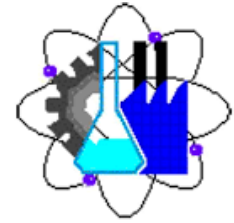


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería

**“Propuesta de mejora en el proceso de producción de pegado de antena en el
butiral de polivinilo aplicando la herramienta AMEF”**

Tesis para obtener el título profesional de:

Licenciatura en Ingeniería Industrial

Programa educativo: Ingeniería Industrial

Autor:

Carlos Omar Palma Urzúa

Asesor de Tesis:

Dra. Jesús del Carmen Peralta Abarca

Fecha: 2022

DICTAMEN DEL COMITÉ REVISOR



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC Certificada en la norma ISO 9001:2015

FORMA T-4A
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 5 de Octubre del 2022

DRA. NADIA LARA RUIZ
DR. ORLANDO MORAN CASTREJON
DRA. JESUS DEL CARMEN PERALTA A BARCA
DR. PEDRO MORENO BERNAL
ING. KAREN GUADALUPE SUÁREZ SÁNCHEZ
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

TESIS

Titulado:

Propuesta de mejora en el proceso de producción de pegado de antena en el butiral de polivinilo aplicando la herramienta AMEF.

Que presenta (el) o (la) **C. Carlos Omar Palma Urzua**
Del programa educativo de: **LICENCIATURA en INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
Directora de la FCQeI
Firmado Electrónicamente



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-10-06 00:36:45 | Firma: Xn7nI7 15A2haXmIFOP40rFdfVs +2GYHM3USNOW Uzz1OPGcbrDabZnobS3zML3+kjaHoYShwBaA5Kz75Bdpdhe6M94Ps4O19Q9i+0X+WSXkb9YvJhN5qHoOb659s m4e6ID12bKDARep3AYLsINEu05Y7c+7d1bvTIScmRc6KUFWm2OM6yTvZLFRWdDdR3AguprO++GlokP9aa7y9CMYm2OU4HUhWPaPA2SjCarYbFvIzH5cPz.z6SZA6A2 SpIDp/hwQq/unVA VuzH99M+YLsp7YqtoFFmDO85b0xi7SITqK06+A.bruJEBP5cib8bYw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



Rh15wBqD

<https://ofirma.uaem.mx/foFopulo/YNqJOPu39Jh6SAoxMMDuV32H9Dqf7>

D I C T A M E N

DRA. VIRIDIANA AYDEE LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQeI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que los abajo firmantes otorgan su voto aprobatorio y firman electrónicamente para dar validez.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
	DRA. NADA LARA RUIZ	
	DR. ORLANDO MORAN CASTREJON	
	DRA. JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA	
	DR. PEDRO MORENO BERNAL	
	ING. KAREN GUADALUPE SUÁREZ SANCHEZ	



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRONICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA | Fecha:2022-10-07 20:24:52 | Firmante
 rYcPwWR2Ahx05NmiHvDFU0eW5Z8ZJy#0pTEfnW8pavJhp8aPB1poGmXIs8EgUJAGX3zU7ZhuRqNMRj1a6jtdauZP2jyV4Q1TO11118VtBF+rdURw16mjDF05zKw6E
 NKkjsaA4bLalm7X0Ha59vHWJCjCRH6Uida1pLbRkM3ocw3S79NbczQ26pZnehDJKUCUDje9HOSRM8NcRra0LULvFUUnl85u58LrUY3WxDiauDpQ+40QX91cQeIVt6
 UuAHJ3LVRQQ0ub8lCo3ztDRkoIqZy2iYpNpGhQ38M0HLVnQ4ayvdQxHpmQnQmg==

PEDRO MORENO BERNAL | Fecha:2022-10-09 18:26:16 | Firmante
 OwQ3q92pLwZ061JUL80dPZ8eGg7qniFPxRi8Y2gMvHhKCTHqMpO7t89i5wolyWzNkFz2uJDPjBj7qFyeD1hp8Y29UvGvYV0AZMPaGye4M11XA3WihABp6XCYaStE
 EtlgCaguQwK1hNZE7y626vM30K5zHpguJEMdyr2H++466g+RNEV82UET10HzInZ05WmO0(gmA4LboG3K5J600W9N9YU8G3uq3U6DgKjWof.bhU4qrxP8NRYV09bu
 mIUQDEZ8vMYU+5AEQE+OidmG1REq4eYJEox5FDRpGCI3JlcoFb4hjb8W5N9VU7NQ==

KAREN GUADALUPE SUAREZ SANCHEZ | Fecha:2022-10-10 09:48:07 | Firmante
 Hzwym2EY10bic8T0X0Vhm586xAGY4dqNjH0kABOXmnensGd+VVdkeV88aAteNpk8mO8l+ATN8EEHv3Fv6B1H0f0vQJebiz8CzUomTC07aMk2LJNqUgBkth08gFa
 MFzkZITPyJ8vGib9KvzoutUeY1AeUjzdpAhu3OV9PFQ+HmiEZP2p84IT7yCAImSP998qDIOQATX0Y74ukvSyCWTz97NEQGLp5YWOj+X9vwr2RugWpGWD9MvXqyoY
 EAuHLGYLTKZvZMPQKHWyBEEcV11uQ+9REmAlmHszfGq4KF15wEdqto9xQuV6A==

NADIA LARA RUIZ | Fecha:2022-10-10 19:13:46 | Firmante
 wqhrH0omG8w8B0CoPofyTEGbreMu6i6IP7TwhCVURAJ5wFDt80pZmvHZiH9wWwEBEra6iAMF52pSmmO1RatxQJfTRSK+hpRomeGAy1DjC0Gw4f9xqvJlXrdKa82EY+
 VynHjDpdlkMwvZuXkCaEMhNGwGKqHbxasSz7bMIAzNnQLwdfLB7JngGIAQY73FC5uT0m8Y11N04hZvix8707VA8h5eEvdbyJf7Rj089eFhmW9GLxG5+wd0HvUwq
 qrm54wdRrHf07veOmmL++Z1qd2n1fayJnKaaZRpnn3T+HCPZnV4y6H827UCnQakZA==

ORLANDO MORAN CASTREJON | Fecha:2022-10-14 22:45:08 | Firmante
 F4Q+FeCUZ3j73MwaSnK7kz8PzeOC8pWjSMYbE5vAJADqua5Mj6iWCoym1q7H7qdn5VwaY7Z71+UHEndAooNuM8vbm6jDOAVTzeqzSgr1OAEwly6unKuaYRTM8Ts
 A9TxaJxUBuBUj18qRk6dHUBX098e3OykyK5wLkUwfa02non8RUkFPeEh58FB2mn5S1+FOxmLj7m4PY9GL7ZoeA6Fz8o6sqwFITwZ7b1YKv66/Y5ZYjONvz3
 E4Z4ACI2Jv4YXGTa5wHFp6Ewtpx0015M1z9mR7FdkoRtu4Xy6oWqFGab8A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
 escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



clNQGfyn

<https://efirma.uaem.mx/NoReputado/NFWjEjNbtzH0EPV32E9mvX8Qgdi4H>

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme concluir esta etapa de mi vida para dar paso a una nueva.

A la UAEM, por entregarme las herramientas necesarias durante mi estadía en la facultad para poder llevar acabo esta investigación.

A mi asesora la Dra. Jesús del Carmen Peralta Abarca por confiar en mí desde el primer día y apoyarme con su tiempo y conocimiento para fortalecer cada vez más mi trabajo.

A mis padres y hermanos, que me han apoyado incansablemente para culminar mis estudios profesionales.

Finalmente, a los miembros del jurado que aceptaron revisar el trabajo y que contribuyeron con su comentarios y observaciones para mejorar la investigación.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre Martha Urzúa Jiménez que estoy seguro le hubiera gustado verme recibir mi título profesional ya que es el resultado su esfuerzo incondicional. A mi padre Carlos Palma Xalpa por alentarme a realizar mi tesis y por ser mi soporte y equilibrio cuando más lo necesité.

A Dios, por no dejarme solo todo este tiempo y guiarme a cumplir mis objetivos por más difíciles que puedan ser.

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES	iii
INDICE DE TABLAS	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I “MARCO CONTEXTUAL”	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Proceso de producción de pegado de antena en el PVB.....	7
1.3 Planteamiento del problema	10
1.4 Justificación	10
1.5 Objetivo.....	12
1.6 Hipótesis	13
CAPÍTULO II “MARCO TEÓRICO”	14
2.1 Definición de AMEF	14
2.2 Propósito de usar AMEF	14
2.3 Ventajas de usar AMEF en un diseño o proceso.	14
2.4 AMEF de Diseño.....	15
2.5 AMEF de Proceso.....	16
2.6 AMEF en la Industria Automotriz	17
2.7 Herramientas de apoyo para la realización de AMEF.	18
2.8 Equipo multidisciplinario AMEF	23

2.9 Terminología del AMEF	27
2.10 Metodología de mejora DMAIC.....	38
2.11 Diagrama SIPOC	41
2.12 5 Porque	42
CAPITULO III “PROPUESTA A IMPLEMENTAR”	44
3.1 Definir.....	45
3.2 Medir	47
3.3 Analizar.....	49
3.4 Mejorar.....	52
3.5 Controlar	56
CONCLUSION.....	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación Esquemática de la Estructura Química del Copolímero PVB.	6
Ilustración 2. Butiral de Polivinilo Curvado (PVB).	7
Ilustración 3. Máquina KUKA en Operación.	7
Ilustración 4. PVB en Mesa de Soldadura.	8
Ilustración 5. Colocación de Antena en el PVB.	8
Ilustración 6. PVB con Antena.	9
Ilustración 7. Producto Terminado Identificado con Ficha.	9
Ilustración 8. Defectos de la línea A en el mes de Agosto.	11
Ilustración 9. Defectos de la línea A en el mes de Septiembre.	11
Ilustración 10. Defectos de la Línea A en el mes de Octubre.	12
Ilustración 11. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Proceso.	19
Ilustración 12. Diagrama de Pareto de Defectos.	20
Ilustración 13. Diagrama de Ishikawa para localizar defectos.	21
Ilustración 14. Diagrama de Bloques de un Computador.	22
Ilustración 15. Ejemplo de Diagrama SIPOC de Fabricación de Jabón.	41
Ilustración 16. Ejemplo de Análisis de 5 Porque.	43
Ilustración 17. Diagrama SIPOC de Proceso de Producción del Producto ALFA.	45
Ilustración 18. Diagrama de Flujo de Pegado de Antena en PVB.	46
Ilustración 19. Diagrama de Ishikawa de Tallón en PVB.	50
Ilustración 20. Diagrama de Ishikawa de Suciedad Interna en PVB.	51

Ilustración 21. Planeación y Preparación del AMEF.....	52
Ilustración 22. AMEF de Proceso del Paso 1 y 2.	53
Ilustración 23. AMEF de Proceso del paso 3 y 4.....	54
Ilustración 24. Análisis 5 Porqué de los Modos de Falla.	55
Ilustración 25. Ayuda Visual Zona Clara de PVB.	56
Ilustración 26. Ayuda visual Guarda de seguridad.	57
Ilustración 27. Ayuda visual de cantidad de PVB permitido en una charola.....	58
Ilustración 28. Ayuda visual de las referencias para pegado de hilo en KUKA.	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de Severidad del Efecto en el Producto o Proceso.....	31
Tabla 2. Ponderación de la Ocurrencia de una Falla en el Producto o Proceso.	33
Tabla 3. Ponderación de la Detección del Defecto en el Producto o Proceso.....	34
Tabla 4. Acción prioritaria (AP) para AMEF de proceso y diseño.....	36
Tabla 5. Rendimiento del área en los 3 meses analizados.	47
Tabla 6. Resultados del análisis de la Lluvia de ideas de lo que podría ocasionar defectos.....	49

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas buscan responder las solicitudes de los clientes de una manera rápida y eficiente. Para cumplir con sus objetivos, implementan diversas estrategias para reducir costos de producción, aumentar la productividad y el rendimiento en sus procesos, con el fin de ser competitivos en el mercado en el que se desempeñan.

El AMEF (Análisis de Modo y Efecto de la Causa) es una herramienta de gran importancia que adoptan las empresas para controlar sus procesos en las líneas de fabricación como en el diseño de un producto para prevenir situaciones que pongan en riesgo los servicios o reputación de una organización, estableciendo controles para detectar errores y no lleguen al cliente final.

Por lo mencionado anteriormente, la propuesta en la presente tesis tiene como objetivo desarrollar un AMEF para el proceso de producción de pegado de antena en PVB para el producto ALFA, para dar solución a las quejas por defectos y esperando una mejora exponencial en el rendimiento del área al identificar las fuentes de error que los ocasionan, logrando así disminuir costos de producción. La metodología aplicada será DMAIC, centrado a la implementación de una mejora al proceso.

Para llevar a cabo el estudio, el trabajo se estructuró en 3 capítulos. En el capítulo I “Marco contextual” se conocerán los antecedentes de la herramienta AMEF, así como el proceso de producción a analizar, el planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis.

En el capítulo II “Marco Teórico” se definen conceptos que puedan permitir entender la herramienta utilizada. Y finalmente el capítulo III “Propuesta a implementar” se ocupó la metodología DMAIC para desarrollar el plan de mejora en 5 fases.

CAPÍTULO I “MARCO CONTEXTUAL”

1.1 Antecedentes

Análisis de Modo y Efecto de Falla “AMEF”

De acuerdo con (Martínez, 2004) la disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de los Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado “Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad” y elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

Posteriormente, en febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la sociedad americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas AMEF para su implementación de la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J – 1739.

Actualmente el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial.

El primer AMEF aplicado en la industria espacial fue especialmente utilizado para encontrar fallas de seguridad. Antes de ser una de las herramientas predilectas de la industria automotriz, esta herramienta llegó a ser clave para las mejoras de seguridad, especialmente en los procesos químicos industriales donde la meta de los AMEF´s de seguridad ha sido prevenir los accidentes e incidentes de seguridad, o sea reducir la incidencia.

Mientras que los ingenieros han analizado siempre los procesos y productos para evitar fallas potenciales que pudieran presentarse, el AMEF de proceso ha estandarizado y establecido un lenguaje común que puede ser usado tanto en la industria, como entre compañías. También este puede ser usado por los administrativos, técnicos de todos los niveles e incluso en la vida cotidiana de cualquier ser que se proponga a utilizarlo.

La industria Automotriz adopto la técnica del AMEF, para desarrollar la mejora en seguridad y fue considerada después una herramienta de mejora en Calidad porque

prevenía los posibles problemas que se podrían presentar en un proceso productivo o de un producto a desarrollar.

Utilizado tanto en procesos como en productos, las empresas han logrado reducir costos por la implementación oportuna de mejora, con resultados de procesos más robustos y eliminando acciones correctivas con su fecha tardía de cambio o mejora.

Butiral de Polivinilo “PVB”

El Butiral de Polivinilo es un copolímero que fue sintetizado por primera vez en 1928 por Canadá Shawinigan Chemicals y cuya producción a nivel industrial en EUA data del año 1936 por parte de Dupont.

La reacción de síntesis del PVB implica una modificación del polialcohol vinílico mediante una reacción de policondensación con butiraldehído en medio ácido. Esta reacción requiere la presencia de dos grupos adyacentes hidroxilo en la cadena principal del polialcohol vinílico o en la configuración cabeza-cola. Como resultado de este proceso de polimerización, se tienen tres unidades estructurales en la cadena principal del PVB, asociado esto a que el polialcohol vinílico es obtenido en la hidrólisis parcial del poli-acetato vinílico, razón por la cual se le clasifica como copolímero.

Las condiciones de síntesis del PVB determinan el contenido de las tres unidades estructurales, mostrando una distribución no homogénea del contenido en peso de cada uno de los grupos presentes de la estructura macromolecular.

Típicamente estos grupos presentan valores de 65% mol para la unidad Butiral, 34% mol para la unidad alcohol y 3% mol para la unidad acetato (Ilustración 1).

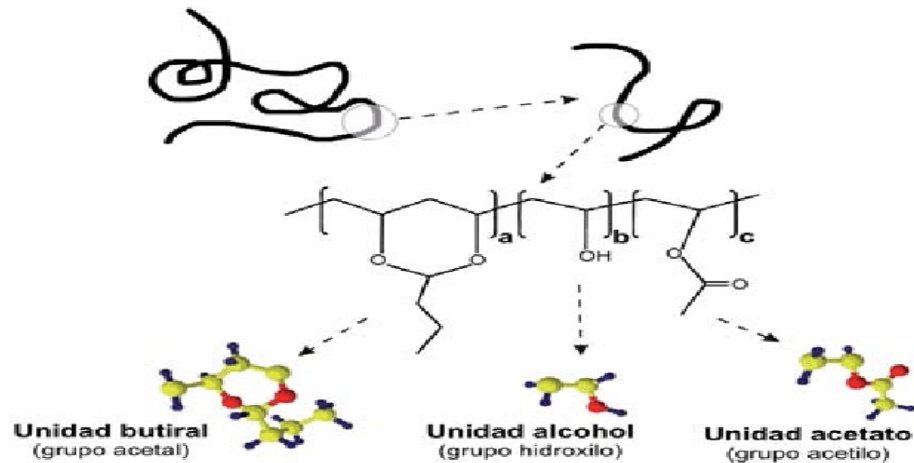


Ilustración 1. Representación Esquemática de la Estructura Química del Copolímero PVB.

Fuente. Puente (2012).

Desde un punto de vista eléctrico, la unidad Butiral posee un carácter no polar; la unidad alcohol y la unidad acetato se consideran polares, dando origen a la formación de posibles puentes de hidrógeno y enlaces secundarios con grupos químicos vecinos, características que permiten interactuar con otros componentes.

La principal aplicación del PVB se encuentra en la fabricación de vidrio laminado para la industria automotriz. Sin embargo, dada la naturaleza viscoelástica de este copolímero, encuentra otras aplicaciones en pinturas, adhesivos, como sustrato para suspensiones cerámicas de BaTiO₃ para la fabricación de capacitores multicapa, fluidos magnetos reológicos, y electritos, entre otros (Puente, Síntesis y caracterización de un material híbrido de matriz polimérica de polivinil butiral).

1.2 Proceso de producción de pegado de antena en el PVB.

Paso 1. El operador recibe la charola con PVB, Ilustración 2, verificando que venga en buena condición.



Ilustración 2. Butiral de Polivinilo Curvado (PVB).

Fuente. Elaboración Propia.

Paso 2. El operador coloca la hoja de PVB en la mesa de trabajo de la máquina KUKA para pegar hilo, Ilustración 3.



Ilustración 3. Máquina KUKA en Operación.

Fuente. Elaboración Propia.

Paso 3. El operador coloca la hoja de PVB con hilo en la mesa de soldadura para revisar que el hilo coincida con las referencias, Ilustración 4.



Ilustración 4. PVB en Mesa de Soldadura.

Fuente. Elaboración Propia.

Paso 4. El operador una vez valida que las referencias son correctas, procede a colocar la antena en las terminales del hilo, Ilustración 5.

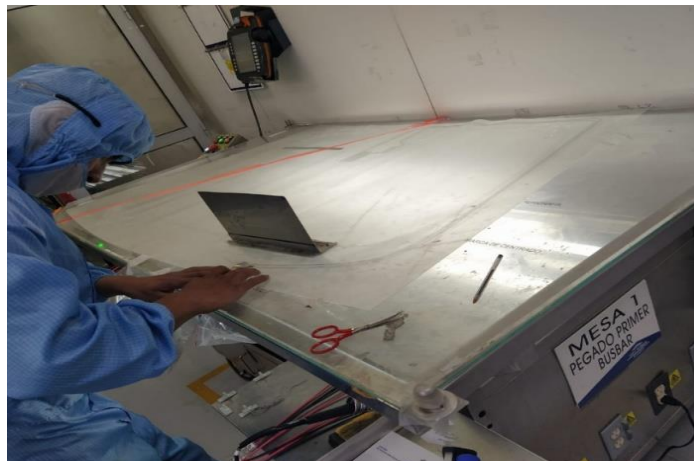


Ilustración 5. Colocación de Antena en el PVB.

Fuente. Elaboración Propia.

Paso 5. El operador almacena el PVB con antena en otra charola hasta juntar 120 piezas, Ilustración 6.



Ilustración 6. PVB con Antena.

Fuente. Elaboración Propia.

Paso 6. El operador tapa con plástico las piezas para evitar cualquier tipo de suciedad y le coloca su respectiva ficha de producto terminado, Ilustración 6.



Ilustración 7. Producto Terminado Identificado con Ficha.

Fuente. Elaboración Propia.

1.3 Planteamiento del problema

El problema surge en la sala blanca, en la etapa intermedia la línea 2 de producción del área de laminado. Los defectos encontrados son tallón de PVB y suciedad interna, las cuales afectan directamente a la empresa debido a la cantidad de defectos producidos fuera de especificación que representa el 32% de defectos del producto ALFA de la línea de producción A. Como consecuencia de este problema hay un retraso en la entrega de pedidos al cliente final que puede provocarle paros en su línea por falta de material, además de una mala imagen de la empresa por sus deficientes sistemas de control de detección y anticipación al error y al defecto.

Se ha tratado de encontrar las causas probables de los defectos utilizando herramientas como “Diagrama de Ishikawa” y los “5 porqué” por parte del jefe de equipo e ingeniero de procesos, además de una supervisión constante con el operador pero que hasta el momento no se ha encontrado un resultado que resuelva el problema.

1.4 Justificación

La presente investigación realizada tiene como propósito establecer un mejor control en el proceso de pegado de antena en PVB. El cliente interno se queja de una cantidad alta de defectos en el área de ensamble debido a defectos como suciedad interna y tallones en el PVB. En las siguientes gráficas de la línea de producción A, dónde es trabajado el producto ALFA (el período de observación fue en agosto – octubre 2021) se puede observar que la incidencia los defectos de tallón en PVB y

suciedad interna del área de sala blanca han sido una constante, obteniendo un 32% del total de los defectos en los 3 meses.

Se podrá visualizar de mejor manera en los siguientes gráficos de Pareto de los meses analizados.

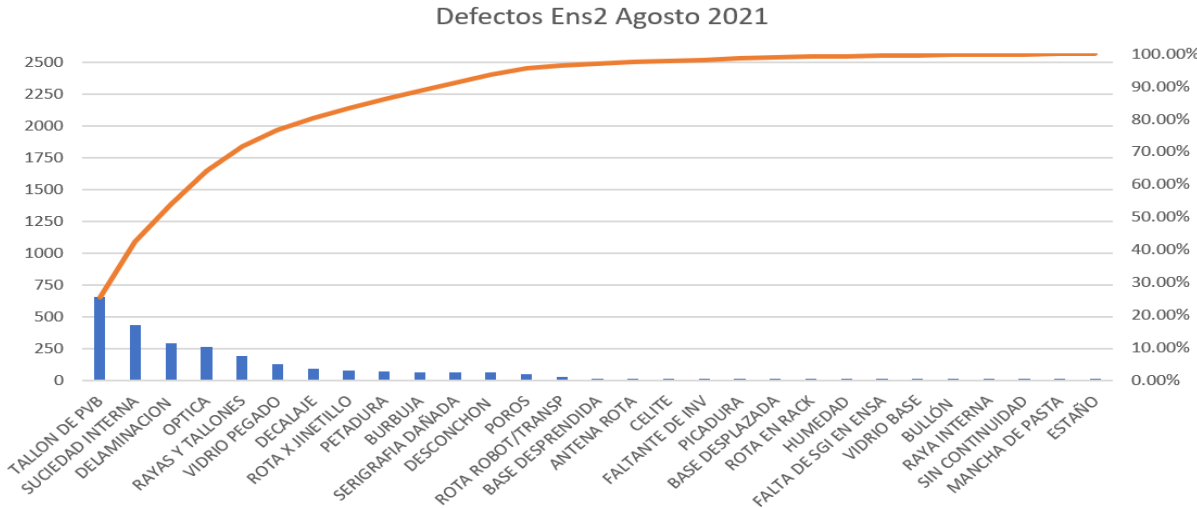


Ilustración 8. Defectos de la línea A en el mes de Agosto.

Fuente. Elaboración Propia.

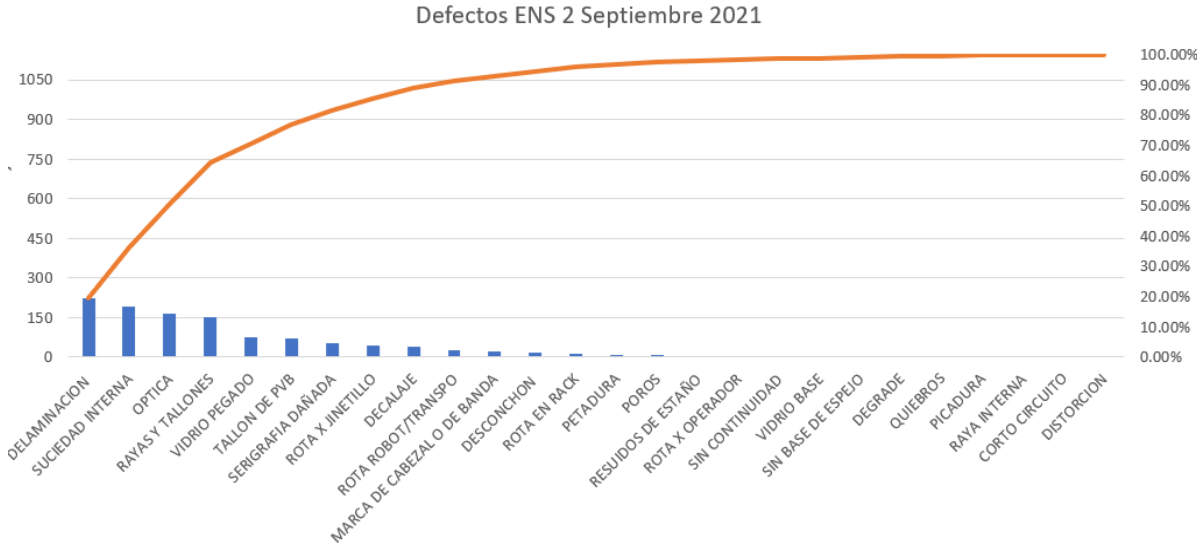


Ilustración 9. Defectos de la línea A en el mes de Septiembre.

Fuente. Elaboración Propia.

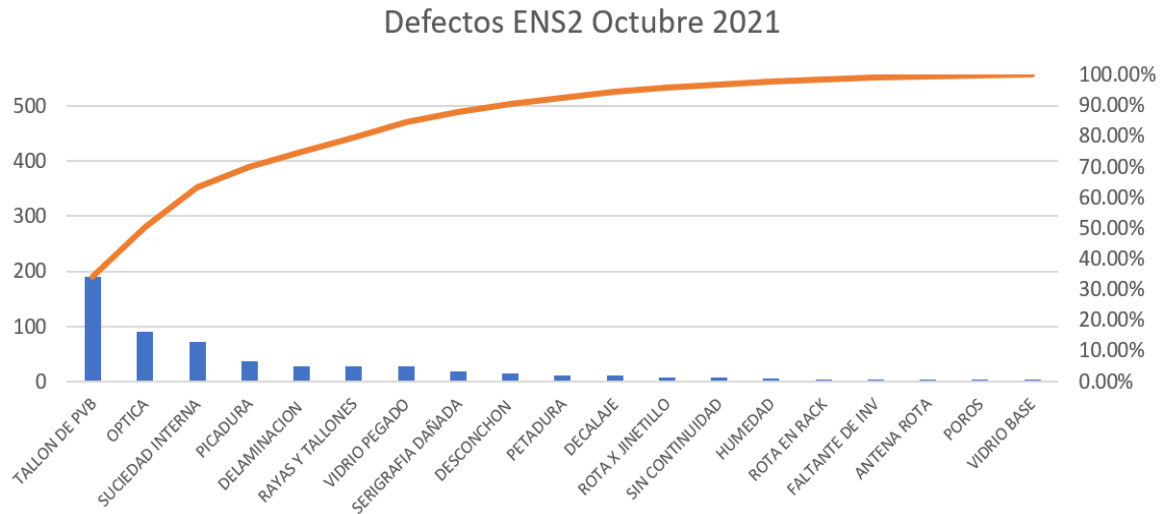


Ilustración 10. Defectos de la Línea A en el mes de Octubre.

Fuente. Elaboración Propia.

Como se observa en las gráficas es necesario el uso de una herramienta que permita identificar la causa o causas que están causando este problema. Se pretende proponer una mejora utilizando la herramienta AMEF.

1.5 Objetivo

Elaborar un AMEF de proceso para el desarrollo del producto PVB con antena para mejorar el rendimiento del área.

Objetivos específicos:

- Identificar las formas de falla con un AP (acción prioritaria) de alto valor (H) en el proceso por medio del AMEF.
- Encontrar las causas que ocasionan los defectos.
- Definir planes de acción para mitigar los defectos.

1.6 Hipótesis

El desarrollo e implementación de la herramienta AMEF en el proceso de producción del producto ALFA ayudará a identificar las causas de los defectos “Tallón en el PVB” y “Suciedad Interna” en la línea, logrando mejorar el rendimiento del área.

CAPÍTULO II “MARCO TEÓRICO”

2.1 Definición de AMEF

De acuerdo con (DYADEM, 2003) es una metodología de técnica de análisis recomendada por estándares internacionales. Es un proceso sistemático para identificar fallas potenciales para cumplir la función prevista, para identificar posibles causas y ser eliminadas y localizar sus impactos en el producto o proceso y ser reducidas.

Enfoques principales: Reconocer y evaluar las fallas y sus efectos. La identificación y priorización de las acciones que pueden eliminar las potencias de fallas, reducir las oportunidades de volver a ocurrir o reducir el riesgo. Documentar las acciones realizadas para que la calidad en el producto mejore en el tiempo.

2.2 Propósito de usar AMEF

Identificar fallas antes de que ocurran. Los AMEF de diseño y de proceso están reduciendo costos en la producción debido a que se identifican mejoras en las etapas tempranas en el desarrollo cuando los cambios pueden ser relativamente menos costosos y por consecuencia se tiene un proceso mejor controlado. (McDermott, Mikulak, & Michael, 2009)

2.3 Ventajas de usar AMEF en un diseño o proceso.

- Provee un medio de visualización del producto o proceso.
- Asegura que todas las fuentes potenciales de falla han sido identificadas y evaluadas, para ayudar a identificar los errores y definir planes de acción.

- Ayuda a identificar características críticas del producto o proceso.
- Mejora la productividad, la calidad, la seguridad y los costos.
- Provee un medio de comunicación entre las diferentes áreas involucradas.
- Aumenta la satisfacción del cliente.
- Mejora la imagen de la empresa y su competitividad en el mercado.

Para la realización de esta herramienta se debe definir el tipo de AMEF si es de diseño o de proceso. Los pasos por seguir son iguales, lo único que cambia son los objetivos de cada uno.

2.4 AMEF de Diseño

El AMEF de diseño descubre problemas relacionados con el funcionamiento de un producto en áreas como seguridad, tiempo de vida, malfuncionamiento, etc. Se pueden llevar a cabo en etapas de fase preliminar, prototipo o en su fase final e incluso puede ser usado en productos que ya están en producción.

Ejemplo es la pantalla táctil de un celular, que puede dejar de identificar la huella del dedo del usuario para poder desbloquear el dispositivo. (DYADEM, 2003)

Objetivos del AMEF de diseño

- Se enfoca en identificar modos de falla causados por deficiencias en el diseño.
- Maximiza la calidad en el diseño, fiabilidad y mantenibilidad mientras se optimizan los gastos.
- Apunta a identificar, eliminar o minimizar el impacto de riesgos potenciales al producto y al usuario en un nivel aceptable con la ayuda de la tecnología actual.
- Identifica características críticas o significantes del producto.

2.5 AMEF de Proceso

Su finalidad es encontrar problemas relacionados con la elaboración del producto, en áreas como manufactura, ensamble, hornos, etc. Las 5m (Método, Maquinaria, Medio Ambiente, Mano de Obra, Materia Prima) juegan un papel importante para encontrar diferentes maneras de falla en un proceso productivo. Y sirve cuestionarse, ¿Cómo una falla en el proceso de elaboración puede afectar el producto?

Ejemplo: Elaboración de una pizza de pepperoni. En donde una forma de falla en el proceso puede ser que la temperatura de cocción de la pizza en el horno no sea la adecuada y al termino no se consiga un producto bajo las especificaciones requeridas. (DYADEM, 2003)

Objetivos del AMEF de proceso

- Enfocarse en modo de falla causados por deficiencias en etapas de elaboración.
- Maximizar la calidad, fiabilidad, mantenibilidad y productividad mientras se maximizan los costos.
- Apunta a eliminar o minimizar el impacto de los riesgos potenciales en el proceso y producto entregando nivel aceptable al usuario final.
- Identifica puntos críticos o significantes los cuales ayudan a la elaboración de un plan de control.

2.6 AMEF en la Industria Automotriz

Por un largo tiempo la industria automotriz ha usado el AMEF para mejorar la satisfacción del cliente y reducir las no-conformidades. En principios de 1980 algunas compañías americanas han incluido el AMEF como parte de sus propios estándares de definir la calidad.

A pesar de que el AMEF ha formado parte de las compañías automotrices, eso no ha significado que se está utilizando continuamente y de buena manera con resultados excepcionales sino al contrario, fue visto más como una actividad que consume mucho tiempo y el espíritu del AMEF no fue realmente seguido.

El estatus quo continuó hasta mediados de 1990. En esa época el AMEF fue finalmente identificado como una metodología que podría prevenir problemas y mejorar la calidad de los productos. Mientras que el AMEF fue de echo parte de los estándares y requerimientos tan temprano como en los años 1970 en algunos casos,

ahora se volvió una metodología de elección. Auditores en ISO 9000 y QS-9000 comenzaron a pedir documentación apropiada y las organizaciones empezaron de forma sistemática a seguir pautas apropiadas para sus correctas implementaciones.

El AMEF finalmente se convirtió en una parte importante de una caja de herramientas de calidad. Como la metodología Six Sigma, Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), Proceso de Aprobación de las Partes de Producción (PPAP), Máquinas y Equipos (TE 9000), ISO 9000, QS-9000, y ISO/TS16949 identificó específicamente el AMEF como una metodología de mejora. (Stamatis, 2003)

2.7 Herramientas de apoyo para la realización de AMEF.

Las herramientas a continuación son usadas en la mejora de la calidad del producto y en la resolución de los problemas, fueron creadas con el propósito de la creación de valor agregado para la satisfacción del cliente y a prevenir en lugar de corregir las operaciones.

- Diagrama de flujo del proceso

El concepto de mapeo de procesos es plasmar la secuencia del flujo de las operaciones acerca del proceso para después representarlo usando símbolos, el cual cada uno tiene un significado distinto. El mapeo de procesos provee una clara imagen del proceso y permite una fácil identificación de la secuencia principal de las actividades, y clarifica las acciones críticas entre las operaciones individuales y departamentos (Ilustración 11).



Ilustración 11. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Proceso.

Fuente. 01 diagramas de flujo (2013)

- Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto o de 80/20 combina 2 gráficas, una de barras que se ordena de izquierda a derecha de forma descendente y otra de forma lineal acumulativa que muestra el porcentaje de acumulación de las barras anteriores. Sirve para tener una mejor visión del problema y en dónde enfocarse específicamente para conseguir un máximo beneficio.

El diagrama de Pareto en el AMEF sirve para:

- Comparar los números de riesgo de prioritarios (RPN) entre los diferentes modos de falla e identificar los más altos dentro de la gráfica.
- Mejor visualización del problema a analizar.
- Comparar el total de los RPN en los elementos e identificar los de más alto valor.

El total de los RPN de cada elemento es la suma de todos los RPN de los modos de falla de los elementos. En cada caso el equipo debe realizar un corte en los RPN, donde cualquier modo de falla o elemento que sobrepase los límites de aceptación requiere atención. (DYADEM, 2003)

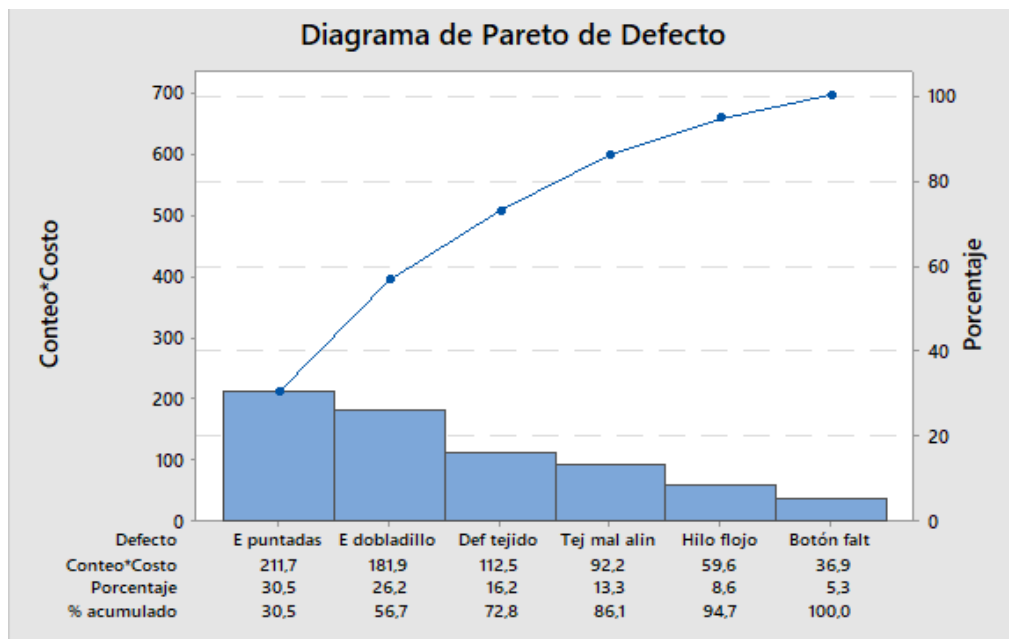


Ilustración 12. Diagrama de Pareto de Defectos.

Fuente. Cabrera (2021)

- Diagrama de Ishikawa

Es también conocido con el nombre de espina de pescado (debido a su forma) o también llamado causa – efecto. Es una herramienta que ayuda a estructurar mejor la información mostrando claridad, mediante un esquema gráfico de las causas que producen un problema. Ayuda a explorar todas las causas reales o potenciales (entradas) que explican un efecto de interés (salida). (Robayo)

Provee las siguientes funcionalidades básicas:

- Representación visual de aquellos factores que pueden contribuir a un defecto observado que está siendo estudiado.
- Los posibles factores causales quedan claramente especificados. Un factor causal puede aparecer repetidamente en diferentes partes del diagrama.

Para el área de proceso o diseño del producto se utilizan las 5 m (Mano de obra, métodos, materiales, medio ambiente y maquinaria) de la siguiente manera como se puede observar en el Diagrama 14.

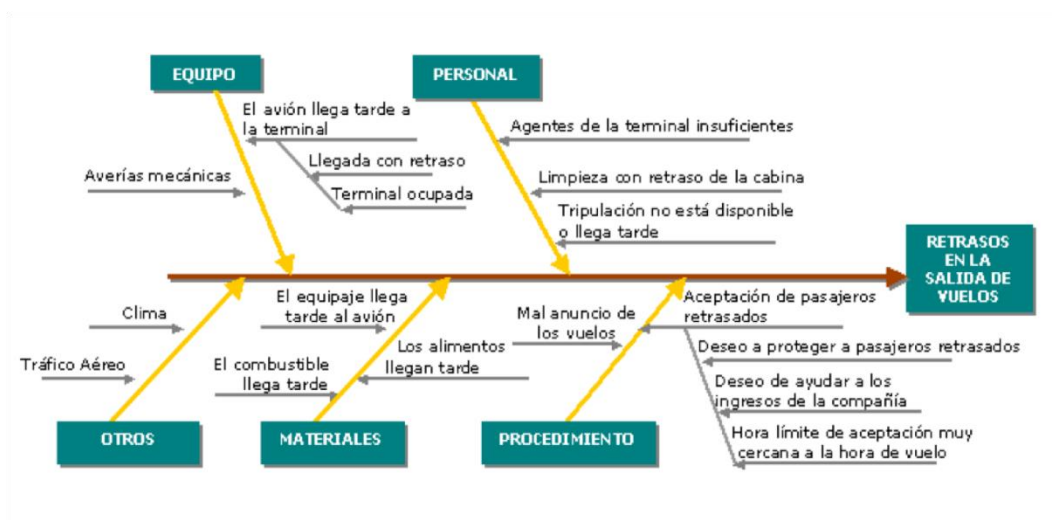


Ilustración 13. Diagrama de Ishikawa para localizar defectos.

Fuente. Navarro (2014).

- Diagrama de Bloques

De acuerdo con (DYADEM, 2003) los diagramas de bloques ilustran el funcionamiento, las interrelaciones y las interdependencias de las funciones de un sistema, que son necesarios para mostrar la secuencia y la dependencia o independencia en serie de las funciones y operaciones. Los diagramas de bloques pueden construirse junto con la definición del sistema, o después de ella, y presentarán el desglose del sistema en sus principales funciones. A veces se requiere más de un diagrama de bloques para representar modos alternativos de funcionamiento, dependiendo de la definición establecida para el sistema.

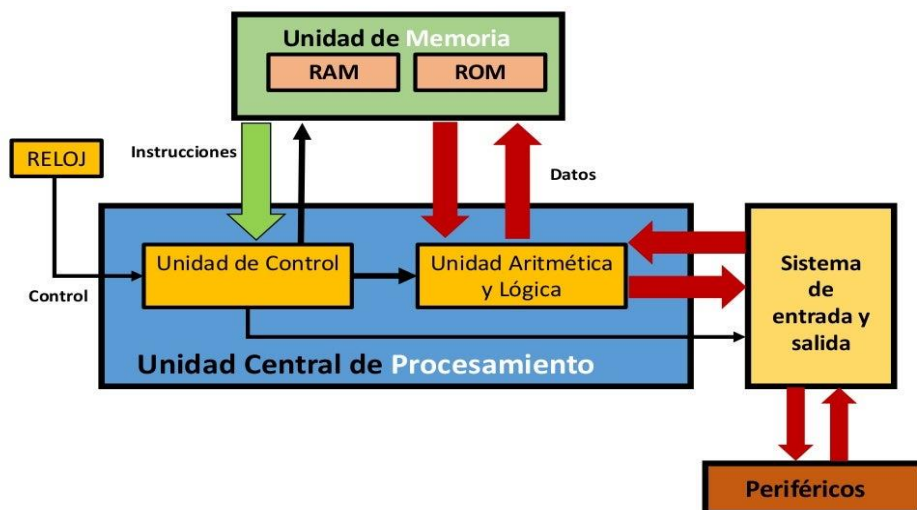


Ilustración 14. Diagrama de Bloques de un Computador.

Fuente. Díaz Silva (2014)

2.8 Equipo multidisciplinario AMEF

Para hacer un trabajo completo y consiguiendo los mejores resultados, el AMEF debe ser realizado por un equipo. Esto es porque el AMEF debe ser un catalizador para estimular el intercambio de ideas entre las funciones afectadas. Un solo ingeniero no es capaz de identificar todos los modos de falla posible en el diseño o proceso de un producto.

El equipo se conforma de 5 a 9 personas (el número de personas se determinará por el número de áreas afectadas). Todos los miembros del equipo deben tener un amplio conocimiento de su área de experiencia (ejemplo: manufactura, ingeniería, calidad, mantenimiento), las tareas deben estar establecidas y claras, el problema definido a discutir, propiedad directa o indirecta del problema. Pero, sobre todo, deben estar dispuestos a contribuir. Los miembros del equipo deben ser multidisciplinarios, y de ser necesario, se puede/debe incluir al cliente en el equipo, porque traería otra visualización al proyecto de las formas en que es afectado.

Una vez el proyecto esté concluido, el equipo se desvanece. No es apropiado establecer un equipo permanente debido a que la composición del equipo es dictada para una tarea en específico u objetivo.

¿Qué es un equipo?

(Stamatis, 2003) Lo define como un grupo de individuos que se comprometen a alcanzar objetivos organizacionales; se reúnen para identificar y resolver problemas; y mejorar procesos; trabajan e interactúan abierta y efectivamente juntos; producen los resultados económicos y motivacionales para la organización.

¿Por qué usar un equipo?

Lo que anima a crear un equipo de trabajo es “la sinergia”. La sinergia se puede definir como la suma del total es mejor que la suma de lo individual. En otras palabras, dos cabezas trabajando juntas son mejor que dos trabajando individualmente.

Para la perspectiva del AMEF, el equipo se crea para la mejora. El equipo define los problemas a resolver, propone las ideas, provee las técnicas apropiadas de análisis y propone decisiones en base a un consenso.

Consenso

Es una decisión colectiva alcanzada a través de una activa participación de parte de todos los miembros del equipo, en el cual los integrantes están comprometidos. Requiere que todos los miembros expresen su punto de vista, escuchar activamente y diferir de forma constructiva.

En una reunión, las discusiones continúan hasta el momento en que el equipo alcanza una decisión que cada miembro acepta y se implementará, aunque algunos puedan tener sus reservas. (Stamatis, 2003)

Responsabilidades del equipo:

- Definir el proceso como 100% de participación;
- Contribuir con conocimiento y experiencia en el proyecto;
- Ser de mente abierta para discusiones, negociaciones y compromisos;

- Compartir información adecuada con los integrantes del equipo;
- Escuchar activamente otros puntos de vista;
- Entregar un 100% de compromiso en el proyecto.

Líder del equipo (Facilitador)

El líder del equipo es responsable de coordinar los procesos siguientes del AMEF:

- Programar reuniones;
- Hay que asegurar que el equipo cuenta con las herramientas necesarias disponibles;
- Asegurarse de que el equipo está progresando en completar el AMEF.

El líder de equipo no debería dominar ni tener la última palabra en las decisiones en conjunto, su trabajo es facilitar que hacer una toma de decisiones. (DYADEM, 2003)

Rol del experto del proceso

Un punto que es debatido en el AMEF es el rol que juega el experto del proceso en el equipo. Una persona con experiencia en el proceso (por ejemplo: el ingeniero de diseño en un AMEF de diseño o un ingeniero de procesos en un AEMF de procesos) puede traer una tremenda visión al equipo y acelerar el proceso. En otras palabras, puede ser un gran activo para el equipo. Pero de otra manera, el experto del proceso puede ralentizar el proceso de AMEF. (McDermott, Mikulak, & Michael, 2009)

Entrenamiento al equipo AMEF

Es de ayuda para el AMEF que los miembros del equipo tengan conocimiento del proceso antes de iniciar el proyecto, un entrenamiento extensivo no es necesario si el equipo tiene experiencia previa en resolución de problemas. El líder puede guiar al equipo a través del proceso mientras el equipo está desempeñando el AMEF. Esto significa que no hay necesidad de una clase extensiva. En vez de eso, el equipo puede ser inmediatamente productivo trabajando en el proyecto y al mismo tiempo beneficiarse de su entrenamiento y experiencia previa.

Es importante que los miembros conozcan lo básico de trabajar en equipo porque se usarán las habilidades necesarias para el AMEF. Como conocimiento en consensos, documentación de proyectos de equipo, lluvia de ideas, entre otras. Todas son necesarias para los miembros que componen el AMEF. Y adicionalmente, el equipo debe sentirse conforme con herramientas de mejora continua, diagramas de flujo, análisis de datos y técnicas de gráficas. (McDermott, Mikulak, & Michael, 2009)

2.9 Terminología del AMEF

2.9.1 Modo Potencial de la falla

Un modo potencial de falla es la forma en que una falla puede ocurrir. Las maneras en las cuales el objeto estudiado puede fallar desempeñando de su función requerida, o desempeñar su función, pero fallando en su objetivo principal. Un modo de falla puede ser la causa de otra forma de fallar a un nivel más alto de sistema o subsistema, o ser el efecto una falla en un nivel bajo de un componente.

Ejemplos de modos de falla incluyen:

- Error al abrir o cerrar.
- Deformado.
- Agrietado.

2.9.2 Causas Potenciales de la falla

Identifica la causa raíz de los modos potenciales de falla, no los síntomas, y provee una indicación de la debilidad del diseño que genera el modo de falla. La pronta identificación de la causa raíz es importante para la implementación de acciones correctivas o preventivas.

- Sobrecargas.
- Material especificado incorrecto.
- Tolerancia inapropiada.
- Espesor de pared inapropiado.

2.9.3 Efectos Potenciales de la falla

Efectos potenciales de falla refieren a las salidas potenciales en un sistema, diseño, proceso o servicio. Los efectos potenciales deben ser analizados basados en el impacto de forma local y global.

Un efecto local es una salida con un impacto aislado que no afecta otras funciones. Un efecto global afecta otras funciones o componentes y tiene un efecto domino en el sistema.

Para un diseño, tres tipos de efectos potenciales de falla deben ser considerados:

- El efecto en el usuario final del producto.
- El efecto en el área local.
- El efecto en aspectos situados sobre los dos anteriores.

Tipos de efectos potenciales en manufactura que se deben considerar:

- El efecto en el producto.
- El efecto en el procesamiento de forma local y posterior.
- La severidad una falla en particular es determinada en base al efecto de esta. Entre más serio sea el efecto, más alta la severidad.

Ejemplos de efectos potenciales de falla:

- Operación errática.
- Falla en operar.
- Ruido.
- Pérdida de la vida.

2.9.4 Controles actuales

Son las medidas de seguridad en el lugar al momento de la revisión que están con la finalidad de seguir lo siguiente:

- Eliminar causas de falla.
- Identificar o detectar fallas.
- Reducir el impacto o consecuencias de la falla.

Ejemplos de controles actuales:

- Análisis del control estadístico del proceso.
- Estudios de capacidad del producto.
- Pruebas de durabilidad.
- Pruebas de función.
- Entrenamiento del operador.

2.9.5 Severidad (S)

Es la severidad del efecto de la falla. La severidad es la evaluación del efecto de la falla en el usuario final, área local, etc. La clasificación de la severidad solo aplica para los efectos. Obsérvese en la tabla 1. (DYADEM, 2003)

La severidad puede ser reducida solamente a través de un cambio en el diseño. Si tal cambio de diseño es alcanzable, la falla posiblemente puede ser eliminada.

2.9.6 Ocurrencia (O)

La ocurrencia es la frecuencia de la falla. Que tan seguido la falla se espera que aparezca. Obsérvese en la tabla 2. (DYADEM, 2003)

2.9.7 Detección (D)

La detección es la habilidad de identificar la falla antes de que aparezca y llegue al usuario final o cliente. Obsérvese en la tabla 3. (DYADEM, 2003)

2.9.8 Acción prioritaria (AP)

Es el valor recibido para el modo de falla. Se obtiene al tomar la valoración de la severidad, seguido de la ocurrencia y por último de la detección. Obsérvese la tabla 4.

Tabla 1. *Criterio de Severidad del Efecto en el Producto o Proceso.*

S	Efecto	Impacto en planta	Impacto en el cliente	Impacto en el usuario final
10	Alto	La falla resulta en un riesgo agudo de salud o seguridad para el operador	La falla resulta en un riesgo agudo de salud o seguridad para el operador	Afecta directamente la función segura del vehículo, riesgo conductor, pasajeros o terceros
9	Alto	Falla resulta en el no cumplimiento de regulaciones en planta	Falla resulta en el no cumplimiento de regulaciones en planta	No cumplimiento a regulaciones
8	Moderadamente alto	100% de la producción es afectada y tiene que ser enviada al scrap o La falla resulta en un riesgo crónico de salud o seguridad para el operador	Paro de línea mayor a un turno completo, parando embarques, reparaciones en campo requeridas o La falla resulta en un riesgo crónico de salud o seguridad para el operador	Perdida primaria de la función del vehículo necesaria para el manejo normal dentro del tiempo de vida esperado
7	Moderadamente alto	El producto tiene que ser sorteado y una porción enviada al scrap desviado del proceso primario disminuyendo la velocidad de la línea agregando personal	Paro de línea de una hora a un turno completo, posible paro de embarques o no cumplimiento a alguna regulación	Degradación de la función primaria del vehículo necesaria para el manejo normal durante el tiempo de vida esperado
6	Moderadamente bajo	100% de la producción tiene que ser retrabajada fuera de la línea	Paro de línea de hasta una hora	Perdida de la función secundaria del vehículo

5	Moderadamente bajo	Una porción de la producción tiene que ser retrabajada fuera de la línea	Menos del 100% del producto es afectado, alta posibilidad de defectos adicionales en el producto se requiere sorteo, no para la línea	Degradación de la función secundaria del vehículo
4	Moderadamente bajo	100% de la producción puede ser retrabajada en la estación antes de procesarse	El defecto lanza un plan de reacción significativo, no se requiere sorteo	Muy cuestionable apariencia, sonido, vibraciones, dureza etc.
3	Bajo	Una porción de la producción puede ser retrabajada en la estación antes de procesarse	El defecto lanza un plan de reacción menor, no se requiere sorteo	Moderadamente cuestionable apariencia, sonido, vibraciones, dureza etc.
2	Bajo	Leve inconveniente para procesarlo u operarlo	El defecto no lanza, un plan de reacción menor, no se requiere sorteo, requiere retroalimentación a proveedor	Muy poco cuestionable apariencia, sonido, vibraciones, dureza etc.
1	Muy bajo	No efecto aparente	No efecto aparente	No efecto aparente

Fuente: The Dojo Academy (2021)

Tabla 2. *Ponderación de la Ocurrencia de una Falla en el Producto o Proceso.*

Valor	Predicción de la falla	Tipo de control	Controles de prevención
10	Extremadamente alto	Ninguno	No hay controles de prevención.
9	Muy Alto	Conductual	Controles de prevención tienen muy poco efecto en la prevención de la causa de la falla.
8	Muy Alto		
7	Alto	Conducta o técnico	Controles de prevención tienen algo de efecto en la prevención de la causa de la falla.
6	Alto		
5	Moderado	Mejores prácticas, conducta o técnico	Controles de prevención son efectivos en la prevención de la causa de la falla.
4	Moderado		
3	Bajo	Mejores prácticas, conducta o técnico	Controles de prevención son muy efectivos en la prevención de la causa de la falla.
2	Muy bajo		
1	Extremadamente bajo	Técnico	Controles de prevención son extremadamente efectivos en prevenir la causa de la falla desde el diseño (geometría) o en el proceso por el diseño de dispositivos o herramientas. El modo de falla no puede ser físicamente producido por la causa de falla.

Fuente: The Dojo Academy (2021)

Tabla 3. Ponderación de la Detección del Defecto en el Producto o Proceso.

S	habilidad para detectar	Maduración del método de detección	Oportunidad de detección
10	Muy baja	No pruebas o métodos de inspección has sido establecidas o conocidas	El modo de falla no puede ser detectado
9	Muy baja	Es muy poco probable que las pruebas o métodos de inspección detecten el modo de falla	El modo de falla no es fácilmente detectable a través de auditorías esporádicas o aleatorias
8	Baja	Prueba o método de inspección no ha sido probado para ser efectivo o confiable, muy poca experiencia	Inspecciones humanas (visuales, táctiles o audibles) o utilizando gajes manuales que deberían detectar el modo de falla o causa de la falla
7			
6	Moderada	La prueba o método de inspección ha sido probado	Inspecciones humanas (visuales, táctiles o audibles) o utilizando gajes manuales que detectan el modo de falla o causa de la falla

5		para ser efectivo y confiable, experiencia	Maquina detección basada en notificaciones (luz o sonido) automatizadas o semi automatizadas, o utilizando un equipo de inspección que coordinado con la maquina detectan el modo o causa de la falla
4	Alta	Sistema ha sido probado para demostrar efectividad y confianza, la planta tiene la experiencia	Máquina- Basada en un método de detección automática que detecta el modo de falla en procesos posteriores y previene su futuro procesamiento identificando el producto discrepante rechazándolo automáticamente fuera del proceso. El producto discrepante es controlado con un sistema robusto que previene que el material siga en flujo
3	Alta	Una porción de la producción puede ser retrabajada en la estación antes de procesarse	Máquina- Basada en un método de detección automática que detecta el modo de falla en la estación y previene su futuro procesamiento identificando el producto discrepante rechazándolo automáticamente fuera del proceso. El
2	Alta	Método de detección ha sido probado para ser efectivo y confiable	producto discrepante es controlado con un sistema robusto que previene que el material siga en flujo
1	Muy alta	Modo de falla no puede ser físicamente producido por diseño o proceso, métodos de detección prueban que siempre el modo de falla o causa es detectado	

Fuente: The Dojo Academy (2021)

Tabla 4. Acción prioritaria (AP) para AMEF de proceso y diseño.

Efecto	S	Predicción de que la causa de la falla ocurra	O	Habilidad para detectar	D	Acción prioritaria (AP)
Efecto muy alto en producto o planta	9-10	Muy Alto	8-10	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	H
				Alto	2-4	H
				Muy Alto	1	H
		Alto	6-7	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	H
				Alto	2-4	H
				Muy Alto	1	H
		Moderado	4-5	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	H
				Alto	2-4	H
				Muy Alto	1	M
		Bajo	2-3	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	M
				Alto	2-4	L
				Muy Alto	1	L
Muy Bajo	1	Muy Alto- Muy bajo	1-10	L		
Efecto alto en producto o planta	7-8	Muy Alto	8-10	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	H
				Alto	2-4	H
				Muy Alto	1	H
		Alto	6-7	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	H
				Alto	2-4	H
				Muy Alto	1	M
		Moderado	4-5	Bajo-Muy bajo	7-10	H
				Moderado	5-6	M
				Alto	2-4	M
				Muy Alto	1	M
		Bajo	2-3	Bajo-Muy bajo	7-10	M
				Moderado	5-6	M
				Alto	2-4	L
				Muy Alto	1	L
Muy Bajo	1	Muy Alto- Muy bajo	1-10	L		

Efecto moderado en producto o planta	'4-6	Muy Alto	'8-10	Bajo-Muy bajo	'7-10	H
				Moderado	'5-6	H
				Alto	'2-4	M
				Muy Alto	1	M
		Alto	'6-7	Bajo-Muy bajo	'7-10	M
				Moderado	'5-6	M
				Alto	'2-4	M
				Muy Alto	1	L
		Moderado	'4-5	Bajo-Muy bajo	'7-10	M
				Moderado	'5-6	L
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
		Bajo	'2-3	Bajo-Muy bajo	'7-10	L
				Moderado	'5-6	L
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
Muy Bajo	1	Muy Alto- Muy bajo	'1-10	L		
Efecto Bajo en producto o planta	'2-3	Muy Alto	'8-10	Bajo-Muy bajo	'7-10	M
				Moderado	'5-6	M
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
		Alto	'6-7	Bajo-Muy bajo	'7-10	L
				Moderado	'5-6	L
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
		Moderado	'4-5	Bajo-Muy bajo	'7-10	L
				Moderado	'5-6	L
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
		Bajo	'2-3	Bajo-Muy bajo	'7-10	L
				Moderado	'5-6	L
				Alto	'2-4	L
				Muy Alto	1	L
Muy Bajo	1	Muy Alto- Muy bajo	'1-10	L		
No efecto perceptible	1	Muy bajo-Muy Alto	'1-10	Muy Alto- Muy bajo	'1-10	L

Fuente: The Dojo Academy (2021)

2.10 Metodología de mejora DMAIC.

Consiste en 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora. DMAIC es usada cuando se pretende mejorar un proceso, diseño o un servicio existente (Pyzdek, 2003).

- Definir

Define las metas de la actividad a mejorar. Los objetivos más importantes son obtenidos de los clientes.

Herramientas clave de esta fase:

- ✓ Mapa de proceso SIPOC
- ✓ Diagrama de proceso
- ✓ Voz del cliente
- ✓ Árbol crítico para la calidad (CTQ)

- Medir

En esta fase se recolectan métricas que sean de ayuda para conocer la situación en la que se encuentra el problema que se desea resolver, se deben medir los parámetros y establecer un seguimiento que permita más adelante analizar la situación.

Herramientas clave de esta fase:

- ✓ Matriz de priorización
- ✓ Análisis del tiempo de valor
- ✓ Gráficos de Pareto
- ✓ Gráficos de control

- Analizar

Con los datos recolectados se realizan análisis de estos para tratar de averiguar las razones del motivo de la falla y las acciones que se deben llevar a cabo para corregir el problema y mejorar los KPI's que se han marcado.

Herramientas clave de esta fase:

- ✓ Diagramas de causa-efecto
- ✓ Estudio de correlación
- ✓ Diseño de experimentos
- ✓ Lluvia de ideas

- Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real, se debe ser creativo al encontrar soluciones más rápidas y a menor costo. Se desarrollan y validan alternativas de mejora para el proceso.

Herramientas clave de esta fase:

- ✓ Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF)
- ✓ Herramientas de manufactura esbelta
- ✓ Simulación de eventos discretos
- ✓ 5´s

- Controlar

Una vez encontrada la forma de mejorar el desempeño del sistema, se debe diseñar la manera de asegurar que la solución puede sostenerse en un periodo largo de tiempo. Para esto se debe de diseñar e implementar una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente.

Herramientas clave de esta fase:

- ✓ Diagramas de control
- ✓ Estandarización de procesos
- ✓ Ayudas visuales
- ✓ Planes de contingencia
- ✓ Planes de mantenimiento preventivo

2.11 Diagrama SIPOC

De acuerdo con (Pacheco, 2019) es un sistema de ordenamiento o herramienta en formato tabular que permite la caracterización o asignación lógica de una serie de procesos. Sus principales elementos son proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

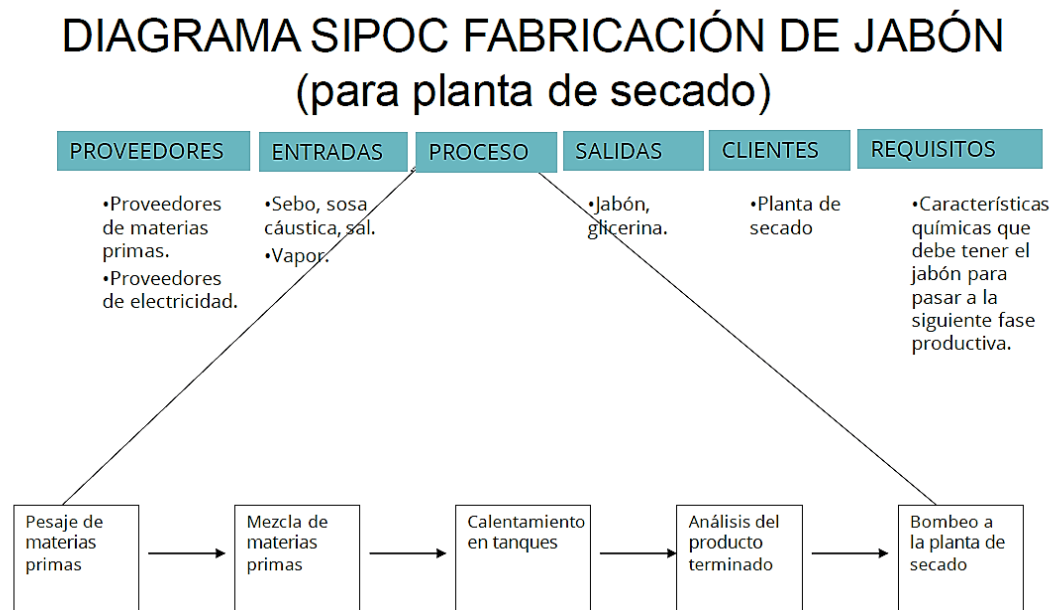


Ilustración 15. Ejemplo de Diagrama SIPOC de Fabricación de Jabón.

Fuente. Hernández (2017)

¿Para qué sirve el diagrama SIPOC?

- Para establecer de mejor manera una serie de ideas, con el propósito de satisfacer la necesidad de los clientes (Pacheco, 2019), facilitando el entendimiento entre todas las partes involucradas para entregar un producto o servicio de acuerdo con sus especificaciones.

- Entender la manera en que se trabaja y se efectúan los procedimientos, describiendo de forma asertiva lo que se hace, impidiendo la aparición de errores en el proceso (Pacheco, 2019).

2.12 5 Porque

De acuerdo con (Rodriguez, 2019) sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas.

La técnica de “5 porque” fue originalmente desarrollada por Sakichi Toyoda y usada principalmente por la compañía Toyota Motor durante la evolución de sus metodologías de manufactura. Es un componente crítico del entrenamiento en solución de problemas, y es considerado parte del Toyota Production System. El arquitecto del Toyota Production System, Taiichi Ohno, describe el método de 5 por que como la base del enfoque científico de Toyota repitiendo 5 veces ¿por qué? hasta que la solución es clara.

PROBLEMA A ESTUDIAR	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Resultado del Análisis
El vehículo no arranca	La batería está muerta	¿Y por qué está muerta? El Alternador no está funcionando	¿Y por qué no está funcionando? La correa del alternador se ha roto	¿Y por qué se ha roto? La correa del alternador fue mucho más allá de su vida de servicio útil y no se ha sustituido	¿Y por qué no se ha sustituido? El vehículo no se mantiene de acuerdo a lo recomendado por el programa de servicio	Incluir estándar de Inspección
	La batería está muerta	¿Y por qué está muerta? Los bornes están dañados	¿Y por qué están dañados? Los bornes están sulfatados	¿Y por qué están sulfatados? Los bornes están desajustados	¿Y por qué están desajustados? El vehículo no se mantiene de acuerdo a lo recomendado por el programa de servicio	Incluir estándar de Inspección

Ilustración 16. Ejemplo de Análisis de 5 Porque.

Fuente. Medina (2021).

CAPITULO III “PROPUESTA A IMPLEMENTAR”

La sala blanca del área de laminado provee PVB en distintas presentaciones para cada una de las 5 líneas que pasan dentro de ella.

Su misión es entregar el producto al cliente interno en el tiempo indicado y con calidad, de acuerdo con su ficha de producto.

El producto ALFA especifica el PVB de tipo acústico con antena, y el tiempo de procesamiento es de 320 piezas en un turno de 8 horas con dos operadores.

En los meses de agosto a octubre del año 2021, la sala blanca recibió quejas por parte del cliente interno por temas de calidad en el PVB (suciedades internas y tallones) del producto ALFA, por lo que se decidió realizar un análisis de estas con el objetivo de disminuirlas y elevar la satisfacción del cliente.

Es por eso por lo que se desarrollarán propuestas al final de este capítulo con proyecciones en diferentes escenarios tanto a un nivel pesimista, moderada y óptima en el mejor de los casos. Para ello se desarrollará cada fase de la metodología DMAIC para dar solución a las quejas y mejorar el rendimiento del área.

3.1 Definir.

Se definen las entradas y salidas que se deben de controlar y a través de las cuales se medirá la mejora de este, haciendo uso del diagrama SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente) y un diagrama de flujo del proceso.

En la ilustración 18 se muestra el diagrama SIPOC que complementa el análisis para comprender mejor las entradas y salidas del proceso de producción.

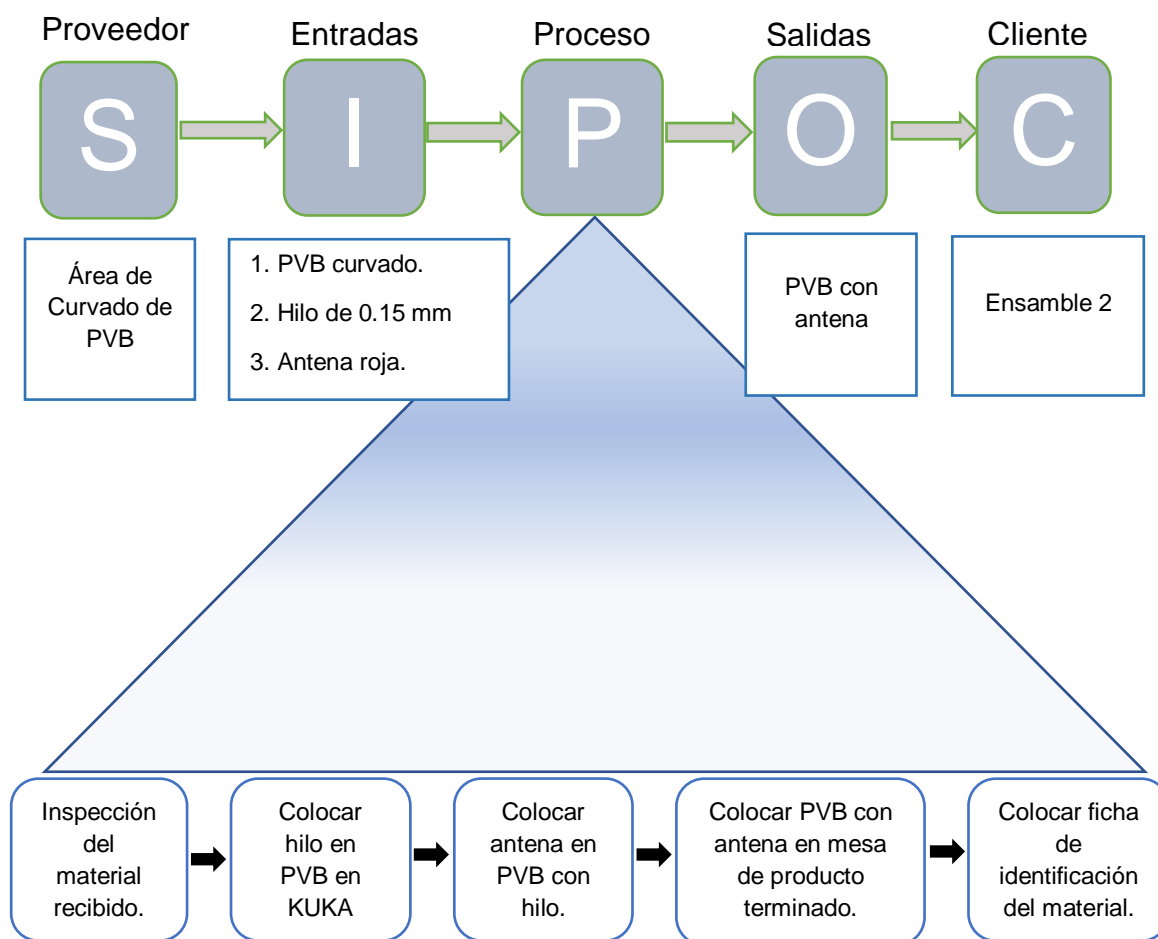


Ilustración 17. Diagrama SIPOC de Proceso de Producción del Producto ALFA.

Fuente. Elaboración Propia

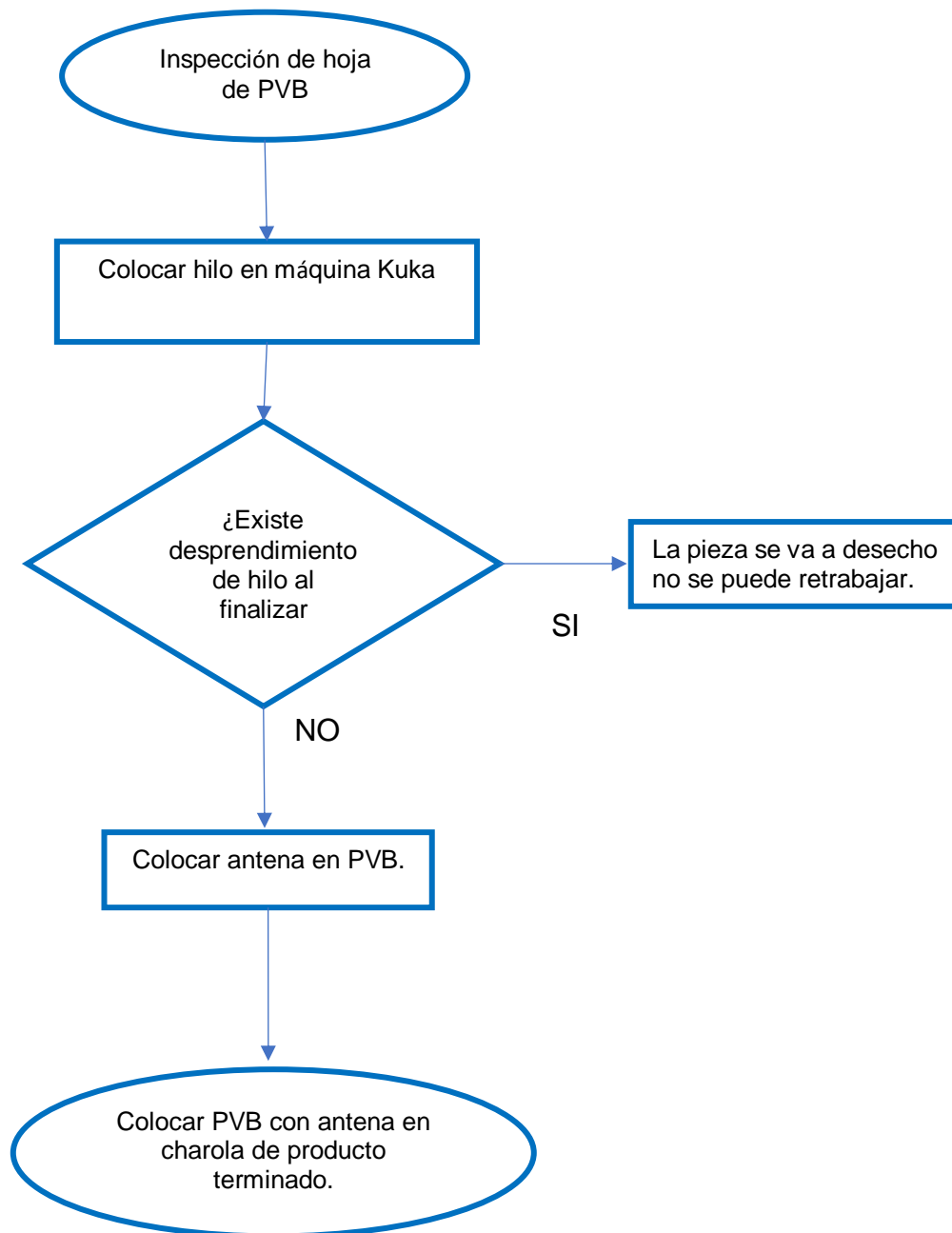


Ilustración 18. Diagrama de Flujo de Pegado de Antena en PVB.

Fuente. Elaboración Propia.

3.2 Medir

En un periodo de mes, de todos los productos que se ensamblan en la línea 2, se solicitan alrededor de 7500 piezas de PVB con antena para el producto ALFA, el cual se va abasteciendo en la línea de ensamble.

Se consultó con el área de calidad el estadístico de los defectos generales del producto ALFA de los meses agosto-septiembre 2021.

Tabla 5. *Rendimiento del área en los 3 meses analizados.*

Mes	No. De defectos por tallón de PVB	No. De defectos por suciedad interna.	Rendimiento del producto ALFA en Sala Blanca
Agosto	655	435	85%
Septiembre	70	193	96%
Octubre	190	72	96.5%

Fuente: Elaboración propia.

El mes de agosto presentó el nivel más alto en defectos tanto por tallón como suciedad interna de los 3 meses analizados, colocando a la sala blanca en el foco de atención, con un rendimiento del 85% del producto en el área. En los meses de septiembre y octubre el rendimiento mejoró a un 96-96.5% pero aun así tomando los primeros lugares en defectos de la línea.

Se calculó el DPMO (Defectos por millón de oportunidades) para expresar la forma en la que se está comportando el proceso en función del número de defectos detectados sumados en los 3 meses analizados.

$$DPMO = \frac{1.000.000 * D}{U * O}$$

Dónde:

DPMO: Defectos por millón de oportunidades

D: Defectos registrados

U: Unidades producidas

O: Oportunidades de fallar

Resolviendo la fórmula con la información de los tres meses

DPMO: $1,000,000 * 1,615 / 22,500 * 2$

DPMO: 35,889.

De acuerdo al resultado obtenido y teniendo en cuenta el rendimiento del área en los meses analizados de la tabla 4, se concluye que de no llevarse a cabo un plan de acción inmediato para mitigar o controlar los defectos, se estima que, al producir un millón de productos ALFA, se estarían registrando probablemente 35,889 unidades que no cumplan con los requerimientos del cliente únicamente en la sala blanca, lo que es equivalente al 96.4% de rendimiento.

3.3 Analizar.

Una vez echo el análisis “DPMO” se realizó una lluvia de ideas como se muestra en la tabla 5, y diagramas de causa y efecto (Ilustración 20 y 21) clasificando cada uno en “Tallón de PVB” y “Suciedad interna” respectivamente.

Tabla 6. *Resultados del análisis de la Lluvia de ideas de lo que podría ocasionar defectos*

Despegar hoja del PVB	Máquina KUKA
El estándar de trabajo no es claro	Personal de limpieza
Mesa de trabajo	Soldadura de antena
No hay 5´s	Plástico contaminado para tapar el PVB
Distracción	Se omite el estándar de trabajo
Proveedor	No seguir las reglas del área

Fuente: Elaboración propia.

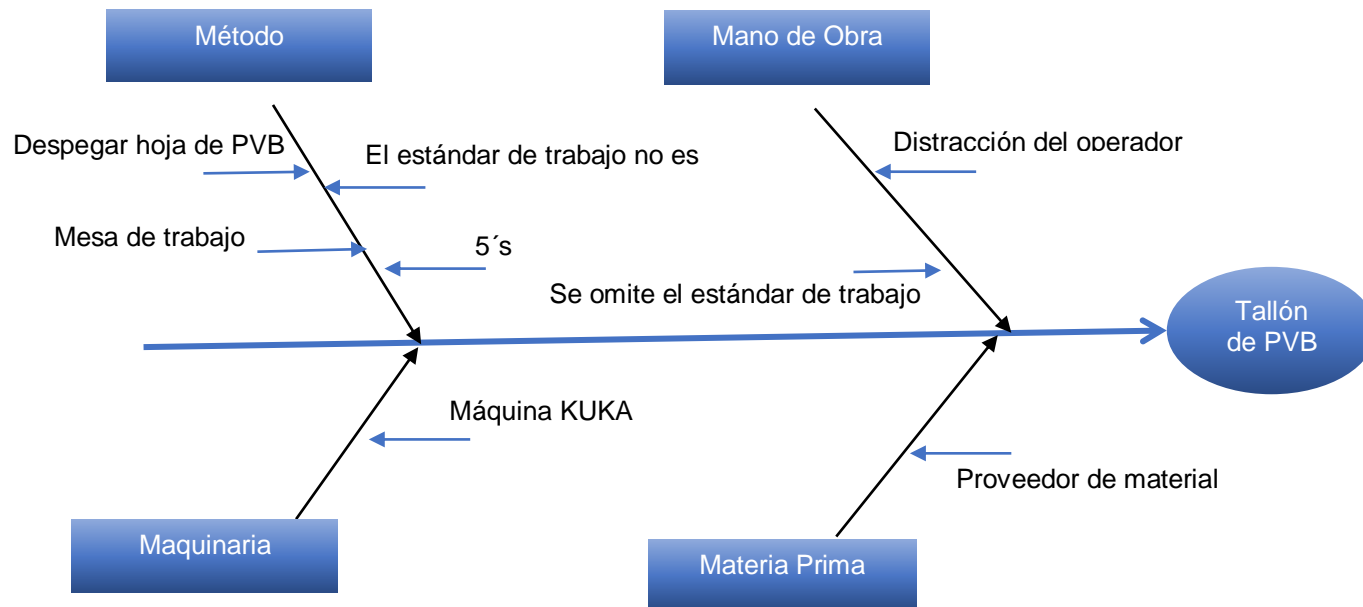


Ilustración 19. Diagrama de Ishikawa de Tallón en PVB.

Fuente. Elaboración Propia

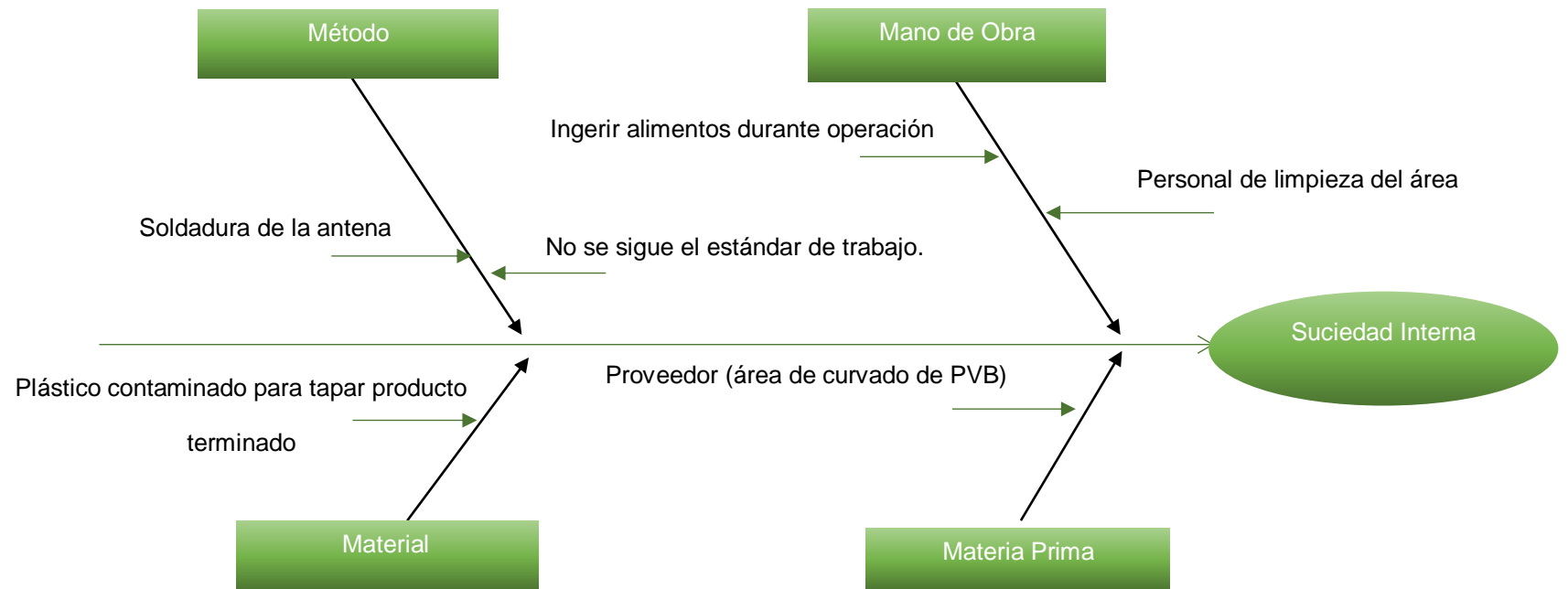


Ilustración 20. Diagrama de Ishikawa de Suciedad Interna en PVB.

Fuente. Elaboración Propia

3.4 Mejorar

A continuación, se presenta la herramienta AMEF de proceso por análisis de estructura, funcionalidad, falla y riesgo para el procedimiento de producción de pegado de antena en PVB (ilustración 22).

El paso 1 define el nombre del proyecto, el área en la que se implementará, fechas y el responsable de la mejora.

En el análisis de estructura (paso 2) comienza describiendo el paso del proceso del sistema que se va a analizar, seguido del elemento de trabajo que interviene o afectan en el espacio de trabajo (6M).

En el análisis funcional (paso 3) especifica el requerimiento que debe de tener el producto y bajo que condición se consigue para poder pasar a la siguiente etapa.

El análisis de falla (paso 4) especifica de qué forma puede fallar el paso anterior y cuáles serían sus posibles causas, midiendo su severidad como se podrá recordar y observar en la Tabla 1.

El análisis de riesgo (paso 5) hace referencia a los controles que se tienen implementados en el proceso para prevenir y detectar las fallas, antes de que éstas puedan hacerse presente en el desarrollo del producto. Para poder medir la ocurrencia y la detección se ocuparon las Tablas 2 y 3.

PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN (PASO 1)				
Nombre de la compañía:	N/A	Proyecto:	ALFA	Responsable:
Proceso:	Laminado	Fecha de inicio:		Carlos Palma
Area:	Sala Blanca	Fecha de revisión:		

Ilustración 21. Planeación y Preparación del AMEF.

Fuente. Elaboración Propia.

FMEA Analisis De la Estructura (Paso 2)			FMEA Analisis Funcional (Paso 3)			FMEA Analisis de Falla (Paso 4)			FMEA Analisis de Riesgo (Paso 5)					
1. Sistema, subsistema, elemento de la parte o nombre del proceso	2. Paso del proceso, numero de estacion, elemento de enfoque	3.Elemento de trabajo del proceso 4M	1. Funcion del Sistema, subsistema, elemento de la parte o nombre del proceso	2. Funcion del paso del proceso y características del producto (valor quantitativo opcional)	3. Funcion del elemento de trabajo del proceso, y características del proceso	1. Efecto de la falla (EF) para el siguiente nivel o usuario	Severidad (S) de EF	2. Modo de falla (MF) del elemento de enfoque	3. Causa de la falla para el elemento mas bajo o característica	Control actual de prevencion (CP) de Causa de falla	Ocurrencia (O) de CF	Control actual de deteccion (CD) de Causa de falla	Deteccion (D) de CF/MF	FMEA AP
1. Pegado de antena en PVB.	1.1 Inspección de hoja de PVB.	Mano de Obra	Mi planta: Hoja inspeccionada. Planta cliente: Producto sin defecto Usuario Final: Producto bajo especificación.	Zona clara del PVB sin suciedades como puntos blancos, negros ni tallones.	Inspección visual del operador.	Mi planta: Bajo rendimiento del área. Planta Cliente: Rechazo de material. Paro de línea. Usuario Final: Queja por tema de calidad.	5	PVB se recibió contaminado.	Operador no inspeccionó el material recibido.	Hoja de procedimiento estandarizado.	7	Visual. Durante operación.	6	M
		Material	Mi planta: Tener pieza con hilo. Planta cliente: Producto en charola OK para ser ensamblado. Usuario Final: Hilo dentro de la serigrafía del parabrisas..				8	Tallón al despegar las hojas.	Las hojas se pegaron y se produjo fricción al separarlas una de otra.	Planeación de la producción efectiva.	6	Ficha de producto indica la fecha en la que fue producido. No debe estar en reposo más de 5 días.	9	H
	1.2 Colocación de hilo en KUKA.	Máquina	Mi planta: Tener pieza con hilo. Planta cliente: Producto en charola OK para ser ensamblado. Usuario Final: Hilo dentro de la serigrafía del parabrisas.	Máquina pega hilo sobre las guías en la diapositiva.	Programa correcto de la máquina.	Mi planta: Bajo rendimiento del área. Planta Cliente: Rechazo de material. Paro de línea. Usuario Final: Queja por tema de calidad	3	El cautín al terminar su ciclo, no regresa a la posición ideal y talla la zona clara en su camino.	Programa desconfigurado.	Mantenimeinto preventivo de la maquinaria.	2	Visual. Durante operación.	6	L

Ilustración 22. AMEF de Proceso del Paso 1 y 2.

Fuente. Elaboración Propia.

FMEA Analisis De la Estructura (Paso 2)			FMEA Analisis Funcional (Paso 3)			FMEA Analisis de Falla (Paso 4)			FMEA Analisis de Riesgo (Paso 5)					
1. Sistema, subsistema, elemento de la parte o nombre del proceso	2. Paso del proceso, numero de estacion, elemento de enfoque	3. Elemento de trabajo del proceso 4M	1. Funcion del Sistema, subsistema, elemento de la parte o nombre del proceso	2. Funcion del paso del proceso y características del producto (valor quantitativo opcional)	3. Funcion del elemento de trabajo del proceso, y características del proceso	1. Efecto de la falla (EF) para el siguiente nivel o usuario	Severidad (S) de EF	2. Modo de falla (MF) del elemento de enfoque	3. Causa de la falla para el elemento mas bajo o característica	Control actual de prevencion (CP) de Causa de falla	Ocurrencia (O) de CF	Control actual de deteccion (CD) de Causa de falla	Deteccion (D) de CF/MF	FMEA AP
1. Pegado de antena en PVB	1.3 Colocar antena en PVB	Mano de Obra	Mi planta: Tener pieza con antena. Planta cliente: Producto en charola OK para ser ensamblado. Usuario Final: Parabrisas cumple con repeler el sonido externo dentro del coche.	PVB con atena soldada a las terminales del hilo.	Seguimiento completo de la hoja de operación estándar.	Mi planta: Hoja de PVB y hilo al scrap. Antena aún se puede recuperar. Planta Cliente: Paro de línea por no tener el material requerido en tiempo y forma. Usuario Final: Parabrisas no cumple con función de repeler el sonido externo dentro del coche.	7	Manchas de alimento en PVB	Operador hizo caso omiso a las indicaciones del área.	Supervisión del jefe de equipo.	6	No hay	9	H
		Material					7	Residuos de soldadura en la zona clara del PVB.	Operador no coloca guarda al momento de soldar la antena.	Supervisión del jefe de equipo.	8	No hay	6	H
	Material	8	El PVB se talla con las esquinas de la mesa de trabajo.	Operador talla el PVB inconcientemente al pasarlo a la mesa de trabajo.	Manipulación correcta de la hoja de PVB al pasarla de un lugar a otro.	3	Luz de la mesa de trabajo hace visible cualquier tallón antes de ser procesada.	3	L					
	1.4 Envolver charola de producto terminado con plástico	Material	Mi planta: Entregar producto bajo especificación. Planta cliente: Producto en charola OK para ser ensamblado. Usuario Final: Parabrisas cumple con repeler el sonido externo dentro del coche.	El plástico evita que caiga suciedad mientras espera a ser ensamblado el producto.	Plástico en condición adecuada para ser utilizado.	Mi planta: Producto con defecto. Planta Cliente: Paro de línea por no tener el material requerido como lo indica la ficha de producto. Usuario Final: Queja por tema de calidad.	7	Plástico contaminado	El plástico cayó al suelo mientras se estaba cortando la medida para tapar la charola.	Personal de limpieza	4	Visual	6	M

Ilustración 23. AMEF de Proceso del paso 3 y 4.

Fuente. Elaboración Propia.

Cada uno de los modos de falla analizados en el AMEF de proceso se enlistaron en la herramienta de los 5 porqué, con el objetivo de encontrar la fuente de la causa y establecer planes de acción inmediatos para los que obtuvieron un AP (Acción prioritaria) H (Color rojo).

AP	Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Plan de acción
H	Tallón al despegar las hojas	Fricción entre una hoja y otra.	Se pegaron las hojas.	Las hojas reposaron más de 5 días.	Planeación deficiente.		1. Mejorar la coordinación de la producción con el área de planeación para evitar pérdidas del material al no ser producido en su momento.
H	Manchas de alimento en PVB	El personal ingiere alimentos durante la operación.	Entra con comida al área.	Hacen caso omiso de las indicaciones en la entrada al área.			1. Levantar sanción por incumplimiento a las reglas del lugar. 2. Realizar plática al inicio de labores con el equipo de las reglas del lugar y las repercusiones que se podrían suscitar.
H	Residuos de soldadura en zona clara del PVB.	Restos de soldadura brincan al momento de soldar.	El operador no ocupó la guarda.	No se siguió el estándar de la operación.	Quiso conseguir más piezas.		1. Levantar sanción de acuerdo con el código disciplinario. 2. Capacitar al operador en la actividad. 3. Crear apoyo visual para evitar se vuelva a suscitar el error.
M	PVB se recibió contaminado	No se hizo inspección	El operador no está capacitado	No hay estándar para la operación.			1. Crear ayuda visual para la operación y capacitar al personal.
M	Plástico contaminado	Se contamina al cortar el plástico para cubrir el PVB.	El plástico cae al suelo.	El operador se distrae.			1. Dar seguimiento a la labor del personal. 2. Verificar el sistema de limpieza del área sea efectivo.
L	Mesa de trabajo	Esquinas de la mesa expuestas al roce del PVB	El operador inconscientemente talla la hoja con las esquinas.				1. Cubrir las esquinas de la mesa con merma de PVB y evitar que se talle con algo sólido.
L	Cautín baja más de lo necesario y talla la zona clara.	Desconfiguración del programa de la máquina	Falta de mantenimiento	No hay plan de mantenimiento para la maquinaria			1. En conjunto con el electrónico del área, crear plan de mantenimiento periódico para el correcto funcionamiento de KUKA.

Ilustración 24. Análisis 5 Porqué de los Modos de Falla.

Fuente. Elaboración Propia

3.5 Controlar

Se propone la utilización de las siguientes ayudas visuales (ANDON) para la operación, siendo visibles para el operador y resolviendo dudas para evitar temas de calidad. Las Ilustraciones 25, 26, 27 y 28 muestran las ayudas visuales.

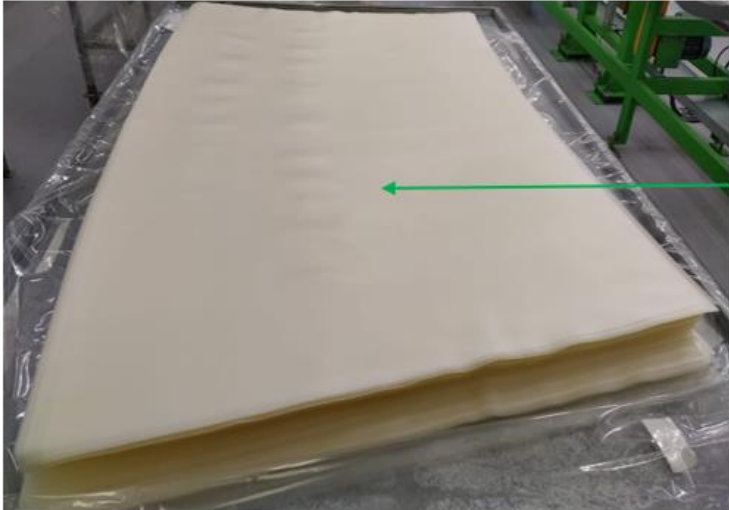
AYUDA VISUAL				Código	
				Fecha:	
				Área:	
Conocimiento básico <input checked="" type="checkbox"/>		Problema <input type="checkbox"/>		Mejora <input type="checkbox"/>	
Elaboró:	Ing. Carlos Palma	Aprobó:		N° Ayuda visual:	
ZONA CLARA DEL PVB					
					
Descripción:				No se	
observan suciedades como puntos negros, puntos blancos, tallones al momento de la recepción del material por parte del proveedor.					
Fecha capacitación:					
Supervisor:					

Ilustración 25. Ayuda Visual Zona Clara de PVB.

Fuente. Elaboración Propia.

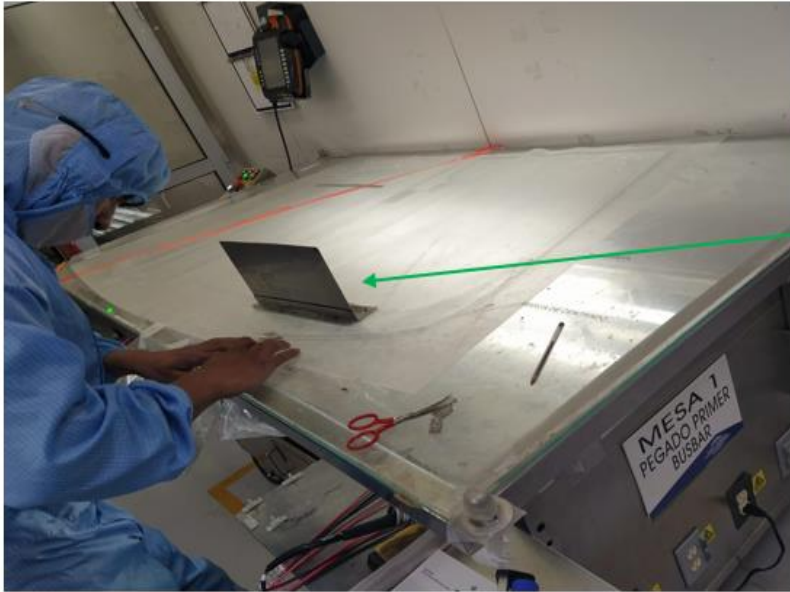
AYUDA VISUAL				Código	
				Fecha:	
				Área:	
Conocimiento básico	<input checked="" type="checkbox"/>	Problema	<input type="checkbox"/>	Mejora	<input type="checkbox"/>
Elaboró:	Ing. Carlos Palma	Aprobó:		N° Ayuda visual:	
GUARDA DE SEGURIDAD					
					
Descripción: El operador ocupa las herramientas establecidas dentro del estándar de trabajo y evitar quejas de cliente interno por tema de calidad					
Fecha capacitación:					
Supervisor:					

Ilustración 26. Ayuda visual Guarda de seguridad.

Fuente. Elaboración Propia.

AYUDA VISUAL				Código	
				Fecha:	
				Área:	
Conocimiento básico <input type="checkbox"/>		Problema <input checked="" type="checkbox"/>		Mejora <input type="checkbox"/>	
Elaboró:	Ing. Carlos Palma	Aprobó:	N° Ayuda visual:		
					
Descripción: Por tema de seguridad solo es permitido almacenar 240 pzs, debido a que el peso excede lo permitido e inmediatamente se crea una condición insegura. Además de que las hojas que quedan abajo se pegan y se pueden generar tallón al despegarlas.					
Fecha capacitación:					
Supervisor:					

Ilustración 27. Ayuda visual de cantidad de PVB permitido en una charola.

Fuente. Elaboración Propia.

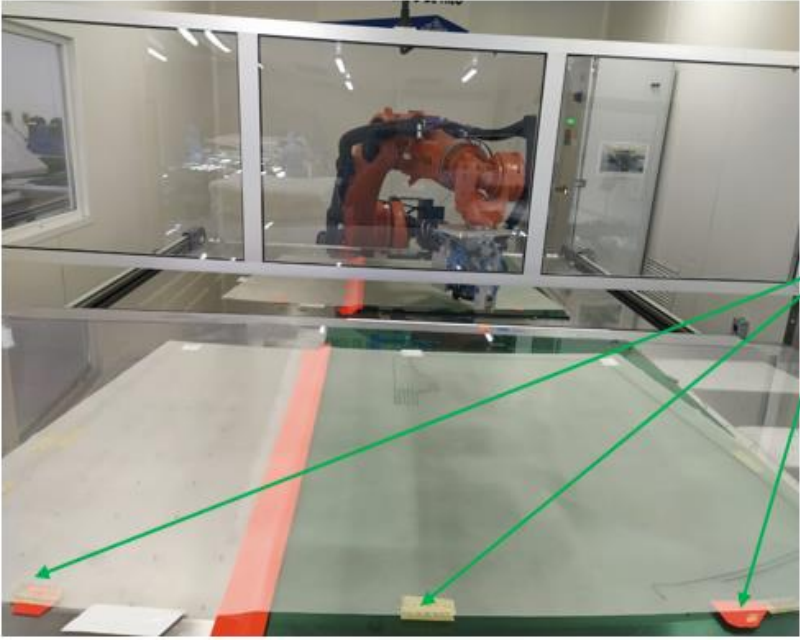
AYUDA VISUAL				Código	
				Fecha:	
				Área:	
Conocimiento básico	<input checked="" type="checkbox"/>	Problema	<input type="checkbox"/>	Mejora	<input type="checkbox"/>
Elaboró:	Ing. Carlos Palma	Aprobó:	N° Ayuda visual:		
REFERENCIAS					
					
<p>Descripción: El operador se apoya de las referencias colocadas en la mesa para que el pegado del hilo en el PVB por la máquina KUKA sea de la manera correcta y evitando desperdiciar material.</p>					
Fecha capacitación:					
Supervisor:					

Ilustración 28. Ayuda visual de las referencias para pegado de hilo en KUKA.

Fuente. Elaboración Propia.

Con las ayudas visuales (ANDOM) creadas para la operación, se espera tener un área de trabajo mejor controlada, evitando que el operador caiga en error al especificar de manera clara lo que es aceptable y de lo que no para la realización de su operación.

Ayudarán no solo a disminuir quejas de calidad, sino también a evitar accidentes de trabajo debido a actos o condiciones inseguras en el espacio.

Se plantea capacitar al equipo de trabajo al inicio del turno mostrándoles los cambios creados.

Con el análisis AMEF se logró una mejor comprensión del proceso al detectar y documentar las fallas potenciales que pudieran ocurrir al llevar a cabo el proceso de producción. Además de que la herramienta ayuda a valorar la falla y su repercusión tanto en la propia área como con el cliente interno y el usuario final. Para ello se implementaron los planes de contención y de eliminación del error al usar los 5 porqué, esperando una mejora significativa al disminuir los desperdicios de la materia prima y ahorrando en los costos de producción mes con mes.

CONCLUSION

La investigación realizada determinó que, de los siete modos de falla analizados en el AMEF de proceso, tres se valoraron con una acción prioritaria “H” esto debido a la severidad con la que afecta el problema no solo al área de sala blanca, sino también al cliente interno y al usuario final, seguido de su ocurrencia en el proceso y por los controles que no han sido eficientes para detectar el problema antes de que este aparezca. Bien dicho esto, por medio de la herramienta de los “5 por qué” se llegó a la causa raíz de los problemas analizados, logrando crear planes de acción para cada uno, pero teniendo como prioridad los modos de falla valorados con “H”.

Lo anterior permite aprobar la hipótesis planteada, ya que debido al desarrollo del AMEF de proceso en la línea, se plantearon diferentes causas que podrían estar desarrollando los defectos de “Tallón en el PVB” y “Suciedad Interna”.

Se espera que, con esta propuesta de mejora, se logre disminuir la cantidad defectos producidos en el producto ALFA, quitando a la sala blanca en el foco de atención ya que mantenía los primeros lugares en defectos encontrados de toda la línea de laminado.

La herramienta AMEF no termina en este punto, ya que se debe ser actualizado cada cierto periodo de tiempo para tener un proceso mejor controlado.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el procedimiento de análisis es necesario considerar lo siguiente:

- Integrar el equipo multidisciplinario con conocimiento desde lo más bajo a lo más alto del proceso.
- El equipo debe siempre mantener la actitud, ante todo.
- Revisar 1 o 2 formas de fallar de buena manera, que 8 formas de falla de forma precipitada.
- No realizar juntas prolongadas de más de 4 horas debido a que le gente puede perder interés.
- Contar con el apoyo de la alta dirección, ya que el proyecto AMEF es en beneficio para la empresa en general.
- No tener temor al momento de expresar las ideas en reuniones.
- Ser claros en lo que se desea realizar y nunca quedar con dudas.
- Actualizar la documentación cada cierto periodo de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- 01 *diagramas de flujo*. (08 de Agosto de 2013). Obtenido de <https://es.slideshare.net/antheresc/01-diagramas-de-flujo>
- Cabrera, R. (26 de Abril de 2021). *Diagrama de Pareto de Defectos*. Obtenido de Diagrama de Pareto ejemplo: <https://www.herramientaslean.com/diagrama-pareto/>
- Díaz Silva, J. (2014). *Diagrama de Bloques de un Computador*. Obtenido de [Ilustración]: Recuperado de <https://pt.slideshare.net/josefabiandiazs/diagrama-de-bloques-de-un-computador-31918055/9>
- DYADEM. (2003). *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis, for Automotive, Aerospace and General Manufacturing Industries*. CRC Press.
- GEINFOR. (S.F.). *¿Qué es Andon? Sistema de control visual de producción*. Obtenido de <https://geinfor.com/business/que-es-andon-sistema-de-control-visual-de-produccion/>
- Hernández, G. (12 de Febrero de 2017). *Ejemplo de diagrama sipoc*. Obtenido de Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/mapeo-de-procesos-iso-90012015/ejemplo-de-diagrama-sipoc/>
- Martínez, C. (2004). Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea de manufactura para juguetes. (*Tesis de Maestría*). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.

McDermott, R., Mikulak, R., & Michael, B. (2009). *THE BASICS OF FMEA 2nd Edition*. New York: CRC Press.

Medina, G. (5 de Febrero de 2021). *La técnica de los 5 ¿Por qué?, análisis de las causas raíz de los problema*. Obtenido de Lean Construction México: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/la-t%C3%A9cnica-de-los-5-por-qu%C3%A9-an%C3%A1lisis-de-la-causa-ra%C3%ADz-de-los-problema>

Navarro, S. (18 de Mayo de 2014). *Diagrama de Ishikawa para localizar defectos*. Obtenido de El poder de Ishikawa: <https://www.cursodireccionproyectos.com/2014/05/el-poder-de-ishikawa/>

Pacheco, J. (28 de Marzo de 2019). *¿Qué es un Diagrama SIPOC y para qué sirve?* Obtenido de Web y empresas: <https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/#comments>

Puente, J. (2012 de Octubre de 2012). *Representación esquemática de la estructura química del copolímero PVB*. Obtenido de Representación esquemática de la estructura química del copolímero PVB.: https://www.researchgate.net/figure/Representacion-esquematica-de-la-estructura-quimica-del-copolimero-PVB_fig1_313717934

Puente, J. (s.f.). Síntesis y caracterización de un material híbrido de matriz polimérica de polivinil butiral. (*Tesis de maestría*). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.

Pyzdek, T. (2003). The Six Sigma Handbook. En T. Pyzdek, *The Six Sigma Handbook* (Quinta ed.). McGraw-Hill.

Robayo, V. (s.f.). *Diagrama de Ishikawa*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58297051/Diagrama_de_Ishikawa-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638308754&Signature=gFHXJSsHsGK0Cc2eHAfg266Eturz9Q2pCCM8QKaPI28cEhFnmnyoQSu8P1eTnFibxgAGdwNLN5qk1fuJR-6STU-07JtQeNPnkM1ue-l1VRxCfWCL1IJMMOq6jNXpYPQKIqpeZnp

Rodriguez, J. (8 de Noviembre de 2019). *5 PORQUÉS ¿CÓMO APLICAR CORRECTAMENTE ESTA METODOLOGÍA?* Obtenido de SPC Consulting Group: <https://spcgroup.com.mx/5-porque-como-aplicar-correctamente-esta-metodologia/>

Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Amer Society for Quality.

The Dojo Academy . (24 de Marzo de 2021). *AMEF (Failure Mode & Effect of Analysis)*. Obtenido de <https://www.thedojo.academy/courses/amef-failure-mode-effect-analysis>