



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES**

**Análisis modal de fallos y efectos (AMFE), en el proceso de
producción de tableros eléctricos de la Empresa EC-BOX.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES**

Autor:

ALEXANDRA CATALINA MERCHÁN ULLOA

Director:

ANDREA CECILIA SORIA ALVAREZ

CUENCA, ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A mis padres que con todo su cariño y amor hicieron todo en la vida para apoyarme en lograr mis sueños, que con sus consejos y paciencia me motivaron en los momentos difíciles para no rendirme jamás.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme fuerzas y valor para siempre continuar hacia adelante.
- A mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado para motivarme y ayudarme en todo momento.
- Al Ing. Pedro Arévalo, por toda la ayuda y motivación brindada para la culminación del presente trabajo de grado.
- A mi directora de tesis, Ing. Andrea Soria, por la guía y dirección para la culminación de mi carrera universitaria.
- A la empresa EC-BOX, por abrirme las puertas y permitirme la aplicación de mí trabajo de grado aquí dentro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. Historia de la empresa EC-BOX.	3
1.2. Estructura Organizacional.	4
1.3. Situación Actual de la empresa.	5
1.3.1. Descripción General del Manejo Ambiental de EC-BOX.....	5
1.3.2. Producción en EC-BOX.....	10
1.4. Proceso Productivo	11
1.4.1. Lay-Out de EC-BOX.....	19

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad.....	22
2.1.1. ¿Qué es Calidad?.....	22

2.1.2.	Evolución de la calidad	23
2.1.3.	Mejoramiento Continuo	25
2.1.4.	Herramientas de Mejora Continua	27
2.2.	AMFE	31
2.2.1.	Introducción al AMFE	31
2.2.2.	Historia del AMFE	32
2.2.3.	Tipos de AMFE.....	33
2.2.3.1.	AMFE de Diseño	33
2.2.3.2.	AMFE de Proceso:.....	34
2.2.4.	Objetivos del AMFE	34
2.2.5.	Ventajas y Limitaciones del AMFE.....	35
2.2.6.	Descripción de la Metodología para el desarrollo del AMFE.....	37
2.2.7.	Descripción de la Matriz AMFE	43

CAPÍTULO 3: AMFE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE UN MEDIDOR, DOS PUERTAS

3.1.	Determinación del Equipo de Trabajo.....	46
3.2.	Identificación de los Modos de Fallo en el Proceso.....	47
3.3.	Determinación de los Efectos y Causas de Fallo.....	48
3.4.	Identificación de los sistemas de detección del proceso	52
3.5.	Determinación de los índices de evaluación y cálculo del IPR.....	54
3.6.	Planteamiento de acciones de mejora.....	59
	CONCLUSIONES.....	73

RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prácticas Administrativas Kaizen	27
Tabla 2. Índice de Ocurrencia	40
Tabla 3. Índice de Severidad.....	41
Tabla 4. Índice de Detección.....	42
Tabla 5. Matriz de la Herramienta	44
Tabla 6. Modos de Fallo.....	47
Tabla 7. Efectos y Causas de Fallo	49
Tabla 8. Sistemas de Detección	52
Tabla 9. Cálculo del IPR	55
Tabla 10. Pocos Vitales – Muchos Triviales.....	58
Tabla 11. Acciones Correctivas	60
Tabla 12. Matriz AMFE.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Estructural.....	4
Figura 2. Depósitos desechos orgánicos y reciclables	5
Figura 3. Depósito de chatarra	6
Figura 4. Depósito de solidos tóxicos	6
Figura 5. Manejo del ruido.....	7
Figura 6. Extintores.....	7
Figura 7. Equipos de Protección Personal.....	8
Figura 8. Tanques de Decapado	8
Figura 9. Señalización del Taller	9
Figura 10. Vía Pública del Taller	9
Figura 11. Proceso Productivo	12
Figura 12. Estructura del Tablero.....	12
Figura 13. Puerta Superior	13
Figura 14. Techo del Tablero	13
Figura 15. Suelo del Tablero	13
Figura 16. Borde Superior.....	14
Figura 17. Puerta Inferior	14
Figura 18. Doble Fondo Inferior	14
Figura 19. Doble Fondo Superior.....	14
Figura 20. División	15
Figura 21. Tablero metálico armado	16
Figura 22. Decapado	17
Figura 23. Pintado	18

Figura 24. Horneado.....	18
Figura 25. Tablero metálico	19
Figura 26. Lay-out del Taller	20
Figura 27. Calidad.....	23
Figura 28. Evolución de la Calidad.....	25
Figura 29. Tipos de AMFE	33
Figura 30. Metodología AMFE.....	37
Figura 31. Diagrama de Pareto.....	58

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE), EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA EC-BOX.

RESUMEN

EC-BOX es una empresa metalmecánica que busca incrementar su calidad y productividad, para así ganar mayor participación en el mercado obteniendo altas ganancias.

Es por ello que en el presente trabajo se realizó la aplicación de la herramienta de calidad AMFE al proceso de producción de los tableros eléctricos de 1 medidor, 2 puertas. Para esto, a través de observaciones in-situ, se levantó y analizó información del proceso, logrando así determinar los modos, causas y efectos de fallo, para posteriormente establecer acciones correctivas para evitar o prevenir que los fallos se produzcan.

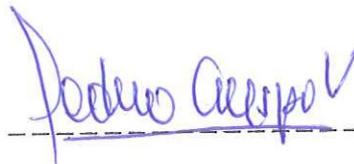
La aplicación del AMFE permite incrementar la calidad, productividad y satisfacción del cliente, disminuyendo costos de producción.

Palabras clave: AMFE, tablero eléctrico, calidad, productividad, satisfacción del cliente, fallo.



Ing. Andrea Cecilia Soria Álvarez

Director de Tesis



Ing. Pedro José Crespo Vintimilla

Director de Escuela



Alexandra Catalina Merchán Ulloa

Autora

**FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)
IN ELECTRIC PANEL BOARD PRODUCTION PROCESS AT
EC-BOX COMPANY**

ABSTRACT

EC-BOX is a metal-mechanic industry that seeks to increase its quality and productivity in order to gain greater market share and high profits.

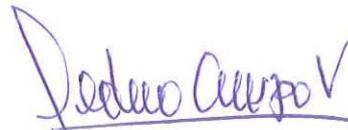
This is the reason why this work presents the application of FMEA (Failure Mode Effects Analysis) quality tool to the production process of 1 meter- double door electric panel boards. For this, we collected and analyzed information about the process through in-situ observations. Consequently, we determined the modes, causes and effects of failure to subsequently establish corrective actions to avoid or prevent faults.

The application of FMEA tool enhances quality, productivity and customer satisfaction by reducing production costs.

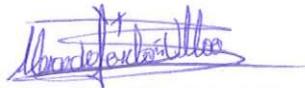
Keywords: FMEA, Electrical Panel Board, Quality, Productivity, Customer Satisfaction, Failure.



Ing. Andrea Cecilia Soria Álvarez
Thesis Director



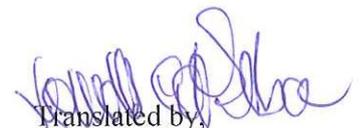
Ing. Pedro José Crespo Vintimilla
School Director



Alexandra Catalina Merchán Ulloa
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Merchán Ulloa Alexandra Catalina

Trabajo de Grado

Ing. Andrea Cecilia Soria Álvarez

Abril 2015

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE), EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA EC-BOX.

INTRODUCCIÓN

En un entorno cada vez más competitivo, las empresas ya no pueden limitarse a ofertar un portafolio de productos a bajos precios sino satisfacer las necesidades de los clientes y superar sus expectativas, esto con el objetivo de posicionarse en el mercado y mantener una ventaja competitiva sostenible en el tiempo, esto se lo puede lograr incorporando a los sistemas de gestión de las empresas una dinámica de mejoramiento continuo.

La implementación de esta técnica permite mejorar la calidad de los productos y la operación estratégica y operativa de los procesos, es decir a más de mejorar el posicionamiento empresarial, se evidencia un incremento en la productividad de la misma.

La empresa EC-BOX busca crecer y ganar mayor participación en el mercado, la mejor manera de lograr esto es asegurar la calidad de sus procesos y productos ofertados, y ya que el producto con mayor demanda son los tableros eléctricos de un medidor dos puertas, es necesario implementar la herramienta de mejora continua AMFE (análisis modal de fallos y efectos) en el proceso de producción de estos tableros.

En el presente trabajo de grado se desarrolla dicha herramienta, la cual permite la identificación y eliminación temprana de los modos de fallo en el proceso, la

reducción del tiempo y costo en el desarrollo del producto, y la eliminación de reproceso.

El primer capítulo detalla la información general la empresa, en donde se describe su reseña histórica, estructura organizacional, manejo ambiental, manejo de la producción, proceso productivo y el lay-out del taller; de esta manera se pretende tener un conocimiento general de la empresa en donde se va a llevar a cabo en presente trabajo de tesis.

El segundo capítulo sustenta el marco teórico de la herramienta de mejora continua, AMFE (análisis modal de fallos y efectos), en donde se describe conceptos de calidad y mejoramiento continuo para posteriormente introducirse a conocer más sobre dicha herramienta y su aplicación.

El tercer capítulo describe el desarrollo de la herramienta AMFE en el proceso de producción de los tableros eléctricos de un medidor dos puertas, en donde se determina un equipo de trabajo, se identifican los modos, efectos y causas de fallo, se determinan los índices de evaluación y el cálculo del número de prioridad de riesgo, para posteriormente establecer acciones de mejora.

Finalmente se describe las conclusiones y recomendaciones resultantes de la aplicación de la herramienta AMFE al proceso productivo antes mencionado.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

El capítulo a continuación detalla los datos generales y básicos de EC-BOX, esta información fue obtenida principalmente de observaciones in-situ y entrevistas al personal de la empresa.

1.1. Historia de la empresa EC-BOX.



Bajo la razón social de Electro Control y con la representación legal del Sr. Gerardo Mogrovejo Abril, el 18 de octubre de 1995 en la calle Fray Gaspar de Carvajal 2-90 y Miguel Cabello de Balboa en la ciudad de Cuenca, se constituye un pequeño taller metal mecánico, dedicado principalmente a la fabricación de luminarias industriales y cajas de medidores.

Con el pasar de los años y gracias a la dedicación, perseverancia y esfuerzo del Sr. Gerardo Mogrovejo Abril, el taller tuvo una muy buena acogida en el mercado, es por esto que se vio la necesidad de incrementar su producción, pues con la que se contaba ya no era suficiente para abastecer la demandada requerida, para lo cual se monta una nave industrial ubicada en la Av. González Suarez 10-49 y Paseo de los Cañaris, en donde el taller inicia su producción el 1 de junio del 2009; en este mismo año sus propietarios deciden cambiar de razón social, ahora estaría representada por el Ing. Fernando Mogrovejo Merchán.

Hoy en día es una pequeña empresa constituida con el nombre comercial EC-BOX, que sin dejar de lado el concepto de metal mecánica, tiene como sus principales productos: gabinetes metálicos para diseños electrónicos, tableros metálicos

diseñados para medidores de energía eléctrica y agua potable y luminarias industriales.

Toda la producción que genera EC-BOX es comercializada a través del Almacén Gerardo Mogrovejo e Hijos Cía Ltda., ya que éste es parte del negocio de la familia Mogrovejo Merchán. (EC-BOX, 1995)

1.2. Estructura Organizacional.

La empresa EC-BOX a través de su Organigrama Estructural determina, su división de funciones, las líneas de responsabilidad que manejan, los canales formales de comunicación y las relaciones que existe entre las unidades estructurales de la empresa.

El Organigrama de EC-BOX está estructurado como se muestra a continuación.

Figura 1. Organigrama Estructural



Fuente: El Autor

1.3. Situación Actual de la empresa.

1.3.1. Descripción General del Manejo Ambiental de EC-BOX

EC-BOX para llevar a cabo su plan de manejo ambiental se rige bajo la “*Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Funcionamiento de los Talleres de Mecánica Industrial (Hierro y Aluminio) y Mecánica en General*” que ha dispuesto la Comisión de Gestión Ambiental de la Ilustre Municipalidad de Cuenca.

La Guía de Buenas Prácticas Ambientales correspondiente a la industria en la que se desarrolla EC-BOX se enfoca en el control de los siguientes puntos:

- Generación y manejo de residuos sólidos (RR.SS.)

EC-BOX para el manejo de sus residuos orgánicos y reciclables cuenta con depósitos claramente diferenciados, que posteriormente son entregados a la EMAC.

Figura 2. Depósitos desechos orgánicos y reciclables



Fuente: El Autor

Los retazos de tool (lámina metálica) y chatarra generada en los procesos de producción del Taller son colocados en un depósito destinado para este fin, posteriormente es entregado a un centro de acopio para el reciclaje de dicho material.

Figura 3. Depósito de chatarra



Fuente: El Autor

- Generación y manejo de residuos tóxicos (RR.TT.)

Para el manejo de los residuos tóxicos como franelas, guaiques, envases usados, etc., EC-BOX cuenta con un depósito específico para este fin.

Figura 4. Depósito de sólidos tóxicos



Fuente: El Autor

- Generación de Ruido

Para el manejo del ruido, tal como indica la Guía de Buenas Prácticas Ambientales a la que se rige EC-BOX, los compresores están ubicados fuera del área de trabajo a más de un metro de distancia. Como se muestra en la *figura 5* el compresor se encuentra dentro de la puerta gris, mientras que el área de trabajo está ubicada en la parte interior de la puerta negra del fondo.

Figura 5. Manejo del ruido



Fuente: El Autor

- Seguridad Laboral

EC-BOX cumpliendo con lo establecido por el Benemérito Cuerpo de Bomberos dispone de dos extintores dentro del lugar de trabajo, uno se encuentra dentro del área de pintado y el otro está ubicado en el área de corte, los mismos son de fácil acceso para los trabajadores.

Figura 6. Extintores



Fuente: El Autor

Todos los trabajadores de EC-BOX cuentan con equipos de protección personal (cascos, orejeras, guantes y mascarillas), los cuales son utilizados según la actividad encomendada.

Figura 7. Equipos de Protección Personal



Fuente: El Autor

- Área de Trabajo

Según lo establecido en la Guía de Buenas Prácticas Ambientales, para la limpieza de piezas se cuenta con depósitos de acero inoxidable.

Figura 8. Tanques de Decapado



Fuente: El Autor

EC-BOX cuenta con su respectiva señalización e identificación de las diferentes áreas del Taller; el mismo que posee una sección específica para el área de pintura con cámaras de pintado para dicha actividad.

Figura 9. Señalización del Taller

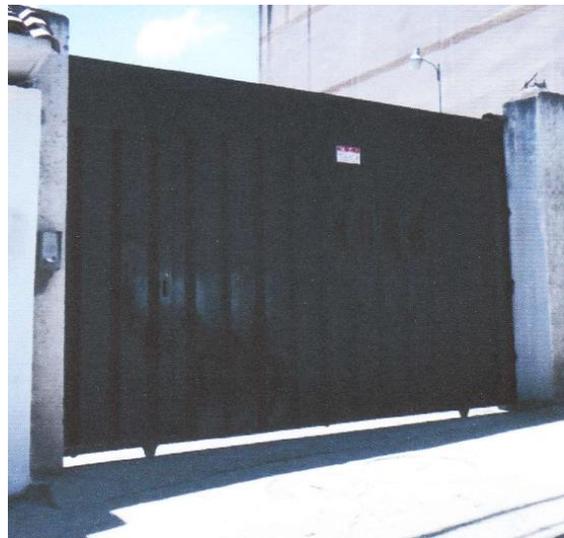


Fuente: El Autor

- Uso de Vía Pública

Cumpliendo con lo dispuesto en la Guía de Buenas Prácticas Ambientales, EC-BOX no utiliza la vía pública para el desarrollo de sus actividades.

Figura 10. Vía Pública del Taller



Fuente: El Autor

1.3.2. Producción en EC-BOX

EC-BOX actualmente tiene una producción variada, esto debido a que trabaja bajo órdenes de pedido de acuerdo a las necesidades y especificaciones de los clientes, lo cual se puede lograr gracias a que los trabajadores y la maquinaria con la que cuenta no se especializa en la fabricación de un solo tipo de producto, sino tiene gran versatilidad a lo que a metalmecánica se refiere.

Los productos que son de producción continua, es decir se fabrican mes a mes son los siguientes:

- Tableros eléctricos de 1 medidor 2 puertas
- Tableros eléctricos de 2 medidores 3 puertas
- Tableros eléctricos de 3 medidores 3 puertas
- Tableros eléctricos de 4 medidores 3 puertas
- Tableros de agua de 2 medidores
- Tableros de agua de 3 medidores

De todos estos productos mencionados el que mayor demanda tiene es el tablero eléctrico de 1 medidor 2 puertas, es por ello que el presente trabajo se enfocará en el proceso de producción de dicho tablero.

Los tableros metálicos para medidores eléctricos se los produce bajo las especificaciones normadas por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur tanto en las dimensiones del tablero como en el espesor de la lámina de tool utilizada, pudiendo ajustar dichos tableros a las necesidades del cliente, es decir el tablero puede ser de forma horizontal o vertical de acuerdo a donde se lo vaya a colocar.

En cualquiera de estas dos opciones el cliente puede pedir variaciones como colocar una visera en la parte superior del tablero, lo cual no causa problema al momento de una inspección por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Los tableros eléctricos de 1 medidor 2 puertas se los producen en lotes de 30 unidades por semana. Un Trabajador especializado en este tipo de producto está encargado de todo el proceso de producción, es decir inicia cortando la lámina de tool para las 30 unidades requeridas y termina con los acabados finales de todos los tableros metálicos.

Dependiendo de las órdenes de producción que entren al Taller el trabajador especializado en este producto se dedicará únicamente a la producción de los tableros eléctricos o tendrá que ayudar en la fabricación de otros productos, caso contrario si el pedido de los tableros eléctricos de 1 medidor 2 puertas es urgente el trabajador antes mencionado trabajará conjuntamente con otros en la producción de éste.

El proceso de producción mencionado, al cual está enfocado el presente trabajo no se encuentra controlado, al momento que se presenta un fallo en el producto o en el proceso se lo soluciona en ese momento (apaga incendios), más no atacando el problema raíz, es decir sin tomar medidas específicas para prevenir o evitar que estos vuelvan a ocurrir, creando con esto reproceso.

1.4. Proceso Productivo

El proceso de producción para la fabricación de tableros eléctricos de un medidor dos puertas es el que se describe a continuación:

Figura 11. Proceso Productivo



Fuente: El Autor

Diseño y Corte:

En esta etapa mediante el programa AutoCAD se diseña la estructura y la puerta superior del tablero metálico, para luego ser cortadas en la cortadora de plasma CNC.

Figura 12. Estructura del Tablero



Fuente: El Autor

Figura 13. Puerta Superior



Fuente: El Autor

En cuanto a las demás partes que componen el tablero metálico, es decir techo, suelo, puerta inferior, doble fondo superior e inferior, borde superior y divisor del tablero anterior y posterior se los diseña a mano con la ayuda de una escuadra y un gramil, para posteriormente cortar los mismos, dependiendo del corte se utilizarán las siguientes máquinas: guillotina manual, troqueladora de corte esquinero eléctrico, troqueladora de planchas metálicas, troqueladora de pedal manual.

Figura 14. Techo del Tablero



Fuente: El Autor

Figura 15. Suelo del Tablero



Fuente: El Autor

Figura 16. Borde Superior



Fuente: El Autor

Figura 17. Puerta Inferior



Fuente: El Autor

Figura 18. Doble Fondo Inferior



Fuente: El Autor

Figura 19. Doble Fondo Superior



Fuente: El Autor

Figura 20. División



Fuente: El Autor

Pulido y Doblado:

Una vez cortadas la estructura y la puerta superior del tablero metálico en la máquina CNC, se pule todos los bordes con una espátula.

Al igual que en la etapa de cortado según la parte del tablero y el doblado que se requiera dependerá la máquina a emplearse:

- Para la estructura del tablero se utiliza la dobladora hidráulica automática.
- Para la puerta superior se emplea la máquina hidráulica para doblar planchas y la dobladora de muelas manual.
- Para la puerta inferior se emplea la dobladora hidráulica automática y la dobladora de muelas manual.
- Para el techo se emplea la dobladora hidráulica automática y la dobladora de muelas manual.
- Para el suelo se emplea la dobladora hidráulica automática y la dobladora de muelas manual.
- Para el doble fondo superior e inferior se emplea la dobladora hidráulica automática y la dobladora de muelas manual.
- Para el borde superior se emplea la dobladora hidráulica automática.
- Para la división anterior y posterior se emplea la dobladora de muelas manual.

Armado y Soldado:

Luego de doblar todas las partes que conforman el tablero metálico, se procede a soldarlas; para esto primeramente en la puerta superior se realizan puntos de suelda en las esquinas de la misma, y posteriormente se suelda los soportes donde se ubica el vidrio.

A continuación se suelda a la estructura los doble fondos superior e inferior, el suelo y la división posterior; una vez que están soldadas todas las partes antes mencionadas se procede a soldar las divisiones anteriores a cada uno de estos tableros semiarmados, para posteriormente soldar a cada uno de estos el techo, finalmente se colocan la bisagras de la puerta superior e inferior, el tornillo y los seguros para colocar el candado.

Figura 21. Tablero metálico armado



Fuente: El Autor

Pulido:

En esta etapa se pulen todas las asperezas, que dejan los puntos de suelda, con la amoladora, posteriormente se limpia todo el tablero con un guaipe para eliminar residuos de suelda.

Decapado:

Para llevar a cabo esta etapa se ubican todos los 30 tableros metálicos en la canasta de la grúa, con la finalidad de sumergir estos en los diferentes tanques.

Se sumerge el canasto con los 30 tableros metálicos en el primer tanque, el cual contiene un líquido químico denominado “Bonderite”, aquí se deja a los tableros durante 1 día, esto permite el desengrase de los tableros.

Luego de esto sumergimos el canasto durante 5 minutos en el segundo tanque el cual contiene “agua”.

A continuación se sumergen los tableros, en el tercer tanque, el cual contiene un químico denominado “parco 317”, durante 1 hora, esto ayuda a eliminar el óxido del metal.

Por último los tableros son sumergidos en el cuarto tanque el cual contiene un químico denominado “sellante”, durante 15 min.

Una vez que los tableros metálicos hayan sido sumergidos en los 4 tanques en el proceso de decapado, se seca cada uno de estos con la ayuda de aire comprimido y de ser necesario con papel periódico.

Figura 22. Decapado



Fuente: El Autor

Pintado:

En esta etapa se ubican los tableros metálicos en una cámara de pintura en polvo (de dos en dos), se los cuelga mediante un gancho y con una pistola para pintura electrostática se esparce la misma en los tableros metálicos de manera uniforme, finalmente se ubican estos en el interior del horno.

Figura 23. Pintado



Fuente: El Autor

Secado:

Una vez que los tableros metálicos están ubicados en el interior del horno, se los deja aquí durante 1 hora a 180 grados centígrados, transcurrida la hora se apaga el horno y se deja a los tableros dentro de este por 30 minutos, posteriormente se abre las puertas del horno y se mantienen ahí los tableros por otros 30 minutos.

Figura 24. Horneado



Fuente: El Autor

Acabados Finales:

Finalmente en esta etapa se coloca el vidrio en la puerta superior, el rudon de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores, el capuchón en el agujero por donde ingresa el cable de tensión y por último en el doble fondo inferior se coloca el riel y la barra de cobre para neutro.

Figura 25. Tablero metálico



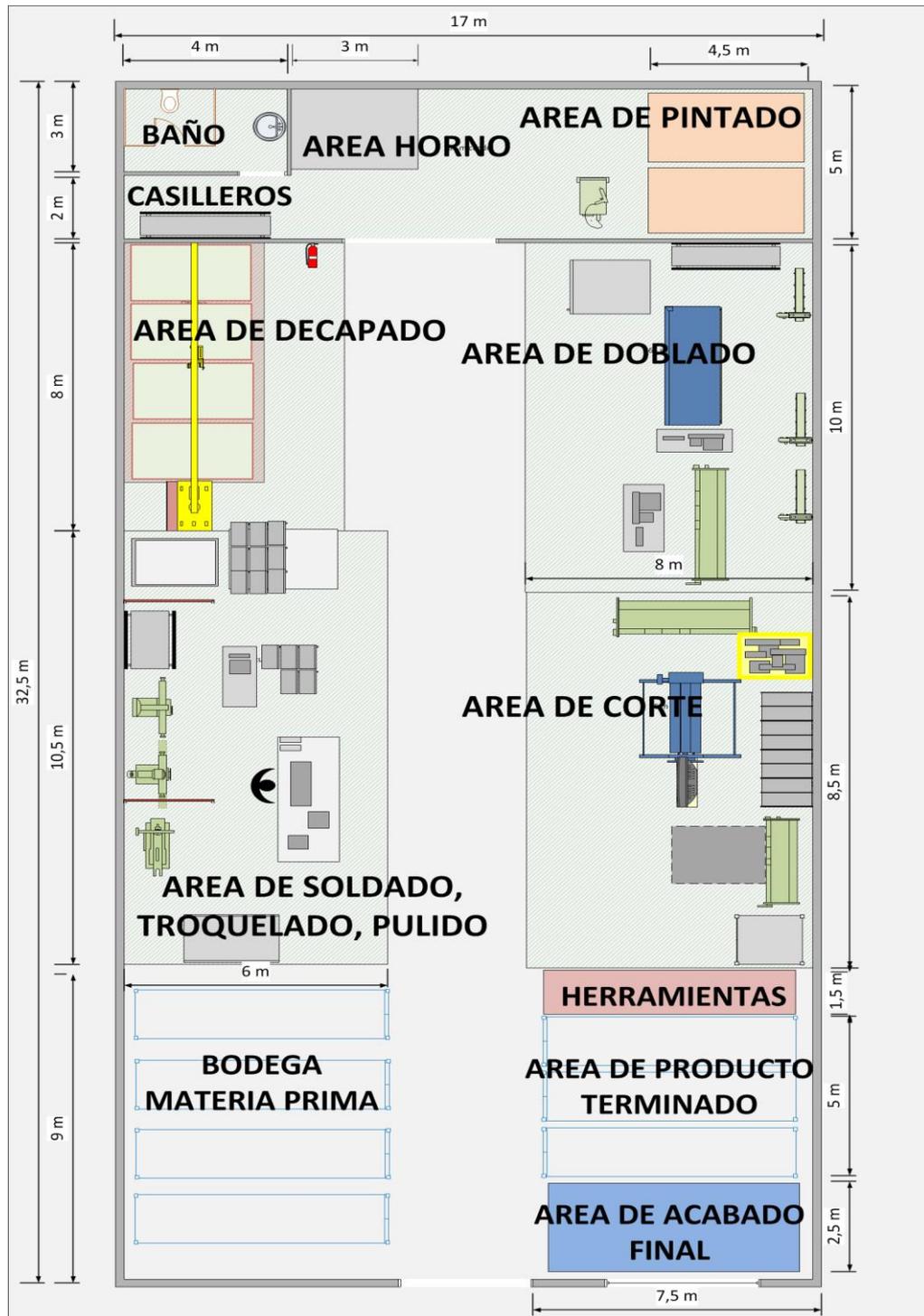
Fuente: El Autor

1.4.1. Lay-Out de EC-BOX

En la figura que se muestra a continuación se refleja la distribución de las áreas en el Taller.

LAY-OUT

Figura 26. Lay-out del Taller



Fuente: El Autor

Como se pudo analizar el proceso de producción al cual está enfocado el presente trabajo, no se encuentra monitoreado, es decir no se lleva un control de los desperfectos o fallas que ocurren en el proceso, menos aún se determina la causa y los efectos que estos producen, por lo tanto no se plantean acciones de mejora para prevenir o evitar estas fallas, esto genera una planta escondida, es decir reproceso, e incremento de recursos utilizados.

Con el fin de asegurar la calidad de los productos ofertados, y ya que el producto con mayor demanda son los tableros eléctricos de un medidor dos puertas, se propone implementar una herramienta de mejora continua en el proceso de producción de estos tableros, la cual se detallará en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

El capítulo a continuación describe el marco teórico necesario para llevar a cabo el presente estudio de grado, el método principal para el levantamiento de esta información fue la consulta documental.

2.1. Calidad

2.1.1. ¿Qué es Calidad?

Calidad es el conjunto de cualidades o características con las que cuenta un producto, dichas cualidades son las propiedades, atributos y funciones que se le da al mismo para lograr la satisfacción del cliente, logrando con esto cumplir y superar sus expectativas. (Heizer y Render, 2007).

En otras palabras, es ofrecer al cliente lo que quiere, cuando lo necesite y a un precio justo, buscando a través de esto fidelizarlo, en definitiva la calidad no hace únicamente referencia a las características con las que cuenta el producto si no también la forma en la que se logra satisfacer los requerimientos, es decir rapidez, entrega, etc.

Una visión actual del concepto de calidad indica que calidad es entregar al cliente no lo que quiere, sino lo que nunca se había imaginado que quería y que una vez que lo obtenga, se dé cuenta que era lo que siempre había querido. (Tamariz, 2013).

Para lograr lo expuesto anteriormente es necesario contar con procesos productivos eficientes, dinámicos y ágiles, lo cual se obtiene a través del control y el monitoreo de los mismos, permitiendo asegurar la calidad del producto y mantener costos competitivos en el mercado.

En resumen fabricar productos de calidad trae como consecuencia para la organización un incremento en la productividad, disminución en los costos de

producción, posicionamiento en el mercado y un incremento en las ventas y en la satisfacción del cliente.

Figura 27. Calidad



Fuete: El Autor

2.1.2. Evolución de la calidad

A lo largo de la historia el concepto de calidad ha sufrido numerosas variantes, la evolución del mismo se debe gracias a las ideas de los grandes de la calidad como: Crosby, Deming, Juran, Ishikawa, etc.

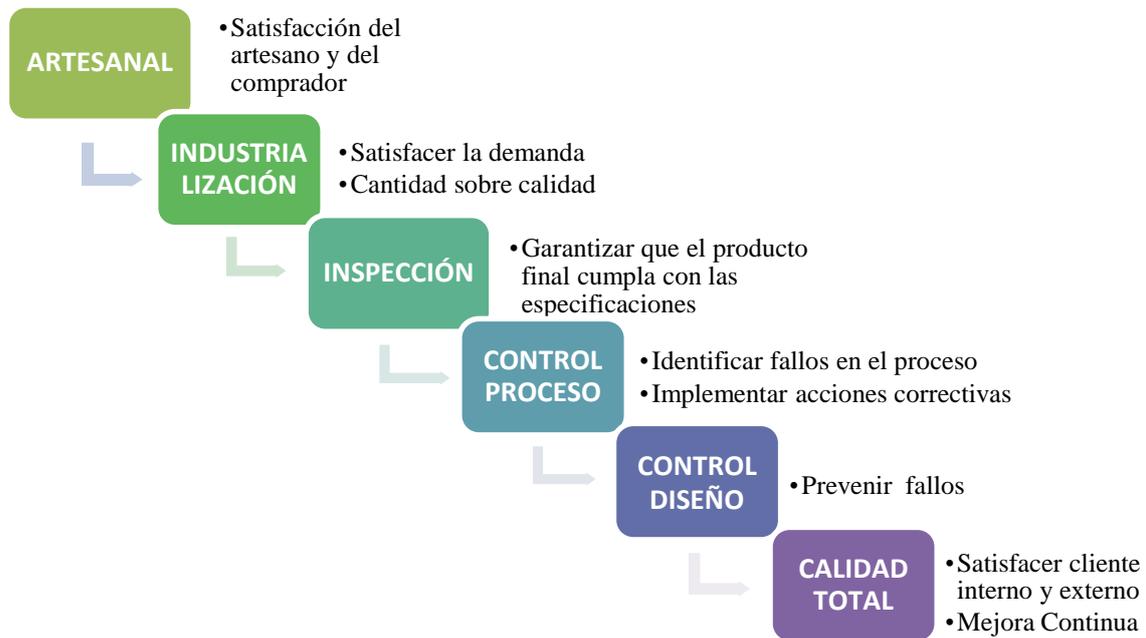
Basándose en la información contenida en los artículos de los autores (Menéndez Rico, 2010) y (Romero y Sandor, 2007) se estructuran las siguientes seis etapas de la evolución de la calidad:

- **Etapas Artesanal:**
En esta etapa para los artesanos el concepto de calidad era hacer las cosas bien sin importar el costo y recursos utilizados, principalmente lo que se buscaba era su satisfacción y la de sus clientes.
- **Etapas de la Industrialización:**
En esta etapa se identificó claramente el cambio del trabajo manual al trabajo mecanizado, en donde principalmente se antepone la cantidad a la calidad del trabajo, cuya finalidad era satisfacer la demanda requerida, teniendo como enfoque la cantidad y el tiempo.

- **Etapa de Inspección:**
El incremento de la producción en cadena conlleva a un efecto secundario indeseado, es decir el aumento de productos defectuosos; en esta etapa el cliente empieza a exigir calidad, por lo que se implementa la inspección final, se establece un control a la final de la línea de producción, el cual verifica la conformidad del producto, de no satisfacer dicha especificación se lo da como perdida o se lo reprocesa, ocasionando incrementos en el costo y tiempos de entrega.
- **Etapa de Control en el Proceso:**
En esta etapa se colocan los puntos de inspección a lo largo del proceso, con la finalidad de identificar como y cuando se produce el fallo, el objetivo en esta etapa no solo es evitar la llegada de productos defectuosos al cliente sino de plantear acciones preventivas que impidan que se produzca dichos fallos, logrando de esta manera la disminución de costos en el proceso y cumplir con los tiempos de entrega establecidos.
- **Etapa de Control en Diseño:**
El objetivo principal de esta etapa es entregar al cliente un producto fiable, es decir que tenga una vida útil garantizada, para esto ya no solo se debe enfocar en el control del proceso, sino la calidad comienza a programarse desde el diseño del mismo. En esta etapa toda la organización directa o indirectamente comienza a involucrarse con la calidad del producto.
- **Etapa de Calidad Total:**
Actualmente para poder ser competitivos en el mercado y tener una ventaja en este aspecto, es necesario llegar a la excelencia o calidad total, lo cual se puede lograr a través de la mejora continua, dando como resultado la satisfacción del cliente y su fidelización.

Los principales cambios sufridos por este concepto se resumen en la siguiente figura.

Figura 28. Evolución de la Calidad



Fuente: El Autor

La evolución del concepto de calidad descrita anteriormente ayuda a comprender el origen e importancia de contar con un Sistema de Gestión de Calidad que garantice la misma en el portafolio de productos y servicios ofertados, logrando un posicionamiento de marca.

La calidad hoy en día se ha convertido en un objetivo estratégico de las organizaciones, en donde se ve involucrada toda la organización para la consecución de dicho objetivo.

Según Eduardo Deming, la administración de la calidad total requiere de un proceso constante, llamado Mejoramiento Continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca.

2.1.3. Mejoramiento Continuo

El concepto de mejora continua establece claramente que nada puede ser considerado como algo definitivo, es decir, nada está mejorado o terminado en forma absoluta,

siempre estamos en un proceso de desarrollo y con posibilidades de mejorar. (Morales Aguilar, 2010).

El mundo en el cual nos desenvolvemos no se mantiene estático, sino al contrario se encuentra en un proceso dinámico y es cada vez más competitivo, es por esto que las empresas necesitan urgentemente evolucionar y el mejoramiento continuo consigue esto, ya que la aplicación del mismo permite la renovación, el progreso, el desarrollo y a la posibilidad de reaccionar inmediatamente ante las situaciones cambiantes del entorno en el cual se desenvuelve la organización, logrando así una ventaja competitiva sostenible en el tiempo.

Las organizaciones que se resisten a evolucionar y a adaptarse al ambiente extremadamente cambiante que existe hoy en día, no consiguen mantenerse en el mercado, menos aún sostener el éxito esperado, ya que las cosas que funcionan en la actualidad no seguirán teniendo valor y otorgando éxito en el futuro.

Un ejemplo claro de lo expuesto en el párrafo anterior es lo sucedido con los relojes suizos en 1986; Suiza era la capital mundial de los relojes, mas sus paradigmas no los dejaban ver más allá de los relojes de engranaje, cuando un mismo suizo presentó a los relojeros un proyecto de un reloj que no funcionaba por medio de engranajes, sino un reloj de cuarzo, estos no le dieron apertura y lo rechazaron, más tarde los japoneses patentaron la idea y resultó todo un éxito, impidiendo a los suizos lograr un éxito más en el mercado de los relojes.

Esta técnica gerencial de mejora continua permite identificar las debilidades organizacionales y convertirlas en oportunidades de mejora, además de arraigar las fortalezas con las que se cuenta, el mejoramiento continuo ayuda a la organización a ser más productiva y competitiva en el mercado; como resultado de la aplicación de dicha técnica hace crecer a las organizaciones dentro del mercado hasta llegar a ser líderes del mismo.

Como ejemplo de los resultados que se alcanzan con la aplicación del mejoramiento continuo tenemos a Toyota, empresa líder en la industria automotriz, la cual con su

modelo de calidad basado en la mejora continua, se ha convertido en una guía de éxito a seguir por parte de todos los sectores económicos.

Dicho modelo contempla un gran número de herramientas que se pueden considerar dependiendo de los objetivos que se desean alcanzar, las cuales se describen a continuación.

2.1.4. Herramientas de Mejora Continua

Las herramientas de mejora continua permiten identificar los puntos débiles de los procesos, productos o servicios con la finalidad de trabajar en estos, de igual manera, algunas de estas señalan en donde se deben centrar los esfuerzos para obtener los mayores beneficios.

En la siguiente tabla se describen las prácticas administrativas usadas para el mejoramiento continuo y control de la calidad, o como el autor japonés Imai Masaaki lo denomina “El paraguas Kaizen”.

Tabla 1. Prácticas Administrativas Kaizen

Instrumentos/Métodos/ Herramientas de Mejora Continua	Descripción
Orientación al Cliente	Está basada en dos elementos: Tener empleados competentes y satisfechos y mecanismos de evaluación de resultados basados en las opiniones de los clientes.
Control de Calidad Total	Método estadístico y sistemático, centrado en el mejoramiento del desempeño de la organización en todos sus niveles.
Círculos de Control de Calidad	Grupo de empleados capacitados para identificar, seleccionar y analizar problemas que se presenten, para luego proponer acciones de mejora.
Sistema de Sugerencias	Mediante esta herramienta se busca incentivar la participación de los empleados con la aportación de ideas de mejora.

Jidoka	Se basa en dos conceptos: La automatización, es decir sustituir tareas manuales por mecanizadas y control automático de defectos por parte de la máquina (autocontrol).
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Sistema que busca un sistema eficiente de mantenimiento productivo con la intervención del todo el personal, con el fin de mejorar la eficiencia continuamente.
SMED	Sistema mediante el cual se busca acortar tiempos de preparación de máquinas, permitiendo obtener lotes más pequeños.
Kanban	Esta herramienta permite un intercambio armónico de la información dentro y fuera de la organización, con el fin de evitar fallos producidos por falta de la misma.
Just in Time	Eliminación de actividades que no agregan valor, logrando un sistema más ágil y flexible.
5s	Esta herramienta busca mantener el área de trabajo limpia, organizada y segura, con el fin de incrementar la productividad y mejorar el entorno laboral.
Seis Sigma	Técnica destinada a monitorear los defectos y mejorar la calidad.
Poka Yoke	Técnica de calidad cuya aplicación tiene la finalidad de prevenir o evitar errores en la operación de un sistema
Andon	Sistema visual que muestra los problemas en el proceso, mediante luces y sonidos activados por el trabajador.
Actividades de grupos pequeños	Una estrategia de la mejora continua es formar grupos pequeños organizados para tratar temas referentes a la calidad, costos, productividad, etc., con el fin de mejorar los parámetros de la empresa.
Despliegue de la función de calidad QFD	Método enfocado a desarrollar el diseño del producto basándose en la voz del cliente. Este método permite convertir los requerimientos de cliente en características del producto.
Ciclo PDCA	Es un ciclo de mejora continua que, lo componen 4 etapas cíclicas "planificar", "hacer", "verificar" y "actuar".
Control estadístico de procesos	Herramienta estadística que identifica las causas especiales que ocasionan variaciones en los procesos, proporcionando así información para tomar decisiones.

AMFE	Herramienta de calidad orientada a la identificación y prevención de los modos de fallo.
-------------	--

Fuente: El Autor

A continuación se detallan las prácticas de mejora continua mayormente aplicadas:

- **SMED (Single Minute Exchange of Die).**- Esta herramienta hace referencia al tiempo que se emplea en realizar cambios a cualquier tipo de máquina para pasar de la fabricación de un producto a otro, en donde la teoría expone que dicho cambio no debería durar más de los nueve minutos, sin embargo si no se puede alcanzar este tiempo de cambio tan corto la finalidad de la aplicación de esta herramienta es una disminución de tiempo significativo.

Para conseguir lo antes mencionado la técnica SMEED cumple con las 5 siguiente fases: observar, identificar y separar, convertir, refinar, estandarizar.

- **Just in time.**- Esta herramienta se traduce en un sistema orientado a producir únicamente lo que se requiere cuando se lo necesita, optimizando los recursos con los que cuenta el sistema, sin dejar de lado la calidad del producto.

La finalidad que persigue la aplicación de esta herramienta es conseguir un sistema flexible, productos de calidad y disminución de costos.

- **Kanban.**- Esta herramienta permite un intercambio armónico de información en una línea de producción, en una empresa o entre proveedor y cliente. El objetivo principal del Kanban es evitar fallos producidos por falta de información, simplificando y agilizando la misma.

Esta herramienta está enfocada principalmente a ámbitos de la producción y la logística, creando un sistema de producción más eficiente.

Un ejemplo típico de esta herramienta son las etiquetas colocadas a los productos en proceso indicando las características de los mismos y a donde tienen que ser dirigidos.

- **5`s.-** Esta herramienta tiene como objetivo mantener el área de trabajo limpia, organizada y segura de forma permanente, mediante la disciplina de quienes laboran en dicha área, con la finalidad de incrementar la productividad y mejorar el entorno laboral.

Esta herramienta se basa en los siguientes 5 conceptos:

- Clasificar: Mantener solamente lo necesario en el puesto de trabajo.
 - Ordenar: Identificar y ordenar los elementos definidos en la etapa anterior, de tal manera que sean de fácil acceso y uso.
 - Limpiar: Mantener limpia el área de trabajo para llegar a un mayor desempeño laboral.
 - Estandarizar: Crear condiciones que permitan mantener las 3`s anteriores en el área de trabajo.
 - Disciplina: Sostener los estándares establecidos anteriormente, con el objetivo de que el sistema se mantenga y no regrese a como estaba antes de la aplicación de la herramienta.
- **Jidoka.-** Esta herramienta establece la idea de que cada proceso tenga su propio autocontrol de calidad, el cual no solo corrige la irregularidad detectada sino que determina la causa de esta y la soluciona, evitando que la misma vuelva a ocurrir.

Dicha herramienta se basa principalmente en cuatro pasos: localiza el problema, demora la producción, corrige el problema e investiga las causas.

Es decir una vez localizado el problema en el proceso se logra identificar el foco del mismo, en el cual se deben implementar mecanismos de alerta para al momento de que estas se activen, parar la producción oportunamente y corregir el problema.

- **AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos).**- Esta herramienta está orientada a la identificación y prevención de los modos de fallo tanto de un producto como de un proceso, estableciendo un orden prioritario para plantear e implementar las acciones correctivas correspondientes.

Con la implementación del AMFE, se busca tener un mayor control sobre los procesos, cuyo objetivo es el de incrementar la productividad de la empresa y asegurar la calidad del producto y proceso, esto gracias a que esta herramienta permite la identificación y eliminación temprana de los modos de fallo en el proceso, la reducción del tiempo y costo en el desarrollo del producto, y la eliminación de reproceso; logrando con esto ser competitivos en el mercado y la satisfacción del cliente.

Por lo descrito en el párrafo anterior se considera importante la aplicación de esta herramienta de calidad en el proceso descrito en el capítulo 1, a continuación se describirá más a detalle sobre dicha herramienta.

2.2. AMFE

2.2.1. Introducción al AMFE

Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), es una herramienta orientada a asegurar la calidad de un producto o proceso mediante un análisis metódico, el cual consiste en identificar los modos de fallo antes de que estos ocurran, con el principal propósito de prevenir y eliminar los mismos, o en su defecto minimizar el riesgo ligado a estos.

Esta herramienta permite determinar las causas y efectos que producen dichos modos de fallo, además de evaluar su gravedad, ocurrencia y detección, estableciendo un índice de prioridad de riesgo, cuyo objetivo es priorizar las causas más relevantes sobre las cuales habrá que determinar e implementar las acciones correctoras necesarias.

Entre las principales características de esta herramienta de calidad, AMFE, se destacan las siguientes (Hidalgo Córdova, 2009):

- Es una de las técnicas más avanzadas de prevención;
- Es posible aplicarla en distintos ámbitos de las empresas;
- El enfoque estructurado del AMFE prácticamente considera todas las posibilidades de fallo; y,
- Permite identificar, priorizar y actuar sobre las causas del producto o servicio que producen el fallo en su etapa de diseño o de proceso.

Por lo tanto, el AMFE es considerado como una herramienta analítica que detecte y elimine problemas de forma sistemática y total. (Martínez, 2009).

2.2.2. Historia del AMFE

La herramienta de calidad AMFE fue introducida formalmente a finales de los años cuarenta, desarrollada en el ejercido de los Estados Unidos por los ingenieros de la NASA el 9 de noviembre de 1949, conocida dicha herramienta como el procedimiento militar MIL-P-1629, esta era utilizada para analizar la confiabilidad y determinar los efectos de las deficiencias existentes en los equipos y sistemas.

Posteriormente en 1988 la Organización Internacional para la Estandarización, estableció la serie de normas ISO para el aseguramiento de la calidad, debido a esto muchas organizaciones desarrollaron sistemas de gestión de calidad, entre estas en la industria automotriz nació el QS 9000, el cual fue ideado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation, dando mayor empuje a la utilización del AMFE de diseño y de proceso.

En 1933 el grupo de Acción Automotriz Industrial y la Sociedad Americana para el Control de Calidad establecieron las normas AMFE en la industria automotriz, las cuales son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices. (Quero Castro, 2005).

En un inicio el AMFE fue implementado para encontrar fallas de seguridad, posteriormente fue considerada como una herramienta de calidad ya que previene los problemas que puedan presentarse en el diseño del producto o en un proceso productivo. Hoy en día el AMFE es implementado en las organizaciones como una herramienta de mejora continua.

2.2.3. Tipos de AMFE

Se pueden distinguir principalmente dos tipos de AMFE: AMFE de Diseño y AMFE de Proceso

Figura 29. Tipos de AMFE



Fuente: El Autor

Por ejemplo en la industria Automotriz se emplean los dos tipos, el AMFE de Diseño se encuentra direccionado al producto, es decir al diseño del Automóvil y sus componentes, mientras que el AMFE de Procesos está enfocado al proceso de fabricación, es decir a los medios de producción que se utilizan. (Hodago, 2011).

2.2.3.1. AMFE de Diseño

El AMFE de Diseño está enfocado al análisis del diseño de los productos, con la finalidad de predecir y prevenir los problemas y necesidades de los mismos.

Este tipo de AMFE consiste en asegurar la calidad del diseño del producto y todo lo relacionado con su definición, es decir su análisis comprende la elección de los materiales, dimensiones, su configuración física, etc., busca y estudia los posibles problemas de realización con el fin de evitarlos.

El AMFE de Diseño es el paso previo al AMFE de Proceso, ya que tiende a mejorar el diseño del producto antes de que este entre a producción, con el objetivo de evitar fallos en esta etapa.

2.2.3.2. AMFE de Proceso:

El AMFE de Proceso consiste en el análisis sistémico de los fallos que ocurren o pueden ocurrir en el proceso de fabricación, con el objetivo de afianzar la calidad de este y la fiabilidad de las funciones del producto.

Por tanto este tipo de AMFE estudia los modos de fallo que se pueden dar en las diferentes etapas y con los distintos elementos que componen el proceso productivo y como estos influyen en los productos finales.

Por lo expuesto anteriormente y en vista que lo que se quiere lograr con el presente trabajo de grado es asegurar la eficiencia y calidad del proceso de fabricación del producto que presenta mayor demanda para la empresa EC-BOX, el tipo de AMFE a ser aplicado será el de Proceso.

2.2.4. Objetivos del AMFE

El principal objetivo del AMFE es asegurar la calidad del producto para así lograr la satisfacción plena del cliente.

Basándose en la información proporcionada por el autor (Llorente, 2011), a continuación se identifican los demás objetivos que persigue esta herramienta, entre los cuales tenemos los siguientes:

- Identificar y evaluar los posibles modos de fallo y las causas asociadas a estos, tanto en el diseño del producto como en el proceso de fabricación.
- Determinar los efectos que producen los fallos identificados, en el desempeño del sistema.

- Priorizar los modos de fallo, de manera de determinar cuáles son los más representativos.
- Establecer oportunamente acciones preventivas y correctivas para prevenir o evitar los fallos identificados.
- Evaluar y determinar la eficacia de las acciones acogidas.
- Crear una cultura de prevención en la organización.

Para alcanzar los objetivos antes planteados con la implementación de la herramienta AMFE se requiere del compromiso del equipo de trabajo y disciplina.

2.2.5. Ventajas y Limitaciones del AMFE

La aplicación de la herramienta de calidad AMFE trae consigo ventajas o beneficios a corto y largo plazo. A corto plazo se puede identificar la disminución o eliminación de tiempos muertos y de reprocesos, ocasionando con esto un ahorro en los costos de producción; a largo plazo entre las ventajas a obtenerse tenemos la satisfacción del cliente, incremento en ventas y creación de una buena imagen institucional.

A continuación se definen las ventajas y limitaciones del AMFE, las cuales están basadas en la información presentada por los autores (Llorente, 2011) y (Martínez Lugo, 2004).

Entre las principales ventajas obtenidas de la aplicación de esta herramienta tenemos las siguientes:

- Mejora la calidad y confiabilidad del producto y proceso.
- Maximiza la satisfacción del cliente.
- Incrementa la competitividad y rentabilidad de la organización.

- Elimina o previene los modos de fallo tanto en la etapa del diseño del producto como en la de producción del mismo.
- Disminuye costos y tiempos en el desarrollo del producto.
- Disminuye costos de reclamos y devolución de los productos.
- Elimina plantas escondidas, es decir los desperdicios de recursos y las tareas de retrabajos y reinspecciones que se dan debido a los fallos producidos en el proceso productivo.
- Documenta el análisis realizado a través de un formato amigable y concreto, consiguiendo con esto dar seguimiento al avance de las acciones tomadas.

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) presenta ciertas limitaciones o desventajas entre las cuales tenemos las siguientes:

- Requerimientos de capacitación al personal para la correcta aplicación de la herramienta de calidad AMFE.
- Impacto negativo en el personal debido al cambio generado por las acciones implementadas en el proceso de producción
- Requerimientos de capital para implantar las acciones de mejora
- Incumplimiento de las fechas de cierre de las acciones de mejora acogidas.

El AMFE debe ser considerado en la organización como una herramienta de mejora continua, de la cual no se podrán obtener todos sus beneficios si la alta gerencia no se compromete a apoyar la aplicación de la misma y si esta no es bien difundida a todo el equipo de trabajo.

2.2.6. Descripción de la Metodología para el desarrollo del AMFE

Basándose en la información proporcionada en el artículo del autor (Hervás Lázaro, 2008), se estructuran las 10 fases siguientes que definen la metodología utilizada para el desarrollo de la herramienta de calidad AMFE:

Figura 30. Metodología AMFE



Fuente: El Autor

1. Formación del equipo

El equipo de trabajo a formar para llevar a cabo la aplicación del AMFE deberá ser un equipo multidisciplinario, es decir que sus conocimientos y experiencias sobre el objeto de la aplicación del AMFE se complementen, con la finalidad de tener una visión amplia del proceso y/o producto; además de poseer conocimientos básicos sobre calidad, mejora continua y técnicas de análisis y solución de problemas.

Los integrantes del equipo multidisciplinario deberán tener clara la metodología a aplicar y que es lo que se quiere conseguir con esta, es decir sus objetivos y para asegurar el cumplimiento de estos se deberá asignar roles a cada miembro del equipo.

2. Definir el Producto o Proceso

En esta fase se deberá determinar de forma precisa el producto o proceso que se va a estudiar, definiendo claramente el alcance que tendrá la aplicación del AMFE. Se recomienda que el objeto de estudio no sea demasiado amplio o en su defecto se sugiere la subdivisión en varios AMFE.

Esta fase requiere que todos los integrantes del equipo tengan un conocimiento básico del objeto de estudio, para esto es conveniente disponer de diagramas de flujo, manuales de procedimiento, etc., en caso de aplicarse un AMFE de proceso y de especificaciones del producto, lista de materiales, etc., en caso de tratarse de un AMFE de Diseño.

3. Determinar funciones del producto o proceso

En esta tercera fase es importante un conocimiento completo sobre las funciones que debe cumplir el objeto de estudio, es decir para que esta destinado, con el fin de poder identificar sus modos de fallo y sus modos de fallo potenciales.

4. Listar los modos de fallo

Se entiende como fallo cuando el desempeño de un producto o proceso no se lleva a cabo satisfactoriamente y se define como modo de fallo a la forma en que se produce el fallo.

La fase 4 requiere que para cada operación/actividad o función del producto o proceso se identifique cada uno de los posibles modos de fallo, para ello se utilizará toda la información útil disponible, como: los reclamos de clientes internos y externos, tormenta de ideas de los expertos, etc.

5. Definir los Efectos de Fallo

Se entiende como efecto de fallo a los resultados no deseados que los modos de fallo producen en el proceso o producto para los usuarios.

Para cada modo de fallo identificado en la fase anterior, se deben definir todas las posibles consecuencias perceptibles tanto para los clientes internos como para los externos, teniendo en cuenta que por cada modo de fallo puede aparecer más de un efecto de fallo.

6. Describir las Causas de Fallo

Se define como causa de fallo a todas las razones asignables para que se produzcan los modos de fallo.

Es esta fase se deberá identificar todas las causas que ocasionan cada modo de fallo establecido anteriormente, teniendo en cuenta que es indispensable llegar a la causa raíz, es decir el motivo principal que origina el fallo, con la finalidad de que esta pueda ser eliminada o contralada y así evitar los modos de fallo.

Las herramientas más utilizadas para llegar a la casusa raíz son los diagramas de espina de pescado o causa efecto, los cuales representan gráficamente la relación entre un efecto y todos los factores que lo originan, es decir sus causas y, los diagramas de Pareto, los cuales permiten identificar la causas más relevantes de un problema, mediante la aplicación del principio de Pareto “pocos vitales, muchos triviales”, es decir que el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de sus causas.

7. Listar los controles actuales

Identificar los diferentes controles existentes, empleados para impedir o detectar los modos de fallo que puedan presentarse, estos controles pueden ser puntos de inspección, control estadístico de procesos, etc.

8. Calcular el Índice de Prioridad de Riesgo

El índice de Prioridad de Riesgo (IPR) permite evaluar cada uno de los efectos de fallo con el fin de priorizar las causas de fallo sobre las cuales habrá que aplicar acciones correctivas, en otras palabras el IPR permitirá priorizar los esfuerzos con los cuales se obtendrán los mayores resultados.

Para el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo se deberá de considerar la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo, su índice de severidad y su índice de detección; con el producto de estos tres parámetros obtenemos el IPR.

Índice de Ocurrencia

Se define como índice de ocurrencia a la probabilidad de que se produzca el modo fallo, este parámetro se mide en una escala del uno al diez, en donde uno representa una probabilidad de ocurrencia casi nula y diez representa una probabilidad muy alta. A continuación en la tabla 2 se muestran los valores guía de este índice.

Tabla 2. Índice de Ocurrencia

CRITERIO	CALIFICACIÓN	PROBABILIDAD
Remota.- Es muy improbable que suceda este fallo. Nunca ha ocurrido con anterioridad en procesos idénticos.	1	<1/1.500.000
Muy Baja.- Sólo algunos fallos puntuales han sido verificados en procesos idénticos.	2	<1/150.000
Baja.- Fallos puntuales asociados a procesos idénticos.	3	1/15.000
Moderada.- Algunos procesos similares han experimentado fallos esporádicos pero no en grandes proporciones.	4	1/2.000
	5	1/400
	6	1/80
Alta.- Proceso similares han tenido este fallo con bastante regularidad.	7	1/20
	8	¼
Muy Alta.- Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada.	9	1/3
	10	½

Fuente: (Tamariz, 2012)

Índice de Severidad

Se define como índice de severidad al parámetro que evalúa la gravedad del efecto de fallo para el cliente, el cual se mide en una escala del uno al diez, en donde uno representa índice de severidad nulo y diez un índice de severidad extremo. A continuación en la tabla 3 se muestran los valores guía de este índice.

Tabla 3. Índice de Severidad

EFEECTO	EFEECTO EN EL CLIENTE	CALIFICACIÓN
Ninguno	Sin efecto perceptible.	1
Muy Menor	No se cumple con todas las expectativas del cliente, en un 25%	2
Menor	No se cumple con todas las expectativas del cliente, en un 50%.	3
Muy Bajo	No se cumple con todas las expectativas del cliente, en un 75%.	4
Bajo	Se puede brindar el servicio pero de una manera que el cliente no se sienta totalmente satisfecho	5
Moderado	Se puede brindar el servicio pero con un nivel de desempeño medio, cliente insatisfecho	6
Alto	Se puede brindar el servicio pero con un reducido nivel de desempeño, cliente muy insatisfecho	7
Muy Alto	No se puede brindar el servicio, pérdida de la función primaria	8
Peligroso con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta el brindar un servicio seguro y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso.	9
Peligroso sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta el brindar un servicio seguro y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso.	10

Fuente: (Tamariz, 2013)

Índice de Detección

Se define como índice de detección al parámetro que evalúa la probabilidad de que el modo de fallo sea detectado antes de llegar al cliente, el cual se mide en una escala del uno al diez, en forma inversa que los anteriores parámetros, en donde uno es para cuando los sistemas de detección son muy altos y diez para cuando el sistema de detección es nulo o no existe. A continuación en la tabla 4 se muestran los valores guía de este índice.

Tabla 4. Índice de Detección

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Muy alta. - Probabilidad remota de que el producto sea liberado con el defecto. El defecto es una característica funcionalmente obvia y detectada inmediatamente por el operador. La fiabilidad de la detección es, como mínimo del 99.99%	1 – 2
Alta. - Los controles actuales tienen una gran probabilidad de detectar este fallo antes de que llegue al cliente. El defecto es una característica fácilmente detectable porque se observa sin manipular demasiado el producto. La fiabilidad de la detección es como mínimo del 99.8%	3 – 4
Moderada. - El programa de controles puede detectar el defecto, aunque no es detectable a simple vista. Fiabilidad mínima del 98%	5 – 6
Baja. - Es posible que algunos defectos de este tipo no sean detectados. La fiabilidad en la detección es del 90%	7 – 8
Muy baja. - Los controles actuales son claramente ineficaces para detectar una parte significativa de los defectos. Se detectarían bastantes, pero muchos otros acabarían siendo enviados al cliente.	9
Nula. - Si el defecto se produce no será detectado y acabará en manos del cliente con toda certeza	10

Fuente: (Tamariz, 2012)

9. Definir e implementar acciones correctivas

En esta fase se deberán definir las acciones correctivas sobre las causas de fallo, con el fin de prevenir o eliminar los modos de fallo identificados, la propuesta de dichas acciones se la deberá realizar en base a los resultados del IPR obtenidos, es decir se deberá dar prioridad a las que tengan los índices de Prioridad de Riesgo más altos.

Una vez definidas las acciones correctivas se deberá fijar las fechas de implementación de las mismas así como sus responsables, quienes serán los encargados de llevarlas a cabo.

10. Revisar y seguir la situación de mejora

Se deberán evaluar los resultados que se obtuvieron de las acciones acogidas e implementadas y se recalculará el Índice de Prioridad de Riesgo, si los nuevos NPR cumplen con los objetivos establecidos se podrá dar por terminado el AMFE.

2.2.7. Descripción de la Matriz AMFE

Para la aplicación, análisis y documentación de la herramienta de calidad AMFE se emplea la Matriz AMFE la cual se muestra y se describe a continuación.

Tabla 5. Matriz de la Herramienta

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)													Código: 1		
AMFE de diseño ---- 6		AMFE de proceso ----			Nombre del Proceso/componente: 7		Código del Proceso/Componente: 8					Revisión: 2			
NOMBRE Y DEPARTAMENTO DE LOS PARTICIPANTES 9				Coordenador: 10							Página: ---de--- 3				
											Fecha de Inicio: 4				
											Fecha Revisión: 5				
Operación/Función 11	Fallo N°	Fallos Potenciales			Estado actual				Acción Correctiva 20	Responsable 21	Plazo a partir de hoy 22	Situación de mejora 23			
		Modo de Fallo 12	Efecto 13	Causa del Modo de Fallo 14	Sistemas de Detección 15	O 16	S 17	D 18				IPR 19	Acciones Implantadas	O	S

Fuente: (Tamariz, 2013)

- | | | |
|--|---|--|
| 1. Código del AMFE. | 8. Código del proceso/componente objeto de estudio. | 15. Controles del proceso. |
| 2. Número de Revisión del AMFE. | 9. Nombres del equipo de trabajo. | 16. Índice de Ocurrencia. |
| 3. Número de Páginas del de la Matriz AMFE. | 10. Nombre del Coordinador del AMFE. | 17. Índice de Severidad. |
| 4. Fecha en que inicia el AMFE. | 11. Operación / Función, según el AMFE que se esté aplicando. | 18. Índice de Detección. |
| 5. Fecha de Revisión del AMFE. | 12. Descripción del modo de fallo. | 19. Índice de Prioridad de Riesgo. |
| 6. Tipo de AMFE que se está realizando (diseño o proceso). | 13. Descripción del efecto de fallo. | 20. Acciones correctivas planteadas. |
| 7. Nombre del proceso/componente objeto de estudio. | 14. Descripción de la causa del modo de fallo. | 21. Responsable de implementación. |
| | | 22. Fecha de implementación de las acciones. |
| | | 23. Análisis de la situación de mejora y nuevo cálculo de IPR. |

En el capítulo a continuación se aplicará la herramienta de Análisis Modal de Fallos y Efectos en el proceso de producción de tableros eléctricos de 1 medidor, dos puertas, por lo que la Matriz AMFE a utilizar será la de Proceso.

CAPÍTULO 3

AMFE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE UN MEDIDOR, DOS PUERTAS

En el presente capítulo se aplica la herramienta de calidad AMFE al proceso de producción de tableros eléctricos de un medidor, dos puertas, el cual fue definido anteriormente, los principales métodos utilizados para el desarrollo de este capítulo fueron la observación participante, la entrevista en profundidad y el método heurístico.

Una vez determinado y analizado en los capítulos anteriores el proceso de producción que se requiere mejorar y la herramienta de calidad a ser utilizada, procedemos a la construcción del AMFE en dicho proceso, según la metodología determinada para el desarrollo de esta herramienta.

3.1. Determinación del Equipo de Trabajo.

El equipo de trabajo para el desarrollo de la herramienta AMFE en el proceso de producción de tableros eléctricos de un medidor, dos puertas, está conformado por los siguientes miembros:

- Gerente General: Ing. Fernando Mogrovejo M.
- Jefe de Producción y Mantenimiento: Ing. Diego Mogrovejo M.
- Supervisor de Producción: Patricio León.
- Externo: Alexandra Merchán Ulloa (Coordinadora AMFE).

Cada uno de los miembros seleccionados son esenciales para la aplicación de la herramienta, ya que gracias a los conocimientos que poseen y a las diferentes funciones que desarrollan en el proceso de producción antes mencionado, forman un

equipo multidisciplinario, el cual es indispensable para que el AMFE de los resultados esperados.

Todos estos se complementan para la consecución de los objetivos esperados, ya que sus funciones van desde la dirección y motivación al personal hasta el conocimiento a detalle del proceso, es decir sus puntos fuertes y débiles.

Una vez determinado el equipo de trabajo AMFE y el proceso al cual va a ser aplicado, se busca detectar los modos de fallo existentes en el mismo.

3.2. Identificación de los Modos de Fallo en el Proceso.

Para la identificación de los modos de fallo en el proceso de producción de los tableros eléctricos de un medidor, dos puertas, se realizó un seguimiento in-situ al mismo, es decir se observó y analizó cada etapa de este proceso.

Luego de realizar la observación in-situ, la información es recopilada, teniendo como resultado la tabla a continuación, en la cual se muestra los modos de fallo para cada etapa del proceso:

Tabla 6. Modos de Fallo

OPERACIÓN	MODO DE FALLO
Diseño y Corte	1 Trazo no preciso en el tool.
	2 Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.
	3 El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.
	4 Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.
Pulido y Doblado	5 El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.
	6 Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.
	7 Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual.

	8	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.
	9	Doblado ineficiente en la puerta superior.
Armado y Soldado	10	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.
	11	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.
Pulido	12	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.
Decapado	13	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.
	14	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.
	15	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.
Pintado/Secado	16	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.
Acabado Final	17	Demora, desperdicio y mala colocación del rudón de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores.

Fuente: El Autor

Una vez detectados todos los modos de fallo de cada una de las etapas del proceso en estudio, se procede a analizar esta información, para identificar y determinar los efectos y las causas de fallo.

3.3. Determinación de los Efectos y Causas de Fallo

Para establecer los Efectos y Causas de fallo, se analizó toda la información levantada en el subcapítulo anterior y de igual manera a través de la observación in-situ del proceso y de la entrevista a profundidad se tiene como resultado la siguiente tabla, en donde se muestran los Efectos y Causas de Fallo determinados para cada Modo de Fallo identificado:

Tabla 7. Efectos y Causas de Fallo

OPERACIÓN		MODO DE FALLO	EFEECTO	CAUSA DE FALLO
Diseño y Corte	1	Trazo no preciso en el tool.	Cortes incorrectos del tool.	No se tiene la herramienta a la mano, se usa un clavo.
			Remarcar el trazo del tool.	La herramienta usada, el Gramil, se descalibra.
	2	Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.	Demora en la etapa de Diseño y Corte del tool.	No se tiene definida una metodología o un Manual de Procesos y Procedimientos.
	3	El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.	Reproceso de la operación y desperdicio de recursos.	No se coloca de forma precisa el tool en la troqueladora que realiza el agujero.
	4	Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.	Demora y desperdicio de recursos en esta etapa del proceso.	No se tiene estandarizado el proceso. No se optimiza los recursos disponibles.
Pulido y Doblado	5	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.	No se logra el acabado esperado en la etapa de pulido y doblado, por lo que se tiene que volver hacer esta actividad (reproceso).	No se tiene los recursos disponibles de inmediato, por lo que no se usa la herramienta adecuada para esta actividad.
				No se tiene un espacio físico definido para esta actividad.

	6	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.	Proceso ineficiente en el desarrollo de esta actividad, demora y trabajo operativo innecesario para el desarrollo de la misma.	No se mantiene estandarizada esta actividad.
	7	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual	Tiempos y movimiento innecesarios, baja productividad.	No se utiliza la herramienta adecuada para realizar esta actividad.
				No se utiliza al cien por ciento la dobladora hidráulica automática.
	8	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.	Demora y carga operativa innecesaria en el desarrollo de esta actividad.	El taller no cuenta con procesos definidos ni estandarizados.
				No se brinda una adecuada capacitación inicial a los trabajadores
9	Doblado ineficiente en la puerta superior.	Trabajo operativo innecesario.	Se tiene una máquina hidráulica para doblar planchas, pero la misma contiene una matriz de medida de un tablero anterior la cual ya no se produce.	
Armado y Soldado	10	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.	Reproceso, se tiene que retirar el suelo soldado a la estructura y volverlo a soldar de manera correcta.	El doblado del suelo es único para cada estructura, por lo que cada uno es colocado a presión en la misma, y no es retirado mientras se están soldando el doble fondo superior y la división.
	11	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.	Las pestañas no encajan con los agujeros en las puertas destinadas para estas. Se golpean las mismas	El soldado de las pestañas es "al ojo", no es medido con precisión.

			para que encajen.	
Pulido	12	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.	El acabado del tablero no es el óptimo.	No se tiene un espacio específico definido para esta actividad, además que la postura del trabajador para el desarrollo de la misma no es la adecuada.
			Mala percepción del cliente acerca del producto.	
Decapado	13	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.	La pintura no se adhiere correctamente en los tableros, por lo que con una brocha/pincel y pintura líquida se cogen los fallos.	No se respeta la capacidad máxima de tableros que deben ser cargados en la grúa.
	14	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.		Descuido de los trabajadores, además que la capacitación inicial es deficiente.
	15	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.		La herramienta usada (aire comprimido) para esta actividad no es el más adecuado.
Pintado/Secado	16	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.	Reproceso ya que se cogen los fallos encontrados con una brocha/pincel y pintura líquida.	Los procedimientos anteriores de decapado, secado de los tableros que salen de los tanques de decapado y el pintado no se realizaron correctamente.
			Insatisfacción en el cliente.	
Acabado Final	17	Demora, desperdicio y mala colocación del rudon de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores.	Desperdicio de recursos.	El rudon de caucho usado viene enredado, sucio y de difícil apertura para colocarlo.
			Mala percepción del cliente acerca del producto.	

Fuente: El Autor

Teniendo ya determinados los Efectos y las Causas de los Modos de fallo, se procede a identificar los sistemas de detección de cada modo de fallo identificado.

3.4. Identificación de los sistemas de detección del proceso

Para la identificación de los sistemas de detección del proceso, se realizó un seguimiento al mismo, en donde se pudo determinar la existencia o no de controles actuales para impedir o detectar los modos de fallo, los mismos que son resumidos en la tabla a continuación:

Tabla 8. Sistemas de Detección

OPERACIÓN	MODO DE FALLO		SISTEMAS DE DETECCIÓN
Diseño y Corte	1	Trazo no preciso en el tool.	Antes del corte se realiza una inspección visual a los trazos del tool.
	2	Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.	Supervisor inspecciona las medidas a ser trazadas.
	3	El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.	No Existe.
	4	Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.	No Existe.
Pulido y Doblado	5	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.	Inspección visual luego de la operación
	6	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.	No Existe.
	7	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual.	No Existe.

	8	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.	Inspección del Supervisor del trabajo que se está realizando.
	9	Doblado ineficiente en la puerta superior.	Se identifica a simple vista que la operación es ineficiente.
Armado y Soldado	10	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.	El trabajador realiza una inspección previa a la estructura antes del soldado de las partes.
	11	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.	Una vez soldada la pestaña se realiza una prueba cerrando las puertas del tablero para que encajen.
Pulido	12	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.	Se realiza una inspección rápida al tablero después del soldado.
Decapado	13	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.	Se realiza una inspección visual por parte del trabajador.
	14	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.	No Existe.
	15	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.	No Existe.
Pintado/Secado	16	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.	En la etapa de Acabado Final se realiza una última inspección antes que el producto salga al mercado.
Acabado Final	17	Demora, desperdicio y mala colocación del rudón de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores.	

Fuente: El Autor

Como se muestra en la tabla 8, se pudo determinar que los sistemas de detección o control para algunos modos de fallo son débiles e incluso para otros no existen.

Para priorizar las causas de fallo sobre las cuales hay que tomar acciones correctivas, se procede a realizar el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).

3.5. Determinación de los índices de evaluación y cálculo del IPR

Para realizar el cálculo del IPR de los Modos y Causas de Fallo es necesario establecer los índices de ocurrencia, severidad y detección, ya que como se mencionó en el capítulo anterior el producto de estos determinará el IPR.

Para determinar los índices de ocurrencia (O), severidad (S) y detección (D) se tomará como referencia las tablas universales establecidas para el desarrollo del AMFE, las cuales fueron expuestas en el capítulo 2, teniendo como resultado la tabla que se muestra a continuación, en la cual se evalúa el modo y su causa de fallo, determinando sus índices de ocurrencia, severidad y detección, obteniendo con esto su IPR.

Tabla 9. Cálculo del IPR

MODO DE FALLO		EFEECTO	CAUSA DE FALLO	O	S	D	IPR
1	Trazo no preciso en el tool.	Cortes incorrectos del tool.	No se tiene la herramienta a la mano, se usa un clavo.	6	4	6	144
		Remarcar el trazo del tool.	La herramienta usada, el Gramil, se descalibra.				
2	Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.	Demora en la etapa de Diseño y Corte del tool.	No se tiene definida una metodología o un Manual de Procesos y Procedimientos.	7	5	5	175
3	El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.	Reproceso de la operación y desperdicio de recursos.	No se coloca de forma precisa el tool en la troqueladora que realiza el agujero.	4	8	2	64
4	Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.	Demora y desperdicio de recursos en esta etapa del proceso.	No se tiene estandarizado el proceso.	10	7	8	560
			No se optimiza los recursos disponibles.				
5	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.	No se logra el acabado esperado en la etapa de pulido y doblado, por lo que se tiene que volver hacer esta actividad (reproceso).	No se tiene los recursos disponibles de inmediato, por lo que no se usa la herramienta adecuada para esta actividad.	7	8	3	168
			No se tiene un espacio físico definido para esta actividad.				
6	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.	Proceso ineficiente en el desarrollo de esta actividad, demora y trabajo operativo innecesario para el desarrollo de la misma.	No se mantiene estandarizada esta actividad.	10	7	7	490

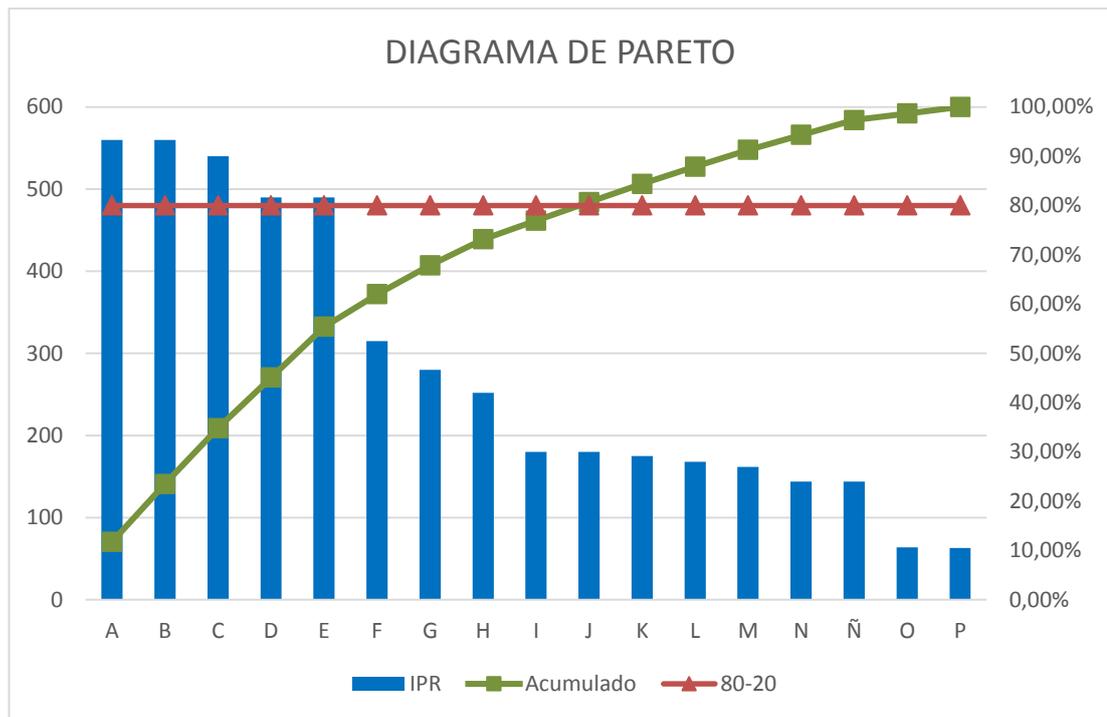
7	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual	Tiempos y movimiento innecesarios, baja productividad.	No se utiliza la herramienta adecuada para realizar esta actividad.	10	7	7	490
			No se utiliza al cien por ciento la dobladora hidráulica automática.				
8	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.	Demora y carga operativa innecesaria en el desarrollo de esta actividad.	El taller no cuenta con procesos definidos ni estandarizados.	8	5	7	280
			No se brinda una adecuada capacitación inicial a los trabajadores.				
9	Doblado ineficiente en la puerta superior.	Trabajo operativo innecesario.	Se tiene una máquina hidráulica para doblar planchas, pero la misma contiene una matriz de medida de un tablero anterior la cual ya no se produce.	10	6	3	180
10	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.	Reproceso, se tiene que retirar el suelo soldado a la estructura y volverlo a soldar de manera correcta.	El doblado del suelo es único para cada estructura, por lo que cada uno es colocado a presión en la misma, y no es retirado mientras se están soldando el doble fondo superior y la división.	3	7	3	63
11	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.	Las pestañas no encajan con los agujeros en las puertas destinadas para estas. Se golpean las mismas para que encajen.	El soldado de las pestañas es "al ojo", no es medido con precisión.	6	8	3	144
12	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.	El acabado del tablero no es el óptimo.	No se tiene un espacio específico definido para esta actividad, además que la postura del trabajador para el desarrollo de la misma no es la adecuada.	7	9	4	252
		Mala percepción del cliente acerca del producto.					

13	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.		No se respeta la capacidad máxima de tableros que deben ser cargados en la grúa.	6	9	3	162
14	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.	La pintura no se adhiere correctamente en los tableros, por lo que con una brocha/pincel y pintura líquida se cogen los fallos.	Descuido de los trabajadores, además que la capacitación inicial es deficiente.	6	9	10	540
15	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.		La herramienta usada (aire comprimido) para esta actividad no es el más adecuado.	7	8	10	560
16	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.		Reproceso ya que se cogen los fallos encontrados con una brocha/pincel y pintura líquida. Insatisfacción en el cliente.	Los procedimientos anteriores de decapado, secado de los tableros que salen de los tanques de decapado y el pintado no se realizaron correctamente.	7	9	5
17	Demora, desperdicio y mala colocación del rudon de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores.	Desperdicio de recursos. Mala percepción del cliente acerca del producto.	El rudon de caucho usado viene enredado, sucio y de difícil apertura para colocarlo.	5	9	4	180

Fuente: El Autor

Con la finalidad de priorizar los modos de fallo sobre los cuales se deberán centrar los esfuerzos para lograr los mayores beneficios, se realizó un diagrama de Pareto, el cual nos refleja los pocos vitales (los de mayor relevancia) frente a los muchos triviales (menor relevancia).

Figura 31. Diagrama de Pareto



Fuente: El Autor

Como resultado de la gráfica anterior se obtiene que los pocos vitales, es decir el 20% en el que se centran los problemas corresponden a los modos de fallo A, B, C, D, E, F, G, H, I los mismos que están descritos en la tabla a continuación.

Tabla 10. Pocos Vitales – Muchos Triviales

CÓDIGO	MODO DE FALLO
A	Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.
B	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.
C	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.
D	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.

E	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual
F	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.
G	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.
H	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.
I	Doblado ineficiente en la puerta superior.
J	Demora, desperdicio y mala colocación del rudon de caucho en los filos de las puertas superiores e inferiores.
K	Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.
L	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.
M	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.
N	Trazo no preciso en el tool.
Ñ	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.
O	El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.
P	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.

Fuente: El Autor

Una vez determinado el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) para cada uno de los modos de fallo y priorizado los mismos, se realiza la propuesta de acciones correctivas para confrontar los mismos, con la finalidad de prevenir, evitar o eliminar que estos se produzcan.

3.6. Planteamiento de acciones de mejora

Para cada uno de los modos y causas de fallo identificados se propone acciones de mejora, con el objetivo de mitigar el riesgo de que estos se presenten, a continuación se describe las acciones de mejora propuestas, las cuales están ordenadas según su IPR.

Tabla 11. Acciones Correctivas

MODO DE FALLO		CAUSA DE FALLO	IPR	ACCIONES CORRECTIVAS
A	Trazos innecesarios para cortes en la troqueladora de corte esquinero eléctrico en las partes de: puerta inferior, dobles fondos y visera.	No se tiene estandarizado el proceso.	560	Estandarizar el proceso, elaborar un manual de proceso en el que se describa como realizar la actividad de manera eficiente.
		No se optimiza los recursos disponibles.		
B	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.	La herramienta usada (aire comprimido) para esta actividad no es el más adecuado.	560	Usar el horno pequeño para el secado de los tableros que salen de los tanques de decapado.
C	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.	Descuido de los trabajadores, además que la capacitación inicial es deficiente.	540	Implementar un sistema de alarmas que indique que ha transcurrido el tiempo necesario del producto en cada tanque de decapado, a más de un recordatorio visual.
D	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.	No se mantiene estandarizada esta actividad.	490	Estandarizar esta actividad, definiendo una medida estándar para realizar el doblado del suelo.
E	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora	No se utiliza la herramienta adecuada para realizar esta actividad.	490	Utilizar los carros transportadores de material, para realizar esta actividad una sola vez.

	de muelas manual.	No se utiliza al cien por ciento la dobladora hidráulica automática.		Explotar la máquina que se tiene, capacitando a los trabajadores en el uso de la misma, ya que esta cuenta con memoria interna para almacenar calibraciones dadas.
F	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.	Los procedimientos anteriores de decapado, secado de los tableros que salen de los tanques de decapado y el pintado no se realizaron correctamente.	315	Implementar las acciones correctivas planteadas para los modos de fallo B, C y M, además de realizar una inspección final después de la etapa de pintado.
G	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.	El taller no cuenta con procesos definidos ni estandarizados.	280	Estandarizar la actividad, de modo que se use todas las muelas disponibles para realizar el doblado de las partes.
		No se brinda una adecuada capacitación inicial a los trabajadores.		Tener un programa pequeño de inducción y capacitación a los trabajadores que se incorporan.
H	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.	No se tiene un espacio específico definido para esta actividad, además que la postura del trabajador para el desarrollo de la misma no es la adecuada.	252	Implementar metodología 5`s.
I	Doblado ineficiente en la puerta superior.	Se tiene una máquina hidráulica para doblar planchas, pero la misma contiene una matriz de medida de un tablero anterior la cual ya no se produce.	180	Adquirir la matriz adecuada para doblar la puerta superior.

J	Demora, desperdicio y mala colocación del rudon de caucho en los fillos de las puertas superiores e inferiores.	El rudon de caucho usado viene enredado, sucio y de difícil apertura para colocarlo.	180	Cambia de proveedor, usar el rudon de caucho que viene en un carrete.
K	Personal sin mucha experiencia no sabe con certeza las medidas precisas para el trazo de cada parte en el tool.	No se tiene definida una metodología o un Manual de Procesos y Procedimientos.	175	Levantar un manual de responsabilidades, políticas y procedimientos.
L	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.	No se tiene los recursos disponibles de inmediato, por lo que no se usa la herramienta adecuada para esta actividad.	168	Implementar metodología 5` s
		No se tiene un espacio físico definido para esta actividad.		
M	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.	No se respeta la capacidad máxima de tableros que deben ser cargados en la grúa.	162	Colocar una ayuda visual recordando la capacidad óptima de la canasta de la grúa.
N	Trazo no preciso en el tool.	No se tiene la herramienta a la mano, se usa un clavo.	144	Implementar en el taller la metodología 5` s.

		La herramienta usada, el Gramil, se descalibra.		Ubicar en la mesa de diseño o trazo de las partes del tablero una cinta métrica
Ñ	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.	El soldado de las pestañas es "al ojo", no es medido con precisión.	144	Para de soldar las pestañas realizar una marca en el tool para que encajen con la puerta.
O	El agujero para el candado en la puerta inferior no queda centrado.	No se coloca de forma precisa el tool en la troqueladora que realiza el agujero.	64	Implementar un sistema Poka-yoke, colocando en la troqueladora de pedal manual unos topes ajustables a la medida deseada para colocar la lámina.
P	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.	El dobléz del suelo es único para cada estructura, por lo que cada uno es colocado a presión en la misma, y no es retirado mientras se están soldando el doble fondo superior y la división.	63	Implementar la acción correctiva propuesta para el modo de fallo D.

Fuente: El Autor

A continuación se detalla una a una las acciones de mejora propuestas:

- **Para el modo de fallo A**, la acción correctiva propuesta es definir y estandarizar un proceso eficiente, en el cual se detalle que para el uso de la troqueladora de corte esquinero eléctrico no es necesario realizar el trazo en todas las partes que se deseen cortar ya que la máquina contiene unos topes ajustables para colocar la lámina y realizar el corte, es suficiente con marcar la primera lámina para tomar de muestra y calibrar la troqueladora a esta medida.

Para verificar que los topes ajustables de la troqueladora no se han movido, se podría realizar una marca en los mismos, de tal modo que se pueda comprobar que siguen en su posición inicial, después de todos los cortes realizados.

- **Para el modo de fallo B**, la acción correctiva propuesta es usar un horno, el cual se tiene disponible, para el secado de los tableros que salen de los tanques de decapado, en vez de usar aire comprimido ya que empleando este último la actividad es demorada y no da los resultados esperados, teniendo que acabar por usar un papel periódico.
- **Para el modo de fallo C**, la acción correctiva propuesta es implementar un sistema de alarmas, el cual indique que ha transcurrido el tiempo necesario de los tableros en cada tanque de decapado, a más de poner una ayuda visual en cada tanque indicado el tiempo que requiere el tablero en el mismo.
- **Para el modo de fallo D**, la acción correctiva propuesta es definir y estandarizar un proceso eficiente, en el cual se detalle o precise medidas, como en las otras partes del tablero, para realizar el doblado, evitando de esta manera, medir el suelo con cada estructura para realizar la actividad.
- **Para el modo de fallo E**, las acciones correctivas propuestas son:
Usar los carros transportadores que se tiene disponibles en el taller, para realizar el movimiento de las partes del tablero de la una dobladora a la otra, evitando con esto realizar algunos “viajes” y,

Explotar y utilizar al 100% la dobladora hidráulica automática, ya que la mayoría de partes son dobladas en las dos dobladoras (automática y manual), porque es muy demorada la calibración de la dobladora automática, pero utilizando la misma de manera eficiente, se puede tener guardada en la memoria de la máquina las calibraciones para el doblado de las partes.

➤ **Para el modo de fallo F**, la acción correctiva para este modo de fallo viene ligada con las acciones propuestas para los modos de fallo B, C, y M, además se plantea que se realice una inspección final después de la etapa de pintado, con el objetivo de verificar que no se haya quedado ningún espacio sin pintura

➤ **Para el modo de fallo G**, las acciones correctivas propuestas son:

Definir y estandarizar un proceso eficiente, en el cual se describa un correcto y eficaz uso de la dobladora de muelas manual, ya que la misma actualmente no se la usa de manera óptima, por ejemplo para doblar las divisiones de los tableros algunos trabajadores lo hacen de dos en dos, pero otro lo realizan de cuatro en cuatro y,

Brindar una adecuada capacitación inicial a los trabajadores que se incorporan en el taller, empleando un programa pequeño de inducción y capacitación a los trabajadores.

➤ **Para el modo de fallo H, L y N**, la acción correctiva propuesta para estos modos de fallo es común, la cual es implementar la metodología 5S en el taller, de tal manera que se organice el mismo y los productos en proceso, dejando los espacios definidos para el desarrollo de las actividades, así como la fácil ubicación y accesibilidad a las herramientas destinadas para cada etapa en el proceso, ya que actualmente los materiales, herramientas y productos en proceso no siempre se ubican en lugares específicos.

➤ **Para el modo de fallo I**, la acción correctiva propuesta es adquirir la matriz adecuada para doblar la puerta superior, ya que la que se tiene no es la apropiada porque la medida de esta es de tableros que no se realizan en el taller.

- **Para el modo de fallo J**, la acción correctiva propuesta es cambiar de proveedor o volver al proveedor inicial, quien entregaba el rudon de caucho en un carrete, lo cual evita que se enrede y se ensucie, ya que el actual viene en un cartón, que para mayor accesibilidad se lo ubica en el suelo volviendo difícil su uso.
- **Para el modo de fallo K**, la acción correctiva propuesta es levantar un manual de responsabilidades, políticas y procedimientos, el cual sirva de guía para los trabajadores, sobre todo para los que recién se van incorporando.
- **Para el modo de fallo M**, la acción correctiva propuesta es implementar una ayuda visual en la canasta de la grúa, indicando la capacidad óptima de la misma, ya que para que todos los tableros se sumerjan correctamente en los tanques de decapado el número adecuado es de 30.
- **Para el modo de fallo N**, la acción correctiva propuesta a más de la que ya se mencionó en el punto anterior, es la de ubicar en el filo de la mesa de diseño o trazo de las partes del tablero, una cinta métrica, de tal modo que se pueda confirmar de manera rápida, que el gramil sigue calibrado con la misma medida que al inicio.
- **Para el modo de fallo Ñ**, la acción correctiva propuesta es la de realizar una marca en el tool, con la medida de donde quedan los agujeros de las puertas, de esta manera el soldado de la pestaña será preciso, encajando con los agujeros de las puertas destinados para esto.
- **Para el modo de fallo O**, la acción correctiva propuesta es la de implementar un sistema Poka-Yoke, colocando en la troqueladora de pedal manual unos topes ajustables a la medida deseada, para colocar la lámina y realizar la perforación, evitándose de esta manera que el tool sea colocado de manera incorrecta en la máquina y por lo tanto el perforado no se de en el lugar preciso, con este sistema también se evitaría estar marcando todas la puertas inferiores donde debe ir el perforado.
- **Para el modo de fallo P**, la acción correctiva propuesta viene ligada con la acción tomada para el modo de fallo D, ya que debido a que el doblez del suelo

es propio para cada estructura, este es colocado a presión en la misma para que no se confunda y no es retirado mientras se realiza el soldado de otras partes en la estructura, tomando la acción correctiva propuesta en el modo de fallo D, esto ya no se daría ya que cualquier suelo podría encajar en cualquier estructura.

Una vez definidas las acciones correctivas para cada modo de fallo identificado se presenta la Matriz AMFE, la cual contiene toda la información condensada para su fácil análisis y seguimiento:

Pulido y Doblado	L	El pulido de los bordes de la estructura y la puerta superior que sale de la Máquina CNC es ineficiente y demorada.	No se logra el acabado esperado en la etapa de pulido y doblado, por lo que se tiene que volver hacer esta actividad (reproceso).	No se tiene los recursos disponibles de inmediato, por lo que no se usa la herramienta adecuada para esta actividad. No se tiene un espacio físico definido para esta actividad.	Inspección visual luego de la operación	7	8	3	168	Implementar metodología 5's								
	D	Operación ineficiente en el doblado del suelo en la dobladora de muelas manual.	Proceso ineficiente en el desarrollo de esta actividad, demora y trabajo operativo innecesario para el desarrollo de la misma.	No se mantiene estandarizada esta actividad.	No Existe.	10	7	7	490	Estandarizar esta actividad, definiendo una medida estándar para realizar el doblado del suelo.								
	E	Transporte ineficiente de las partes semielaboradas de la dobladora hidráulica automática a la dobladora de muelas manual.	Tiempos y movimiento innecesarios, baja productividad	No se utiliza la herramienta adecuada para realizar esta actividad. No se utiliza al cien por ciento la dobladora hidráulica automática.	No Existe.	10	7	7	490	Utilizar los carros transportadores de material, para realizar esta actividad una sola vez. Explotar la máquina que se tiene, capacitando a los trabajadores en el uso de la misma, ya que esta cuenta con memoria interna para almacenar calibraciones dadas.								
	G	No se optimiza el uso de la dobladora de muelas manual para el doblado de las diferentes partes.	Demora y carga operativa innecesaria en el desarrollo de esta actividad.	El taller no cuenta con procesos definidos ni estandarizados. No se brinda una adecuada capacitación inicial a los trabajadores.	Inspección del Supervisor del trabajo que se está realizando.	8	5	7	280	Estandarizar la actividad, de modo que se use todas las muelas disponibles para realizar el doblado de las partes. Tener un programa pequeño de inducción y capacitación a los trabajadores que se incorporan.								

	I	Doblado ineficiente en la puerta superior.	Trabajo operativo innecesario.	Se tiene una máquina hidráulica para doblar planchas, pero la misma contiene una matriz de medida de un tablero anterior la cual ya no se produce.	Se identifica a simple vista que la operación es ineficiente.	10	6	3	180	Adquirir la matriz adecuada para doblar la puerta superior.							
Armado y Soldado	P	Soldado del suelo de manera incorrecta en la estructura.	Reproceso, se tiene que retirar el suelo soldado a la estructura y volverlo a soldar de manera correcta.	El doblado del suelo es único para cada estructura, por lo que cada uno es colocado a presión en la misma, y no es retirado mientras se están soldando el doble fondo superior y la división.	El trabajador realiza una inspección previa a la estructura antes del soldado de las partes.	3	7	3	63	Implementar la acción correctiva propuesta para el modo de fallo D.							
	Ñ	Soldado de las pestañas para colocar el candado no es preciso.	Las pestañas no encajan con los agujeros en las puertas destinadas para estas. Se golpean las mismas para que encajen.	El soldado de las pestañas es "al ojo", no es medido con precisión.	Una vez soldada la pestaña se realiza una prueba cerrando las puertas del tablero para que encajen.	6	8	3	144	Para de soldar las pestañas realizar una marca en el tool para que encajen con la puerta.							
Pulido	H	El tablero queda con puntos de suelda resaltados después del pulido.	El acabado del tablero no es el óptimo. Mala percepción del cliente acerca del producto.	No se tiene un espacio específico definido para esta actividad, además que la postura del trabajador para el desarrollo de la misma no es la adecuada.	Se realiza una inspección rápida al tablero después del soldado.	7	9	4	252	Implementar metodología 5 s.							

Decapado	M	No se sumergen totalmente en los tanques de decapado todos los tableros que se encuentran en la canasta de la grúa.	La pintura no se adhiere correctamente en los tableros, por lo que con una brocha/pincel y pintura líquida se cogen los fallos.	No se respeta la capacidad máxima de tableros que deben ser cargados en la grúa.	Se realiza una inspección visual por parte del trabajador.	6	9	3	162	Colocar una ayuda visual recordando la capacidad óptima de la canasta de la grúa.								
	C	No se respeta los tiempos establecidos para mantener a los tableros sumergidos en los diferentes tanques en el proceso de decapado.		Descuido de los trabajadores, además que la capacitación inicial es deficiente.	No Existe.	6	9	10	540	Implementar un sistema de alarmas que indique que ha transcurrido el tiempo necesario del producto en cada tanque de decapado, a más de un recordatorio visual.								
	B	Secado deficiente y demorado en los tableros que salen de los tanques de decapado.		La herramienta usada (aire comprimido) para esta actividad no es el más adecuado.	No Existe.	7	8	10	560	Usar el horno pequeño para el secado de los tableros que salen de los tanques de decapado.								
Pintado/Secado	F	Salta la pintura del tablero o se tiene esquinas sin pintura.	Reproceso ya que se cogen los fallos encontrados con una brocha/pincel y pintura líquida.	Los procedimientos anteriores de decapado, secado de los tableros que salen de los tanques de decapado y el pintado no se realizaron correctamente.	En la etapa de Acabado Final se realiza una última inspección antes que el producto salga al mercado.	7	9	5	315	Implementar las acciones correctivas planteadas para los modos de fallo B, C y M, además de realizar una inspección final después de la etapa de pintado.								
		Insatisfacción en el cliente.																
Acabado Final	J	Demora, desperdicio y mala colocación del rudon de caucho en los fillos de las puertas superiores e inferiores.	Desperdicio de recursos.	El rudon de caucho usado viene enredado, sucio y de difícil apertura para colocarlo.		5	9	4	180	Cambia de proveedor, usar el rudon de caucho que viene en un carrete.								
			Mala percepción del cliente acerca del producto.															

La matriz AMFE nos concede una visualización total del análisis realizado, permitiendo un dinámico y fácil seguimiento a la implementación de las acciones correctivas, las mismas que deben ser priorizadas, según como lo determina el IPR y se expone en el punto 3.5 “Determinación de los índices de evaluación y cálculo del IPR”.

Una vez desarrollado el presente trabajo de grado, es decir aplicada la herramienta de calidad AMFE al proceso de producción de los tableros eléctricos de un medidor, dos puertas, se concluye lo siguiente.

CONCLUSIONES

- Para lograr que EC-BOX gane una mayor participación en el mercado, debe demostrar y asegurar la calidad de sus productos ofertados, para esto es necesario ejecutar procesos eficientes, consiguiendo de esta manera no solo cerciorar la calidad de sus productos sino optimizar los recursos disponibles, logrando así un incremento en la productividad del taller y en sus ventas.
- En éste trabajo de grado se determinó que la herramienta de calidad y mejora continua, AMFE, es la indicada para controlar y asegurar la eficiencia y calidad de los procesos, esto gracias a que esta herramienta permite la identificación de los modos de fallo para posteriormente evaluarlos y establecer acciones correctivas, con el fin de prevenir o eliminar los mismos.
- La herramienta AMFE fue aplicada al proceso de producción de tableros eléctricos de un medidor, dos puertas evidenciando que las causas principales de los modos de fallo son: la falta de estandarización de los procesos, no se optimizan los recursos disponibles, la desorganización con la que se trabaja en el taller y la falta de una adecuada capacitación inicial a los trabajadores que se incorporan, además que se debe mejorar los sistemas de detección con los que se cuenta, sobre todo cuando se trata de los acabados de los tableros, ya que estos modos de fallo son inmediatamente percibidos por los clientes.
- AMFE al ser una herramienta de calidad, orienta a toda la organización a una cultura preventiva y de mejoramiento continuo logrando con esto ir evolucionando con el entorno que no es estático sino cambiante.

A continuación se detallarán algunas recomendaciones para que la aplicación del AMFE resulte exitosa.

RECOMENDACIONES

Para una correcta aplicación de la herramienta de calidad AMFE y para alcanzar los objetivos planteados se recomienda:

- Dar a conocer a toda la organización la herramienta y lo que se quiere lograr con la misma, para que ninguno se sienta ajeno al proyecto y todos se involucren y apoyen en el desarrollo del mismo.
- Realizar las acciones correctivas planteadas, considerando el orden de prioridad establecido por el IPR.
- Para una correcta aplicación de la metodología 5^ª tomar en consideración los siguientes puntos:
 - Preparación y formación respecto a la metodología y planificación de actividades;
 - Desarrollar la metodología respetando el orden de las etapas que esta propone;
 - Análisis y decisión en equipo de las propuesta de mejora; y,
 - Documentación de las conclusiones establecidas.
- Realizar un manual de procesos, en el cual se describa y documente las responsabilidades de cada miembro de la organización, las políticas o restricciones para cada etapa del proceso y se describa paso a paso el procedimiento a seguir; con el fin de estandarizar los procesos del taller y para que el mismo sirva de guía para cada trabajador de EC-BOX.
- Antes de aplicar la herramienta de calidad AMFE considerar las restricciones que la misma presenta para su ejecución:
 - Requerimientos de capacitación al personal para la correcta aplicación de la herramienta de calidad AMFE;
 - Impacto negativo en el personal debido al cambio generado por las acciones implementadas en el proceso de producción;

- Requerimientos de capital para implantar las acciones de mejora;
- Incumplimiento de las fechas de cierre de las acciones de mejora acogidas.

Se debe tener presente que el AMFE es una herramienta de mejora continua y para obtener todos los resultados esperados es imprescindible que la alta gerencia se comprometa a apoyar la aplicación de la misma y que la herramienta sea difundida correctamente a todo el personal.

- Realizar un seguimiento para la correcta implementación de las acciones de mejora, y una vez que se encuentren implementadas, aplicar nuevamente la herramienta desde cero para conseguir una mejora continua del proceso.
- Complementar la aplicación de la herramienta de calidad AMFE con la metodología SMEED, ya que en el taller se calibra constantemente las máquinas y herramientas utilizadas, debido a que las partes de los productos que se fabrican tienen diferentes medidas y cortes, por lo tanto el estudio y aplicación de esta metodología, ayudará considerablemente a la disminución de tiempos y esfuerzos en el proceso y a incrementar su productividad.

BIBLIOGRAFÍA

EC-BOX. (1995). Historia de la Empresa EC-BOX.

HEIZER, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones Decisiones Estratégicas*. Madrid: Pearson Education, S.A.

HERVÁS Lázaro, M. (Julio de 2008). *El Método AMFE como herramienta de prevención*. Recuperado el 16 de julio de 2014, de http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=e6db4f3f-ac71-45fb-84d6-7f0e7c6665f7&groupId=10128

HIDALGO Córdova, G. (2009). *Análisis Ingenieril y Propuesta del Mejoramiento Continuo en un proceso de devoluciones de productos en una Imprenta*. Guayaquil.

HODAGO, L. (Septiembre de 2011). *AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos*. Recuperado el 14 de Agosto de 2014, de <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/665.pdf>

LLORENTE, J. L. (Septiembre de 2011). *AMFE, Análisis de Modos de Fallo y Efectos*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de <http://www.gestion-calidad.com/archivos%20web/AMFE.pdf>

MARTINEZ Lugo, C. A. (Julio de 2004). Implementación de un Análisis de Modo y Efecto de Falla en una línea de Manufactura para Juguetes.

MARTÍNEZ, F. R. (2009). *Aplicación del Sistema de Gestión de Calidad TS-16949 A Fabricante de Alfombras Termoformadas*. Guayaquil.

MENÉNDEZ Rico, J. (3 de Octubre de 2010). *Evaluación y Medición de la Calidad*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2014, de

<https://arturolopezugto.wordpress.com/category/evaluacion-y-medicion-de-la-calidad/>

MORALES Aguilar, J. E. (2010). *Conductitlan_La Mejora Continua*. Recuperado el 20 de octubre de 2014, de http://www.conductitlan.net/psicologia_organizacional/la_mejora_continua.pdf

QUERO Castro, A. Y. (Septiembre de 2005). *GestioPolis*. Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/amef.htm>

ROMERO, A., & Sandor, L. (10 de Agosto de 2007). *La calidad, su evolución histórica y algunos conceptos y términos asociados*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2014, de GestioPolis: <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/la-calidad-historia-conceptos-y-terminos-asociados.htm>

TAMARIZ, F. (2012). Implementación de Metodología AMFE (Análisis Modal de Falla y Efecto) en la línea de cocinas de la empresa Indublog S.A. Cuenca, Ecuador.

TAMARIZ, F. (Febrero de 2013). Metodología A.M.F.E. Cuenca, Azuay, Ecuador.