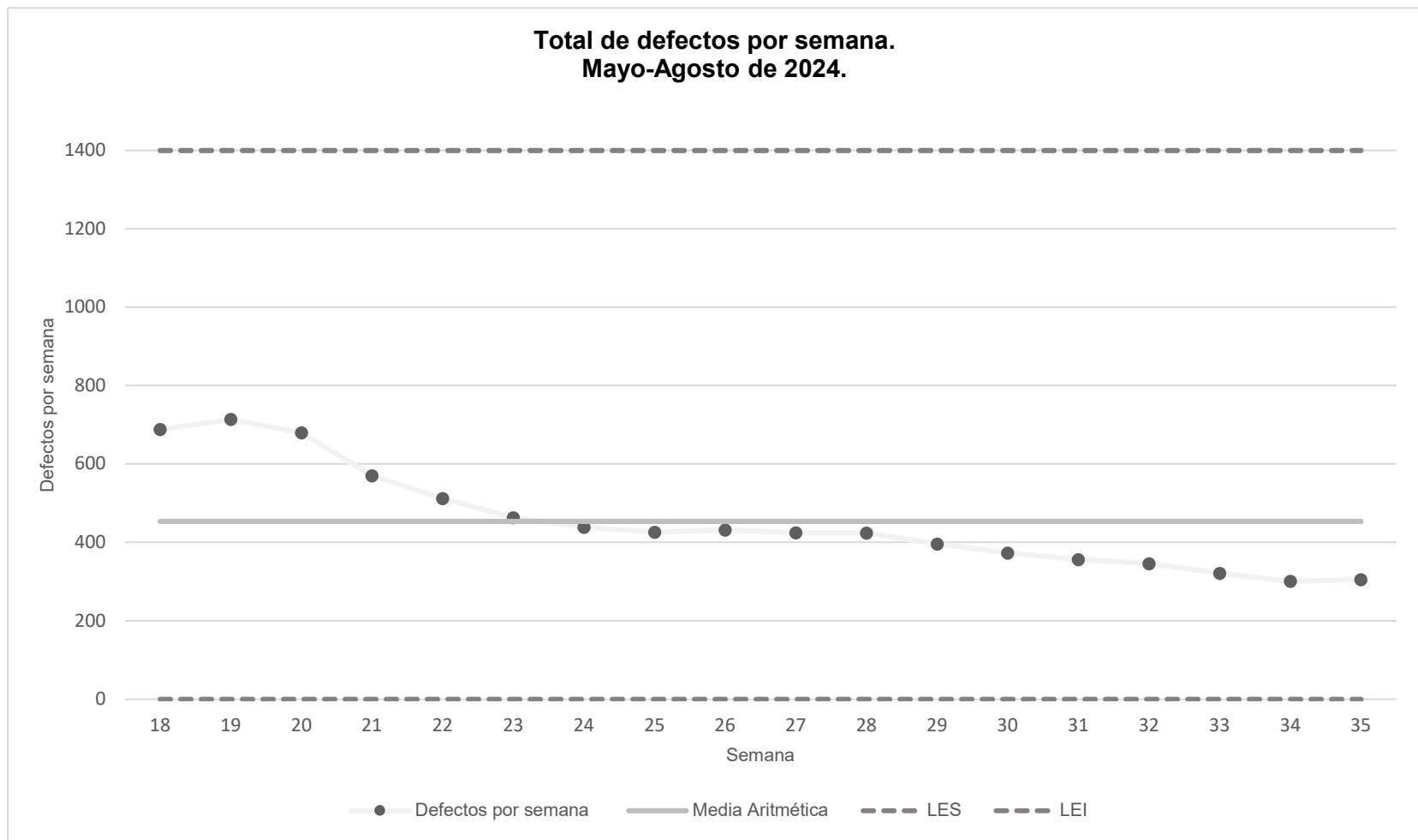


Figura 14. Gráfico de control Defectos SMT.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con la información entregada por East West Manufacturing se logró realizar un análisis de datos que permitió la elaboración del gráfico de control, en este se plasmó el total de defectos por semana del segundo cuatrimestre del 2024.

Desde la semana 18 hasta la semana 35 que representa el mes de agosto se presentaron una suma total 8171 defectos durante la segunda cuarta parte del año,

Estos defectos representan un gasto de dinero, una pérdida de material y un desbalance en las métricas generales del área. Es por esto que con la visualización gráfica se facilitará el planeamiento de una hoja de ruta que permitirá la conclusión del proyecto.

Finalmente, con la visualización de información mediante el gráfico de control y todos los demás instrumentos utilizados en el desarrollo del Capítulo IV se consiguieron cuáles son las causas principales que generan desperdicio y con esto se podrá generar la propuesta de mejora para la empresa.

Capítulo V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En la etapa final de la metodología se utilizarán instrumentos sumamente útiles para la implementación y control de la herramienta propuesta para la búsqueda de la mejora del proceso de producción en el área de SMT de la empresa East West Manufacturing.

Para la fase implementar se aplicarán tres herramientas que fortalecerán el paso a paso de la implementación. El ciclo PDCA como herramienta ingenieril será el primer instrumento a utilizar, segundo el Brainstorming, esta técnica complementará a la anterior para que el personal proporcione ideas acerca de cuáles son las métricas más importantes a tomar en cuenta en la herramienta y como último se realizará un estudio de Benchmarking, que es una técnica la cual nos permitirá encontrar las mejores prácticas para la reducción de scrap en empresas reconocidas a nivel mundial.

5.1. Propuesta de mejora

5.1.1. Ciclo PDCA

5.1.1.1. PLAN

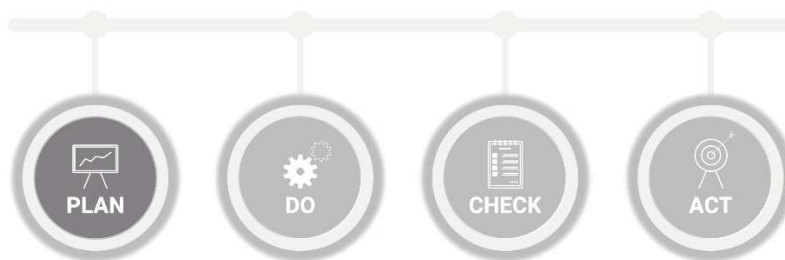


Figura 15. Primera fase del ciclo PDCA. PLAN

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como primera etapa del Ciclo PDCA se tiene **PLAN**, durante la evolución de esta fase se planificará como se aplicará la herramienta

construida para el control del scrap en la línea de producción de SMT.

Para implementar de manera correcta esta etapa del ciclo, vamos a hacer varias preguntas que nos ayudarán terminar de establecer la problemática, aunque ya en las anteriores etapas del DMAIC se encontrarán las principales dificultades del proceso en **PLAN** se volverán a definir para poder abarcar con éxito las siguientes etapas del ciclo.

¿Qué ocurre?

Según las tres etapas anteriores de la metodología se tienen un conflicto principal ocasionado por diversas problemáticas, donde la principal debilidad del área de SMT es el aumento de scrap ocasionado por la desalineación de componentes en la línea, frecuencia de errores en las pruebas post-reflujo, falta de calibración en la impresora, etc.

¿Dónde ocurre?

Este problema es ocasionado en la línea de producción de SMT en la empresa East West Manufacturing.

¿Desde cuándo ocurre?

El problema es constante debido a la alta producción de PCB's, pero se buscó atacar la problemática desde inicios de 2024 con los datos recolectados por la compañía.

¿Cuál es el impacto económico del problema y como impacta a East West Manufacturing?

El scrap generado en SMT está generando gastos promedios adicionales de \$8 045.57 lo que representa un impacto considerable ya que las ganancias establecidas por el departamento variarán

debido a esta cifra.

Con las respuestas a estas preguntas se generó un escenario adicional al ya obtenido en las anteriores etapas de la metodología DMAIC, esto ayudará a avanzar en el proyecto de investigación.

La propuesta de mejora para la búsqueda de un control más estricto en el área de SMT es la implementación de un instrumento en Microsoft Excel sumamente sencillo y efectivo que mediante gráficos nos reflejará visualmente las métricas más importantes con el fin de estar al tanto del estado actual del departamento y atacar más rápidamente dichos conflictos.

5.1.1.2. DO

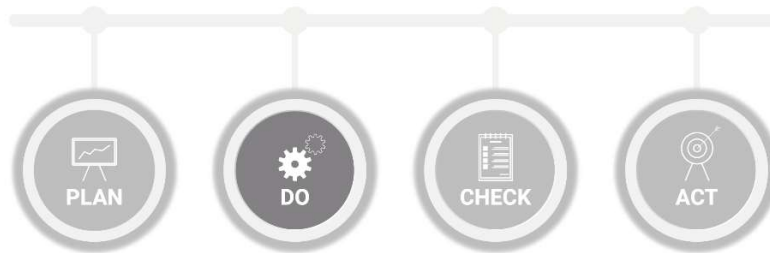


Figura 16. Segunda fase del ciclo PDCA. DO

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la etapa **DO** se responderán a preguntas que fueron respondidas previamente en la investigación, todas estas en las tres fases anteriores del DMAIC, se mencionarán a continuación, pero su respuesta está ya más que cubierta anteriormente.

- **¿Por qué ocurre?**
- **¿Cuándo ocurre?**

- **¿Quién lo produce?**
- **¿Cómo ocurre?**
- **¿Cuántas veces ocurre?**

Con el análisis de gráficos y la aplicación de herramientas ingenieriles se descartaron estas interrogantes. Se generaron escenarios que permitieron encontrar el por qué está ocurriendo esto, como está ocurriendo, quién o quiénes están generando el aumento de scrap en el área, como está ocurriendo esta alza y cuántas veces está ocurriendo.

Estableciendo la etapa anterior del ciclo y respondiendo las diferentes preguntas en esta fase se implementará la herramienta propuesta con el fin de buscar constantemente su mejora para que el producto final sea beneficioso para East West Manufacturing.

Al ser una herramienta en Microsoft Excel, será sumamente fácil la implementación de esta, ya que la capacitación al personal acerca del instrumento no será necesaria debido a que todas las personas involucradas en el proceso tienen un nivel de conocimiento alto en el programa.

Con la ejecución se pensó no solo en el beneficio de que el personal tenga un archivo útil y sencillo para la visualización general del departamento, sino que esta propuesta de mejora no representara un esfuerzo económico adicional para el área, ya que existen softwares eficaces y complejos, pero impactarían económicamente a la empresa debido a que las licencias tienen un costo elevado anualmente.

Entrando directamente en la propuesta de mejora, se explicará detalladamente cuál será la herramienta, como funcionará y que beneficio representará para la compañía.

Como se mencionó anteriormente el instrumento será construido directamente desde Microsoft Excel. A través de un sencillo paso a paso se obtendrá el **Reporte de Indicación**, el propósito de esta herramienta es que diariamente se envíe un correo electrónico a todos los implicados en el proceso de SMT, donde los gráficos generados en Excel permitirán una visión general del departamento en su día a día.

Mediante el correo electrónico se adjuntarán cinco gráficos que permitirán la visualización diaria de las métricas más importantes para el departamento, facilitando a los encargados de buscar mejoras en la reducción de desperdicios obtener el panorama general de la línea de producción.

La herramienta no solo representará un beneficio en la búsqueda de reducción de scrap, sino que, a nivel económico, no tendrá un impacto para el departamento, ya que las únicas dos aplicaciones necesarias para construir el **Reporte de Indicación** serán Excel y el correo electrónico. Con estas dos herramientas se harán llegar a las personas del departamento las métricas diarias, reflejando los clientes, los números de parte, los tipos de defectos, los códigos de inspección, los operadores, la hora y la fecha en la que se presentaron desechos en la línea.

El desarrollo de este instrumento está pensado para ser sumamente sencillo. Básicamente la persona que genere este reporte solo tendrá que copiar los datos generados por la máquina automatizada y pegarlos en el archivo de Excel. Una vez realizado este paso, se actualizarán las tablas dinámicas para que los datos generen los gráficos que serán adjuntos en el correo electrónico.

5.1.1.2.1. Guía de la herramienta

Para obtener el **Reporte de Indicación** se seguirá una guía de cinco pasos sumamente fáciles los cual una vez completados se conseguirá el informe que será enviado vía correo electrónico a todas las partes interesadas.

1. Como primer paso se descargarán los datos generados por la máquina, es data no estructurada la cual pasará a ser data estructurada.
2. Cuando se obtiene la data no estructurada se copiará y se pegará en la hoja llamada "DATA" de la herramienta que transformará la información a datos estructurados con el siguiente formato:
 - Cliente.
 - Número de parte.
 - Tipo de defecto.
 - Categoría.
 - Operador.
 - Hora.
 - Fecha.

Cliente	Número de parte	Tipo de defecto	Categoría	Operador	Hora	Fecha
WILLIAMS AV	P12B	Lapidas	Retrabajo	schaves	07:21:36	23/9/2024
WILLIAMS AV	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	aperez	07:35:26	23/9/2024
WILLIAMS AV	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	aperez	07:36:17	23/9/2024
WILLIAMS AV	C01A	Componente Físicamente Dañado	Retrabajo	aperez	07:37:01	23/9/2024
WILLIAMS AV	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	aperez	07:38:32	23/9/2024
WILLIAMS AV	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	aperez	07:39:25	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	07:41:08	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	07:41:29	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	07:42:09	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	07:42:32	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T22B	Exceso de soldadura	Retrabajo	jjimenez	07:43:24	23/9/2024
WILLIAMS AV	T23A	Puente de Soldadura	SMT	schaves	08:09:43	23/9/2024
WILLIAMS AV	T23A	Puente de Soldadura	SMT	schaves	08:10:45	23/9/2024
WILLIAMS AV	C01B	Componente Desalineado	Retrabajo	schaves	08:16:57	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	C01B	Componente Desalineado	SMT	yvargas	08:31:57	23/9/2024
WILLIAMS AV	C01B	Componente Desalineado	SMT	ncampos	08:33:57	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	09:13:56	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	09:14:34	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	09:15:17	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	09:16:54	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	Retrabajo	jjimenez	09:28:20	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	C01B	Componente Desalineado	SMT	yvargas	09:36:30	23/9/2024
WILLIAMS AV	P12A	Componente faltante	SMT	schaves	09:47:54	23/9/2024
WILLIAMS AV	P11B	Componente volteado	Retrabajo	schaves	09:50:34	23/9/2024
WILLIAMS AV	C01B	Componente Desalineado	Retrabajo	schaves	10:15:26	23/9/2024
ONLINE DEVELOPMENT	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	falfaro	10:17:48	23/9/2024
ONLINE DEVELOPMENT	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	falfaro	10:18:01	23/9/2024
ONLINE DEVELOPMENT	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	falfaro	10:19:11	23/9/2024
ONLINE DEVELOPMENT	C05A	Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	Retrabajo	falfaro	10:19:30	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	SMT	mmurillo	10:33:21	23/9/2024
CAPSA (RUBBERMAID)	T21A	Soldadura insuficiente	SMT	mmurillo	10:34:36	23/9/2024

Ilustración 1. Base de datos, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Establecido el formato se pasará al tercer paso, en esta fase se actualizarán las cinco tablas dinámicas que generarán los gráficos que serán enviados mediante el correo electrónico.



Etiquetas de fila	ND	CAPSA (RUBBERMAID)	ONLINE DEVELOPMENT	Transtech Innovations	WILLIAMS AV	(en blanco)	Total	Total
Componente Fisicamente Dañado					1	1	1	1
Componente Desalineado	3	3		13	3	3	19	19
Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)	5	5	4	4	4	4	13	13
Coplanaridad	1	1					1	1
Conformal No Aplicado Correctamente	4	4					4	4
Componente volteado	2	2		2	1	1	5	5
Componente faltante				9	1	1	10	10
Lapidas	8	8		1	1	1	10	10
Componente equivocado			2	2			2	2
Componente Invertido			2	2	3	3	5	5
Componente levantado	1	1					1	1
Soldadura insuficiente	12	12					12	12
Soldadura fracturada	1	1					1	1
Exceso de soldadura	2	2					2	2

Ilustración 2. Tabla dinámica, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Actualizadas las tablas automáticamente el gráfico será generado y se podrá copiar para ser adjuntado en el mail dirigido a todas las personas involucradas en el proceso de búsqueda de reducción de scrap.

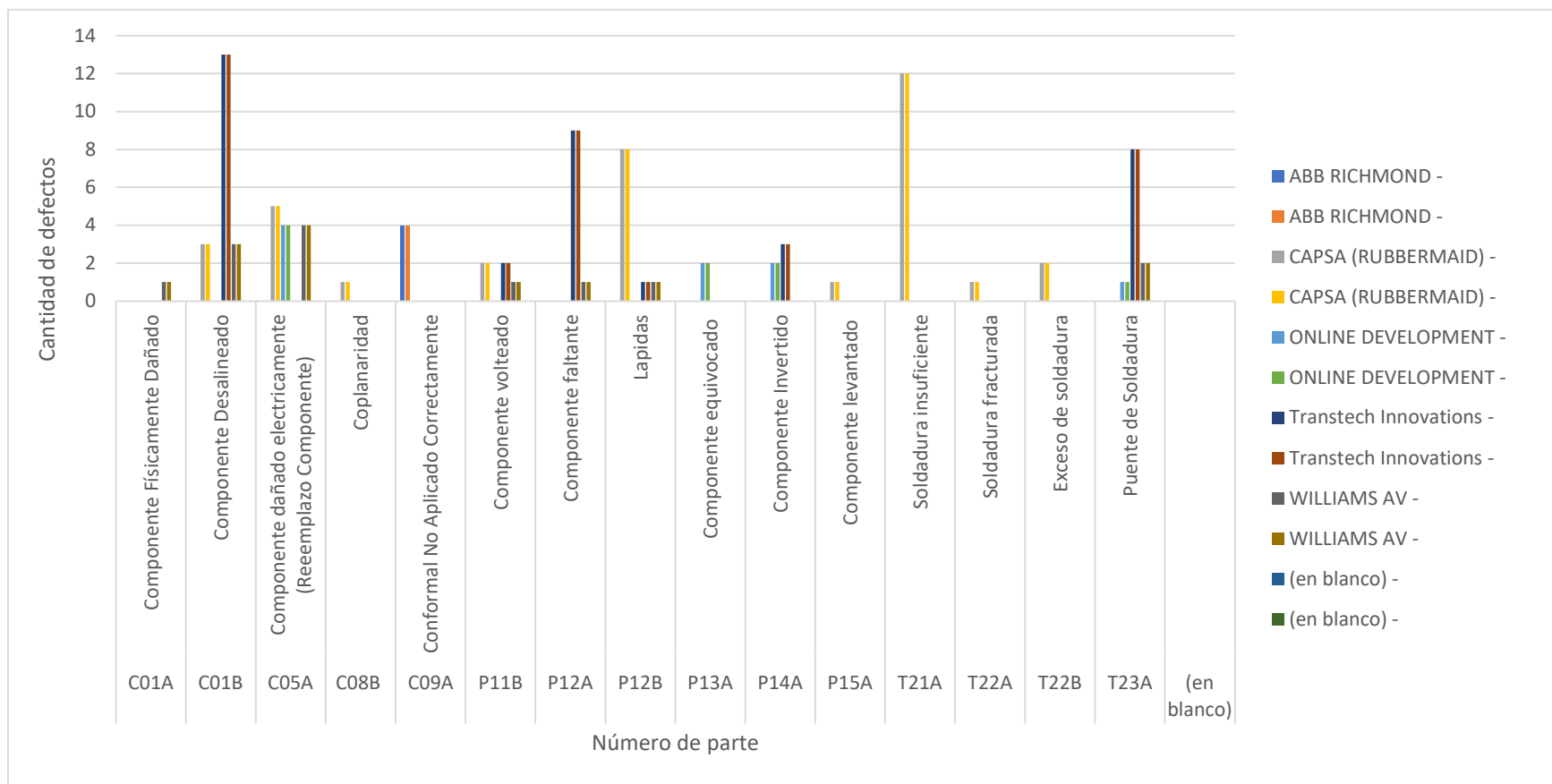


Ilustración 3. Gráfico, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Una vez completados los pasos anteriores se procederá a generar el correo electrónico, donde se copiarán a todos los implicados del área que están al tanto del comportamiento de la línea de producción.

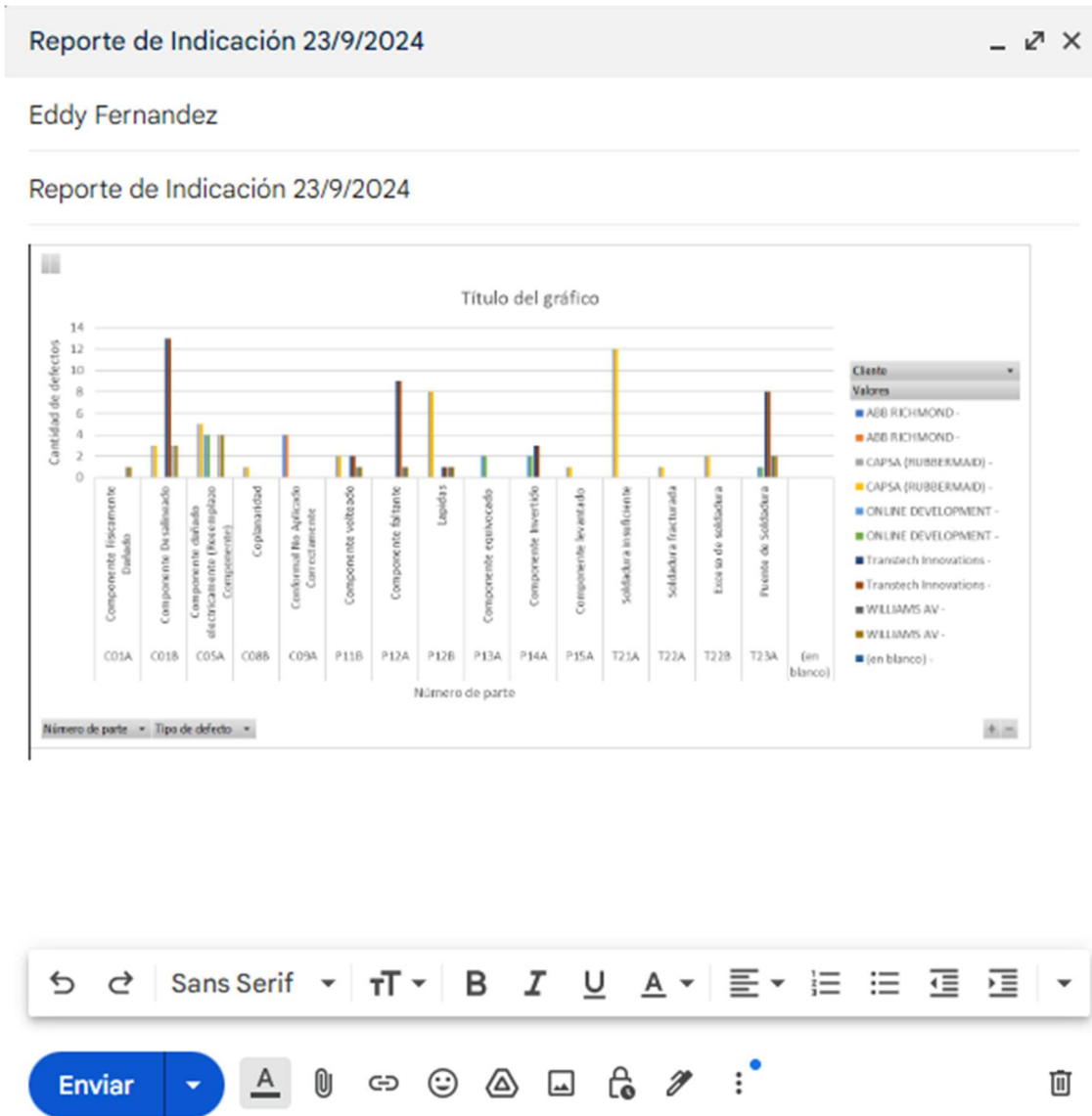


Ilustración 4. Correo electrónico, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Concluido el envío se obtendrá un registro diario del comportamiento general del área SMT, donde el Reporte cubrirá las métricas claves que son de interés para los encargados de tomar de decisiones. Es un instrumento sumamente útil, visual y poco costoso que impactará de manera directa a la búsqueda de la reducción de desperdicio.

5.1.1.3. CHECK

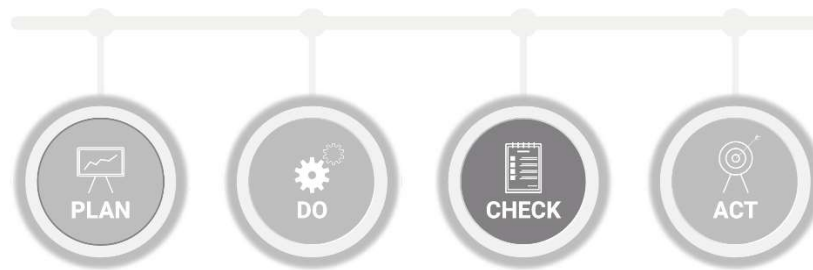


Figura 17. Tercera fase del ciclo PDCA. CHECK

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la etapa Verificar del Ciclo PDCA, con la aplicación de la herramienta en el departamento se conseguirá diariamente esta verificación que el instrumento ingenieril prioriza. Durante la semana se obtendrán múltiples reportes que permitirán que durante seis días a la semana las métricas generales del área estén bajo una visualización constante y con esto mitigar los desperdicios generados.

Además, se podrán hacer evaluaciones continuamente para comparar el estado de la línea, esto con el objetivo de evaluar si la implementación de la herramienta ha sido efectiva o hay que complementarla con otras técnicas para mitigar aún más la problemática.

5.1.1.4. ACT

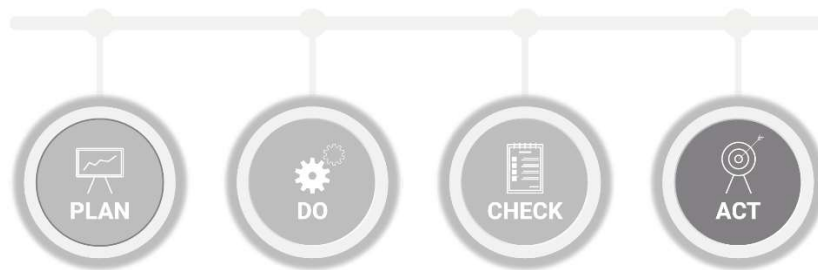


Figura 18. Cuarta fase del ciclo PDCA. ACT

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Concretadas todas las etapas anteriores del ciclo, esta fase servirá específicamente en cuatro puntos, en el ajuste, retroalimentación, estandarización y la mejora continua del proceso.

Por ejemplo, si la compañía solicita que se configure la base de datos para que en los gráficos se refleje otra métrica importante para ellos, en esta fase se realizaría, por eso es de suma importancia ese ajuste y retroalimentación por parte de East West Manufacturing. Además, si la empresa determina que con el **Reporte de Indicación** se han obtenido mejoras notables se pueden documentar todos los procedimientos para que sean estandarizados y que formen parte del proceso regular del área de SMT.

Finalizado todo el Ciclo PDCA se tiene completada la propuesta de mejora, con esta herramienta y la metodología DMAIC se definieron las problemáticas, se midieron mediante instrumentos ingenieriles, se analizaron, se mejoraron y finalmente se controlarán para que la línea de producción de SMT en East West Manufacturing tenga un control más estricto.

5.1.2. Brainstorming

El brainstorming está siendo una de las técnicas más utilizadas por empresas en los últimos años, es una herramienta sumamente útil ya que permite fomentar nuevas formas de pensar aplicadas en la industria y además que las personas involucradas en el proceso aporten nuevas ideas para la resolución de problemas.

Mediante una reunión se mantuvo un brainstorming con el departamento de SMT de East West Manufacturing, donde se generaron varios comentarios que nos permitirán obtener ideas acerca de que se tiene que mejorar en el área con respecto al control de desechos. A continuación, se destacarán algunos de los puntos más importantes en la discusión:

- Uno de los puntos tratados en la lluvia de ideas fue el interés por parte de los facilitadores de que las máquinas sean reemplazadas por unas más modernas, es un punto clave que si beneficiaría directamente en la disminución del scrap pero que supondría una inversión muy grande que impactaría directamente el presupuesto de la compañía.
- El segundo tema que surgió del brainstorming es que se tienen varios métodos de recolección de datos para la detección de errores como MES, Panacim y Factory Logix, pero sugieren la precisión mediante datos automatizados y entradas manuales de confianza, es por eso que se optó por una herramienta sencilla y confiable para la propuesta de mejora en este proyecto.
- Por último, se llegó a la conclusión que las principales

razones por la cuales se genera desperdicio en el área son los errores en el ensamble de los PCB's, por lo cual la búsqueda de un control diario de este dato asegura que beneficiaría al departamento.

El propósito de esta técnica en esta fase de la metodología es buscar los puntos claves que los trabajadores del área quieren mejorar para que sean analizadas e incluidas en el **Reporte de Indicación** con el fin de que las necesidades del área sean cubiertas al cien por ciento.

5.1.3. Benchmarking

La técnica Benchmarking permitirá que, mediante un estudio meticuloso, se obtengan las mejores prácticas y recomendaciones por parte de empresas, con el fin de entender las estrategias utilizadas para la reducción y control de scrap.

De esta manera, con la implementación de la herramienta y aportando las mejores prácticas del mercado, se buscará elevar el rendimiento del departamento.

Investigando las mejores prácticas acerca del tema tratado por parte de empresas reconocidas, se encontraron tres fuentes valiosas que ayudarán a obtener un escenario no solo a nivel personal fundamentado en el conocimiento ingenieril, sino que, a nivel mundial, con compañías exitosas que tienen un conocimiento y una experiencia acumulada a lo largo de los años.

5.1.3.1. Thomasnet

Empresa Norteamericana que por más de 125 años han

impulsado la manufactura de toda América del Norte, se encargan de ayudar a profesionales a crear soluciones que informen, apoyen y empoderen a la compañía.

Según la empresa existen cinco puntos claves para la reducción de scrap y el retrabajo en las empresas manufactureras.

1. **Minimizar el error humano:** la compañía comenta que las PCB's pueden dañarse tanto por transporte como por manipulación humana, recomiendan la automatización como procedimiento clave ya que disminuye drásticamente la pérdida de componentes. Además, recalcan que “los errores excesivos que provocan desechos deberían ser una señal de que su personal necesita más capacitación”, por eso la capacitación de personal es un punto fundamental en todo proceso de fabricación de productos.
2. **Mejorar la gestión de cambios y la comunicación:** Thomasnet recalca que la pérdida de scrap puede deberse a una comunicación deficiente o incompleta entre los diferentes implicados en el proceso de producción. Por ejemplo, si el equipo de ingeniería toma la decisión de cambiar una pieza para mejorar el producto, esto debe comunicarse rápidamente y con claridad no solo internamente sino también a lo largo de la cadena de suministro, puede parecer un ejemplo ilógico, pero situaciones como estas se pueden presentar en una compañía y pueden generar errores en PCB's. Por eso la gestión de cambios y la comunicación son factores claves en la manufactura.
3. **Documentación:** la documentación y actualización de procedimientos estándar operativos (SOP) y del libro de

materiales (BOM) son ejemplos de archivos que toda compañía debe conservar digitalmente, esto con el objetivo que si algún colaborador del departamento consulta un archivo no este obsoleto y evite que debido a esto se genere trabajos repetidos o scrap en las PCB's. Según Thomasnet este es otro punto a tomar en cuenta para la disminución de desechos.

- 4. Optimización de procesos de fabricación:** Para Thomasnet la fase de diseño es sumamente importante en el proceso de fabricación de productos. Un mal ajuste de herramientas dañadas o mal fabricadas pueden ser una fuente de entradas de desechos.
- 5. Plan remedial para el scrap:** Establecer un plan correctivo para el proceso de fabricación de piezas en el campo de la manufactura es clave según Thomasnet, más que todo en procesos donde la generación de desechos es inevitable.

Thomasnet resalta estos cinco puntos en base a su experiencia durante más de cien años en la industria manufacturera, por eso el Benchmarking es una técnica tan enriquecedora, permite encontrar las mejores recomendaciones del sector para poder aplicarlas en nuestro proyecto de investigación y en este caso directamente a East West Manufacturing.

5.1.3.2. MachineMetrics

MachineMetrics empresa fundada en 2015 con la misión de poner en funcionamiento los datos obtenidos de las métricas utilizadas en los diferentes campos de la industria. Con el talento de su personal tanto en fabricación avanzada como en tecnología de

vanguardia, enfocaron su objetivo principal en construir una empresa centrada en resolver problemas de fabricación reales. Con estas bases, la compañía propuso seis puntos fundamentados para la disminución del scrap y el retrabajo. Estos, son los siguientes:

1. Auditorías: Según MachineMetrics, la aplicación de auditorías en la industria tiene que ser el primer paso para iniciar una búsqueda efectiva de la disminución de desperdicios. Si no se tiene un diagnóstico total del proceso es muy difícil identificar los puntos que ocasionan esta pérdida. Estos son algunos puntos que la compañía identificó como los principales causantes de scrap:

- Averías.
- Ajustes y configuraciones.
- Reducción de velocidad.
- Reducción de avance.
- Rechazo de producción.

2. Comunicación y gestión de cambios: MachineMetrics estableció que la comunicación y la gestión de cambios en todo proceso donde se produce scrap es clave. Recalcan que, si la comunicación entre procesos ascendentes y descendentes es inexistente, esto puede dar como resultado que los errores se agraven. Además, comentan que los libros de materiales (BOM) también son culpables de los desaciertos ocurridos en las cadenas de comunicación en la planta. Por eso, es de suma importancia que el libro de materiales sea claro, conciso y actualizado constantemente, para que todas las fases

del proceso de fabricación de PBC's estén alineadas en temas de comunicación y cambios generales del proceso.

- 3. Revisión de inventario y herramientas:** El control y la gestión de inventario, así como las herramientas e insumos involucrados en la realización de piezas en la industria de la producción es clave según MachineMetrics. Comentan que la calidad de un fabricante depende no solo de la calidad del material y los componentes utilizados, sino también de la calidad de la maquinaria con la que se fabrica. El funcionamiento correcto de todas las máquinas para la construcción de piezas es indispensable, si por algún motivo el rendimiento de la herramienta es inferior a lo establecido, se puede llegar a producir desperdicio.
- 4. Capacitación:** la capacitación es un factor crucial, según la compañía estadounidense. La correcta formación del personal juega un papel sumamente importante en el proceso de construcción de productos. Dependiendo de la preparación previa a la realización de tareas diarias del colaborador, el desperdicio puede generarse o no.
- 5. Documentación:** Documentar cómo funciona todo el proceso de fabricación representa un factor de importancia en compañías manufactureras. Muchos fabricantes se están ahogando en documentos escritos derivados a procedimientos manuales. Sin embargo, cuando se trata de documentación de alta importancia, donde se describe aspectos críticos del proceso no lo documentan correctamente. Desde una auditoría hasta archivos de cómo se regula la empresa, tiene que ser documentado. Debido a estas premisas, Machinometrics

considera importante la documentación en la búsqueda del control de scrap.

6. Mantenimiento: Establecer estrategias de mantenimiento facilita y evita que los errores en maquinaria disminuyan. Si no se posee un plan preventivo para que la calidad del producto final sea alta, se puede generar desperdicios en el proceso de fabricación. Estos seis puntos destacados por Machinetrics pueden llegar a significar un ahorro de dinero y de producto desperdiciado para la empresa East West Manufacturing.

5.1.3.3. Intouch

Intouch, empresa dedicada al outsourcing de desarrollo, suministro y soporte de sistemas potentes. Estos sistemas ayudan a las empresas a crecer y aprovechar al máximo los recursos humanos, máquinas y materiales. Por más de veinticinco años, ha ofrecido soluciones con las cuales redactaron tres puntos que para ellos son claves en la búsqueda de disminuir el scrap.

1. Costos: Para la compañía Intouch, la reducción de scrap no solo tiene implicaciones económicas, sino que también impacta directamente la eficiencia general de la línea de producción. Cuando las empresas enfrentan aumentos a nivel económico y tienen limitantes de recursos, tratar el problema de desechos es clave. Un tema que la empresa considera importante son los márgenes de ganancia; este punto lo consideran una métrica esencial para medir el rendimiento de una entidad. Cuando el scrap no se controla, afecta estos márgenes.

Cada pieza defectuosa o material desperdiciado representa gastos adicionales que afectan el presupuesto establecido por el departamento.

2. **Eficiencia:** La compañía afirma que el corazón de la fabricación es la eficiencia, un término de suma importancia en el campo estudiado. La eficiencia en el campo de la manufactura no se trata de la velocidad de la operación, sino también de la utilización de los recursos utilizados. Esto implica que las operaciones que son eficientes tienen una alta probabilidad de que los objetivos establecidos se concreten y que el desperdicio sea mínimo. Mediante el control y evaluación frecuente de las métricas donde se ven reflejados los porcentajes de scrap, los fabricantes pueden identificar puntos de mejora en sus procesos e implementar acciones correctivas.
3. **Overall operations effectiveness:** A medida que han pasado los años, Intouch estableció que uno de los papeles más influyentes en la fabricación actual es la eficiencia general del equipo, o OOE por sus siglas en inglés. Esta métrica combina los tres componentes principales de la producción: disponibilidad, rendimiento y calidad. La unificación de estos puntos proporcionará un estudio completo de la eficiencia del proceso de fabricación. En conclusión, un porcentaje de calidad bajo refleja una mayor cantidad de productos con defectos, lo que se traduce a un aumento de scrap. Por lo tanto, si se realiza un análisis exhaustivo de OOE ayudará a proporcionar información valiosa sobre donde se genera la chatarra y que procesos o equipos son los culpables de este problema.

Finalmente, en la última fase del DMAIC mediante los gráficos de

control generados por la herramienta se controlará diariamente las métricas claves del departamento, generando un reporte que ayudará a mitigar el desarrollo de desechos y con esto disminuir los gastos en el área de SMT en East West Manufacturing.

5.1.4. Gráficos de control

Para esta última herramienta utilizada en la finalización del DMAIC, se utilizarán los cinco gráficos de control que conformarán el Reporte de Indicación, este permitirá el monitoreo diario del área.

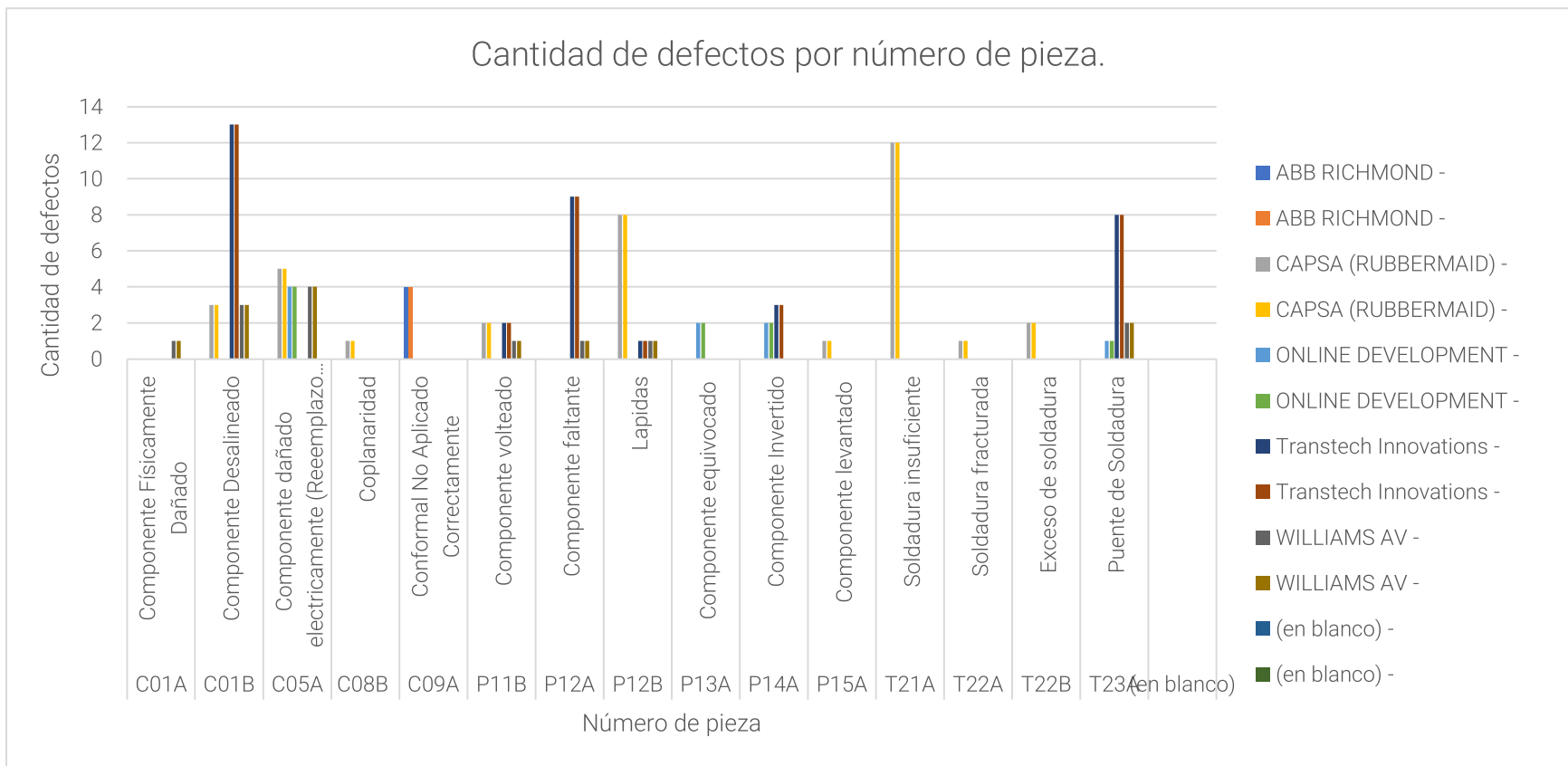


Figura 19. Gráfico 1, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

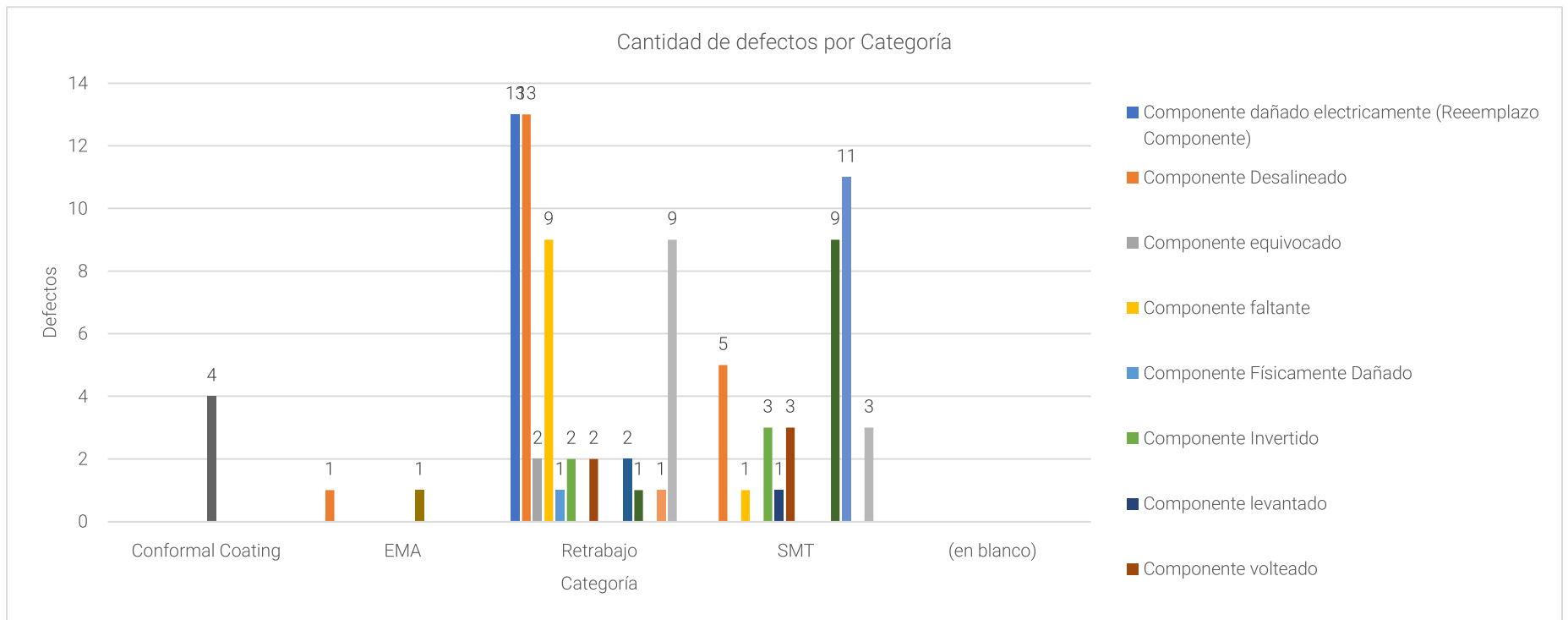


Figura 20. Gráfico 2, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

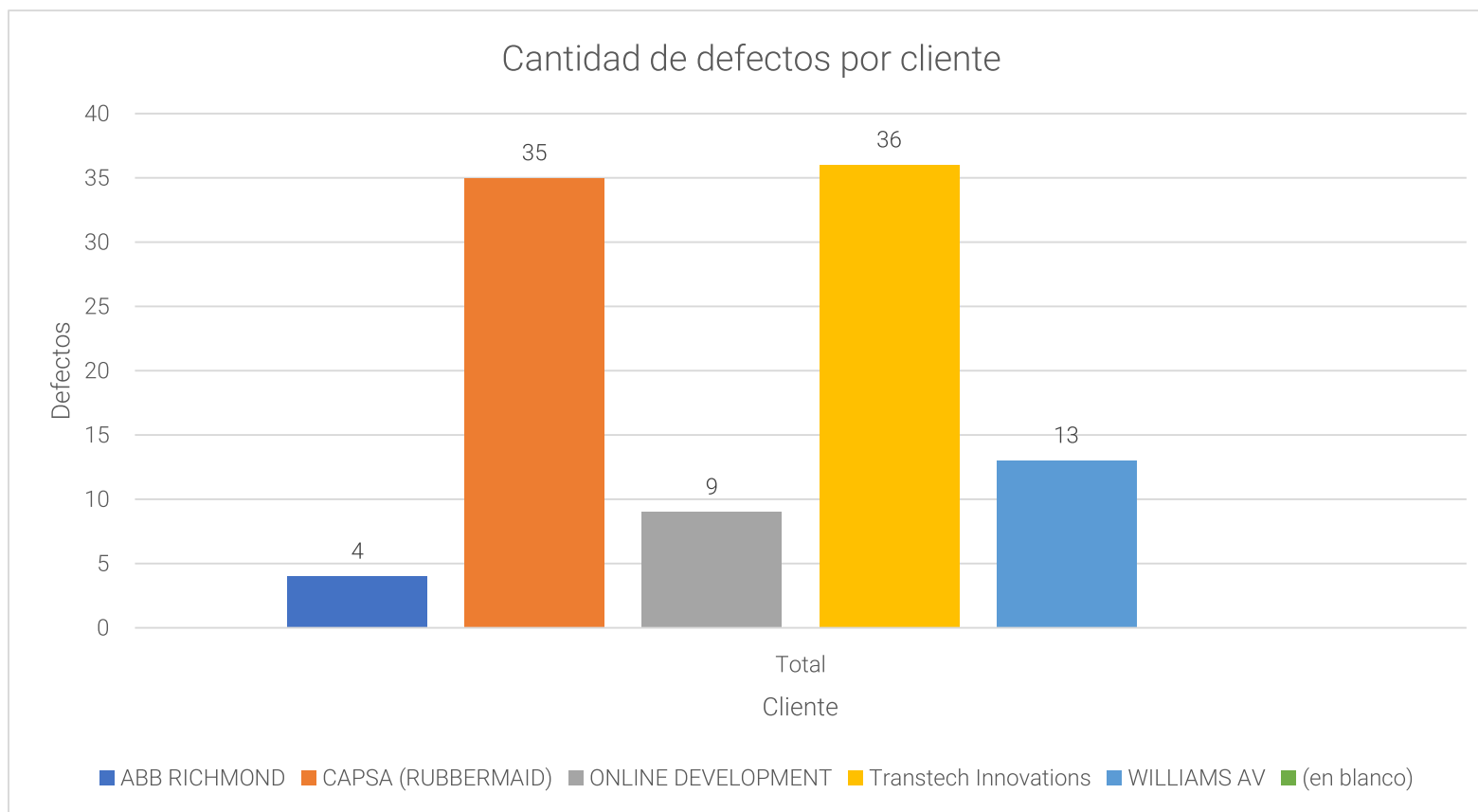


Figura 21. Gráfico 3, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

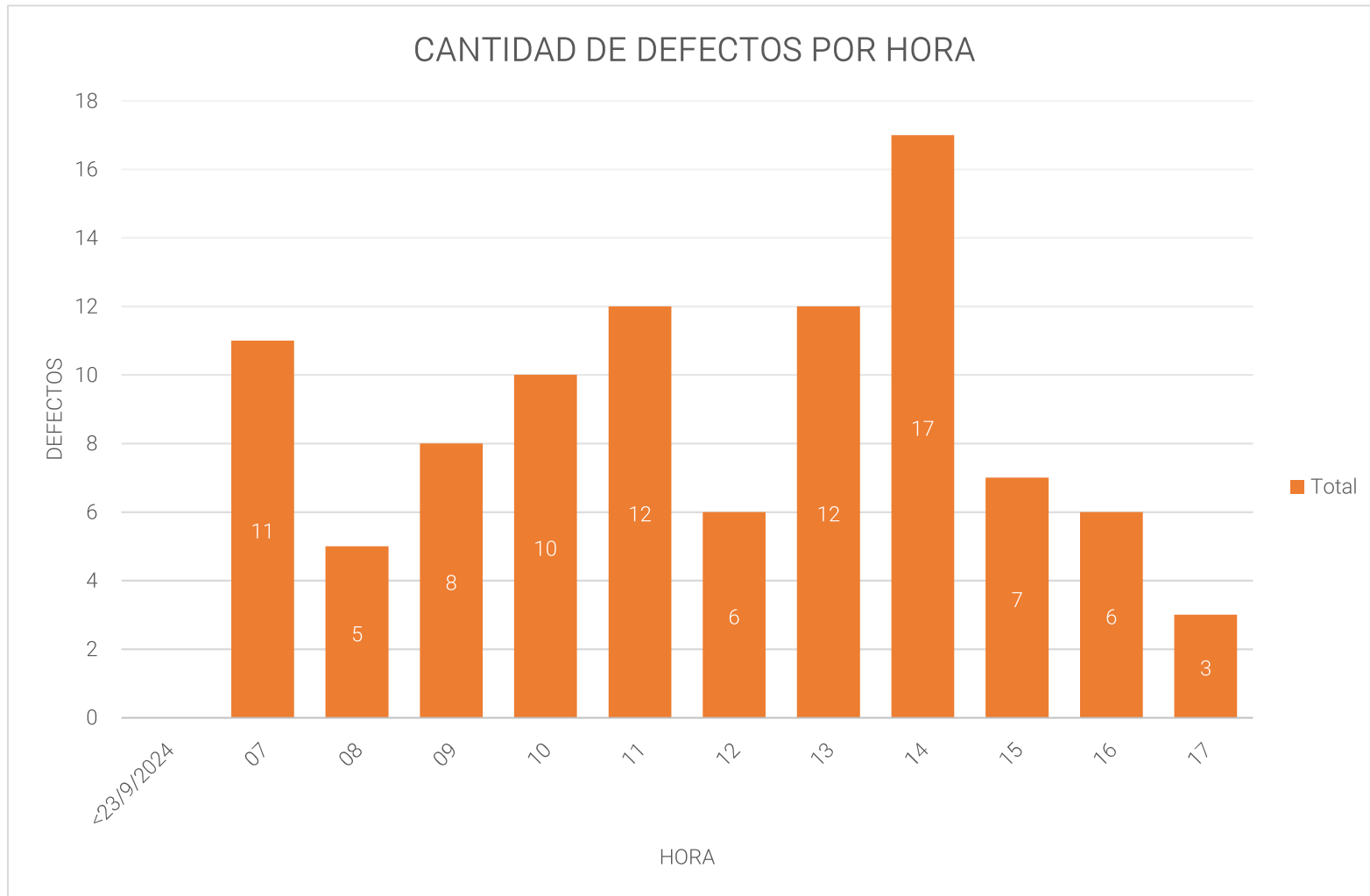
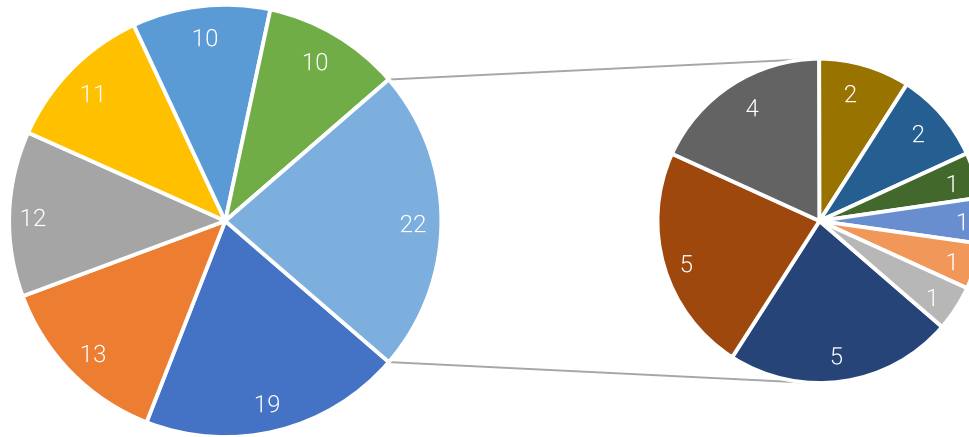


Figura 22. Gráfico 4, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Porcentaje de defectos por categoría



- Componente Desalineado
- Componente dañado electricamente (Reemplazo Componente)
- Soldadura insuficiente
- Puente de Soldadura
- Lapidas
- Componente faltante
- Componente Invertido
- Componente volteado
- Conformal No Aplicado Correctamente
- Exceso de soldadura
- Componente equivocado
- Componente Físicamente Dañado
- Coplanaridad
- Componente levantado

Figura 23. Gráfico 5, Reporte de Indicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con el conjunto de gráficos construidos en el **Reporte de Indicación**, se tiene como objetivo que el proceso de SMT tenga una visualización constante del comportamiento general del área, con el fin de detectar los diferentes defectos que están generando el aumento de scrap.

Uno de los objetivos de la etapa “**Controlar**” de la metodología es que la propuesta de mejora perdure durante el tiempo. Con la construcción y envío diario de la herramienta, este propósito se logrará de una manera sencilla, ya que el desarrollo y trabajo que supone este instrumento es mínimo.

Enviando el reporte diariamente, se obtendrán los siguientes datos comparativos para la toma de decisiones:

- Gráfico **cantidad de defectos por número de pieza**: Este gráfico proporcionará una comparativa entre los diferentes números de piezas que presentan algún tipo de defecto, especificando el defecto en cuestión y el cliente el cual es afectado.
- Gráfico **cantidad de defectos por Categoría**: El segundo gráfico del reporte permitirá identificar los tipos de defectos generados en las diferentes áreas o procesos del departamento SMT.
- Gráfico **cantidad de defectos por cliente**: Como tercera representación del reporte, se presenta un gráfico muy básico, pero de suma importancia. La cantidad de defectos por cliente ayudará al área a identificar qué defectos se están generando en la construcción de los diferentes PCB's ofrecidos por East West Manufacturing a sus compradores.

- **Gráfico de cantidad de defectos por hora:** El antepenúltimo gráfico refleja de manera sencilla, cuántos defectos se están generando por hora durante el horario diario de producción de componentes.
- **Gráfico porcentaje de defectos por categoría:** Para cerrar la serie de gráficos del reporte, se construyó una comparativa mediante gráficos de pastel. El primer gráfico permite visualizar los defectos con mayor porcentaje de presencia en el proceso y alinea ese veintidós por ciento a un gráfico más pequeño que muestra los defectos de menor porcentaje de presencia en la línea de producción. Aunque sean mínimos, se deben de considerar para la búsqueda de una mejora continua.

En conclusión, la transformación de datos no estructurados a datos estructurados permitió la creación del **Reporte de Indicación**, que habilitará a los colaboradores y a los altos mandos la búsqueda de oportunidades para que la reducción de scrap en el departamento disminuya progresivamente.

5.2. Plan de implementación

En ingeniería industrial, la construcción de un análisis económico es esencial. Por esta razón, se realizará un estudio acerca del estado actual de las pérdidas del departamento y se comprobará cómo la herramienta puede ser un beneficio económico.

Actualmente el área de SMT está presentando pérdidas mensuales promedio de \$8,045.57, lo que significa que anualmente puede incurrir a gastos por scrap de hasta \$96 000 dólares. Debido a esto, mediante la aplicación de la herramienta se busca un control más estricto del departamento, mitigando

tanto los costos como los desperdicios.

Realizando un estudio general mediante una tabla comparativa se reflejarán los datos más relevantes de cómo el Reporte de Indicación es una propuesta efectiva a nivel económico para East West Manufacturing. La tabla estará conformada por los siguientes detalles clave que permitirán visualizar la diferencia de costos y beneficios entre el Reporte y los softwares comerciales:

- Costo inicial: Costos de implementación inicial, como licencias, hardware o configuración de la herramienta.
- Costo anual: Gastos recurrentes por licencias, soporte técnico, mantenimiento o actualizaciones.
- Capacitación: Entrenamiento al personal para el uso adecuado de la herramienta.
- Tiempo de implementación: Periodo necesario para implementar y utilizar la herramienta.
- Requerimiento del hardware: Necesidad de utilizar equipos específicos para el funcionamiento de la herramienta.
- Retorno de inversión (ROI): Relación entre los ahorros proyectados y el costo de la herramienta.

Mediante la investigación de los diferentes costos que significarían implementar softwares comerciales en el tratamiento de scrap en líneas manufactureras, se concluyó que los diferentes costos y detalles clave para reflejar un análisis económico completo son los siguientes:

Aspecto evaluado	Herramientas			
	Epicor Advanced MES	Machine Metrics	SensrTrx	Reporte de Indicación
<i>Costo inicial</i>	\$15 000	\$10 000	\$8 000	\$0
<i>Costo anual</i>	\$25 000	\$15 000	\$12 000	\$0
<i>Capacitación</i>	\$2 000	\$1 500	\$1 000	\$0 - \$100
<i>Tiempo de implementación</i>	3 meses	2 meses	2 meses	1 semana
<i>Requerimientos del Hardware</i>	Sensores / Conexiones	Sensores	Sensores	Ninguno
<i>Retorno de Inversión (ROI)</i>	~100% (2 años)	~80% (2 años)	~75% (2 años)	~300% (1 año)

La tabla permitirá comparar los costos y beneficios de cada herramienta de forma directa, demostrando que el Reporte de Indicación es una propuesta de mejora rentable y de bajo impacto en el presupuesto de East West Manufacturing.

Para tener un cálculo más fundamentado del Retorno de Inversión de cada herramienta se realizará la aplicación de la fórmula en cada uno de los instrumentos incluidos en la tabla anterior.

Fórmula de ROI:

$$\frac{\text{Ganancia Neta (Beneficio obtenido)} - \text{Costo de la inversión}}{\text{Costo de la inversión}} \times 100$$

Una vez aplicada la fórmula en cada una de las herramientas se dieron los siguientes resultados:

ROI para Epicor Advanced MES	-40
------------------------------	-----

ROI MachineMetrics	-28
--------------------	-----

ROI SensrTrx	-20
--------------	-----

Desglosando cada uno de los resultados se observa que Epicor Advanced MES da un resultado de -40%, Machine Metrics -28% y SensTrx -20% de retorno de inversión lo que significa que el dinero invertido no se recuperará en un año.

Ahora, con el cálculo del Reporte de Indicación se interpreta que la herramienta tiene un ROI técnicamente infinito ya que no incurre en costos de aplicación, mantenimiento, etc. Y generaría beneficios directos ya que permitiría que el departamento se concentre en los defectos que más impactan al área.

En la siguiente tabla se visualizarán los datos calculados más efectivamente:

Herramienta	Ahorro anual estimado	Costo inicial	Costo anual	Costos anuales en un año	ROI en un año
<i>Epicor Advanced MES</i>	\$24 000.00	\$15 000.00	\$25 000.00	\$40 000.00	-40 %
<i>MachineMetrics</i>	\$18 000.00	\$10 000.00	\$15 000.00	\$25 000.00	-28 %
<i>SensrTrx</i>	\$16 000.00	\$8 000.00	\$12 000.00	\$20 000.00	-20 %
<i>Reporte de Indicación</i>	\$10 000.00	\$250.00	\$1 000.00	\$1 250.00	>500%

En este caso, se observa que, aunque los ahorros anuales estimados de los softwares son mayores, el Reporte de Indicación tiene un beneficio directo y es extremadamente viable

económicamente ya que tiene un costo muy bajo a comparación de las demás opciones. Los gastos asociados a la implementación de esta herramienta incluye la creación, actualización, transporte, material y capacitación, estimando un costo total de \$1250 aproximadamente incluyendo todos los puntos anteriormente mencionados.

De este monto la creación y actualización del reporte anualmente representa un costo de \$625, mientras que los gastos restantes suman otros \$625. Esto da como resultado un ROI superior al 500%. Desde un punto de vista ingenieril, este valor es considerablemente alto, pero se justifica debido al bajo costo de inversión, lo que genera un retorno de inversión elevado.

Este escenario es positivo para la empresa, ya que los gastos necesarios para implementar el Reporte de Indicación no representan un impacto financiero significativo.

Con la construcción de este análisis económico se espera que la propuesta de mejora tenga una justificación robusta de como la herramienta impactaría a East West Manufacturing, por esto, se puede concluir que, aunque hay softwares comerciales que la automatización es de alto nivel, el Reporte de Indicación puede influir enormemente en la reducción del scrap del departamento teniendo un análisis diario que reflejará el comportamiento general de la línea para combatir la problemática.

Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para la finalización de este proyecto de investigación, se recolectaron conclusiones y recomendaciones que permitirán dar un cierre de cuáles son las mejores herramientas o técnicas por utilizar para mitigar los desechos. Además, se determinaron los temas que están ocasionando que la problemática afecte las métricas y los gastos de SMT.

6.1. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto era crear una herramienta que permitiera que el departamento tuviera un control más estricto del scrap en temas generales.

Este objetivo se amplió durante el desarrollo de la investigación, ya que se determinó que se debe tener un control más específico del área en cuanto a los defectos que generan los desperdicios, lo que afecta el presupuesto del departamento.

Con la aplicación del instrumento propuesto, se busca que diariamente el departamento obtenga un análisis mediante gráficos que permita que los encargados de buscar mejoras tengan el escenario de qué piezas, qué clientes y qué defectos son los que más están afectando a East West Manufacturing.

Tras realizar el análisis económico, se utilizaron tres herramientas de análisis de métricas comerciales, recolectando todos los aspectos a tomar en cuenta para la implementación de estos. Con la información obtenida se realizó un análisis comparativo y se concluyó que el **Reporte de Indicación** representa una inversión baja para la compañía y que permitirá al departamento obtener una visualización general del comportamiento diario del área, con el fin de atacar las problemáticas encontradas en la línea de

producción de SMT. De esta manera, se espera disminuir los desperdicios y aumentar la productividad.

Aparte de la propuesta generada en esta investigación, se concretó que hay muchas iniciativas que el personal del departamento desea implementar, como la actualización de equipos. Sin embargo, estas son ideas que no se pueden llevar a cabo fácilmente ya que tendrían un impacto económico muy grande. Debido a esto, se buscó un reporte que no genere ningún tipo de gasto y que se construya fácilmente.

En conclusión, el desarrollo de este proyecto está pensado, primero, para que la empresa obtenga un informe general del estado del área mediante la aplicación de la metodología DMAIC. En segundo lugar, se busca que, después de aplicada la metodología se obtenga la mejor propuesta en cuanto a las métricas que se pretenden reflejar en el **Reporte de Indicación**, asegurando que el impacto económico para la aplicación del instrumento sea bajo y así se encuentren las mejores oportunidades de reducción en materia prima y dinero.

6.2. Recomendaciones

En cuanto a las recomendaciones se presentan varios puntos para que la empresa tome en cuenta con el fin de que la disminución de scrap sea notoria. Durante la aplicación del DMAIC y las diferentes herramientas ingenieriles se sugerirán las mejores acciones a tomar para que las problemáticas disminuyan.

En primer lugar, se tiene la capacitación de personal, la construcción del Reporte de Indicación necesita de una pequeña explicación, esto con el fin de que diariamente la herramienta sea enviada y recibida mediante correo electrónico. Con esto se logrará que el personal este familiarizado con la herramienta y que

este tema tan importante como se destaca en el Benchmarking sea cubierto.

El segundo tema para destacar es la importancia de que los defectos, tipos de defectos y demás puntos encontrados sean estrictamente controlados. Por esta razón, se construyó el Reporte de Indicación. Que, mediante los cinco gráficos integrados, se busca que la empresa obtenga los criterios necesarios para tomar las decisiones correctas. Estos son algunos puntos de importancia rescatados durante la investigación que con su aplicación favorecerían la mejora de SMT en East West Manufacturing.

Capítulo VII: BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

FORESHOT Industrial Corporation. (2024). "SMT". FORESHOT. URL:

<https://www.foreshot.com.tw/es/product/smt.html>

Zippia. (21 de julio de 2023). "East West Manufacturing Revenue". URL:

<https://www.zippia.com/east-west-manufacturing-careers-22063/revenue/#>

AMMI Technologies. (21 de marzo de 2023). "Montaje THT: ¿Qué es la tecnología Through-Hole?". URL:

<https://ammitechnologies.com/montaje-tht-que-es/>

Chase Corporation. (2020). "What are Conformal Coatings". URL:

<https://chasecorp.com/HumiSeal/es/conformal-coating/#:~:text=What%20is%20a%20Conformal%20Coating,%20la%20placa%20de%20circuito.>

Cadence Design Systems. (2024). "What is a Box Build Assembly". URL:

<https://resources.pcb.cadence.com/blog/what-is-a-box-build-assembly>

Cision US Inc. (14 de noviembre de 2017). "East West Manufacturing acquires Innovolt". URL:

https://www.prweb.com/releases/east_west_manufacturing_acquires_innovolt/prweb14892278.htm

Markets Insider. (24 de septiembre de 2018). “*East West Manufacturing acquires Team Manufacturing*”. URL:

<https://markets.businessinsider.com/news/stocks/east-west-manufacturing-acquires-team-manufacturing-1027558260>

Cyberclick. (24 de noviembre de 2023). “*¿Qué es un Dashboard y para qué se usa?*” URL:

<https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard>

Logicalis Group. (29 de septiembre de 2017). “*KPI’s ¿Qué son, para qué sirven y por qué y cómo utilizarlos?*”. URL:

<https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qué-son-para-qué-sirven-y-por-qué-y-cómo-utilizarlos>

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. (16 de agosto de 2022). “*¿Qué es la ingeniería industrial y por qué estudiarla?*”. URL:

<https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/ingenieria-industrial-que-es>

Universidad Americana de Europa. (12 de noviembre de 2019). “*La calidad en la industria*”. URL:

<https://unade.edu.mx/que-es-la-calidad-en-la-industria/>

Asana. (25 de junio de 2024). “*Gestión de calidad: Qué es, etapas y herramientas para implantarla en tu negocio*”. URL:

<https://asana.com/es/resources/quality-management>

Izertis. (30 de abril de 2023). “*Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*”. URL:

<https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>

Kai Yang. y Basem S. El-Haik. (2008). “*Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*”. McGraw-Hill Education. URL:

https://leaninstitute.sk/wp-content/uploads/2021/02/01Kniha_Kai-Yang-Basem-El-Haik_Design-for-6Sigma-A-roadmap-for-Product-development-EN.pdf

Garza Ríos, Rosario C.; González Sánchez, Caridad N.; Rodríguez González, Ernesto L.; Hernández Asco, Caridad M. (2016). “*Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio*”. (vol. 22), 4-18. URL:

<https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

Dropbox. (2024). “¿Qué es la metodología DMAIC?”. URL:

<https://experience.dropbox.com/es-la/resources/dmaic#:~:text=En%20pocas%20palabras%2C%20a%20sigla,productos%2C%20diseños%20y%20procesos%20comerciales.>

Ovalle, O. (2021) “*Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC*”. [Tesis de grado, Universidad Politécnica del Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. URL:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20501>

Asana. (26 de febrero de 2024). “Cómo usar un diagrama de afinidad para organizar la información.” URL:

<https://asana.com/es/resources/affinity-diagram>

Asociación Española para la Calidad. (2024). “Diagrama de afinidad.” URL:

<https://www.aec.es/conocimiento/centro-del-conocimiento/diagrama-de-afinidad/>

Asociación Española para la Calidad. (2024). “Diagrama SIPOC.” URL:

<https://www.aec.es/conocimiento/centro-del-conocimiento/diagrama-sipoc/>

De Saeger, S. (2016). “El diagrama de Ishikawa, Solucionar los problemas desde su raíz.” 50Minutos.es. URL:

<https://yelitzaramos.wordpress.com/wp-content/uploads/2021/05/el-diagrama-de-ishikawa.pdf>

González, R y Jimeno, J. (2012). “Diagramas de control: Gráficos para controlar procesos.”. PDCA Home. URL:

<https://www.pdcahome.com/diagramas-de-control/>

Miro. (2024). “Ciclo PDCA”. URL:

<https://miro.com/es/planificacion-estrategica/que-es-ciclo-pdca/>

Universidad Europea. (7 de mayo de 2024). “Brainstorming: ¿qué es y para qué sirve?”. URL:

<https://universidadeuropea.com/blog/brainstorming/>

Universidad Internacional de la Rioja. (16 de diciembre de 2022). “*Benchmarking: qué es, tipos, etapas y ejemplos*”. URL:

<https://mexico.unir.net/noticias/comunicacion-mercadotecnia/que-es-benchmarking/>

Universidad Internacional de la Rioja. (27 de noviembre de 2023). “*¿Por qué es importante tener un dashboard de RR. HH. y cómo crearlo?*”. URL:

<https://www.unir.net/empresa/revista/dashboard-cuadro-mandos-rrhh/>

SPC Group. (6 de febrero de 2013). “*Gráficas de control de calidad*”. URL:

<https://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>

NeoDen (25 de agosto de 2020). “*¿Cómo Prevenir en Fenómeno de Desecho en el procesamiento de Parches SMT?*” URL:

<https://www.neodenpnp.com/news/how-to-prevent-the-tombstone-phenomenon-in-smt-39227664.html>

TCM (28 de julio de 2022). “*¿Qué es el ciclo PDCA. Fases y Ejemplos?*” URL:

<https://www.tcmetrologia.com/blog/que-es-el-ciclo-pdca-fases-y-ejemplos/>

Thomasnet (9 de julio de 2021). “*5 Ways to Reduce Scrap and Rework in Your Manufacturing Processes*” URL:

<https://www.thomasnet.com/insights/5-ways-to-reduce-scrap-and-rework-in-your-manufacturing-processes/>