

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Implementación de las Metodologías Ciclo de Deming y AMFE para
Mejorar el Proceso de Producción de Paneles de la Empresa
Radiadores Fortaleza, Lima, 2019

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Katherin Guadalupe Chinga Aradiel

REVISOR

José Carlos Zapata Roque

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	KATHERIN GUADALUPE
Apellidos	CHINGA ARADIEL,
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71618942
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	JOSE CARLOS
Apellidos	ZAPATA ROQUE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32102213
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-9392-2121

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	AMFE, Ciclo de Deming, productividad, costos, productos no conformes (PNC).
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Industrial
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Industrial
Código del programa Consultar el listado: enlace	722026

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 001-2023-UCSS-FI/TPIIND

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

Los Olivos, 05 de mayo de 2023

Siendo el día jueves 27 de abril de 2023, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

“Implementación de las Metodologías Ciclo de Deming y AMFE para Mejorar el Proceso de Producción de Paneles de la Empresa Radiadores Fortaleza, Lima, 2019”

Presentado por la bachiller en Ciencias de la Ingeniería Industrial de la Sede Lima:

CHINGA ARADIEL, KATHERIN GUADALUPE

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

Mg. UCAÑAN LEYTON, ROGER EUGENIO
Mg. HIDALGO GÓMEZ, ALFONSO GREGORIO

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue a la Bachiller CHINGA ARADIEL, KATHERIN GUADALUPE el Título Profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

En señal de conformidad firmamos,



UCAÑAN LEYTON, ROGER EUGENIO
Evaluador especialista 1



HIDALGO GOMEZ, ALFONSO GREGORIO
Evaluador especialista 2

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Los Olivos, 18 de setiembre de 2023

Señor

Roger Eugenio Ucañan Leyton

Coordinador del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

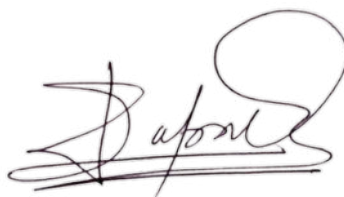
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Implementación de las Metodologías Ciclo de Deming y AMFE para Mejorar el Proceso de Producción de Paneles de la Empresa Radiadores Fortaleza, Lima, 2019”**, presentado por CHINGA ARADIEL, KATHERIN GUADALUPE con código 2015100458 y DNI 71618942 para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 8%**. * Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Zapata', is positioned above a horizontal line.

José Carlos Zapata Roque
Docente Revisor
DNI N° 32102213
ORCID: 0000-0002-9392-2121
Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

El objetivo de la presente investigación tiene como finalidad determinar de qué manera la aplicación de la Metodología Deming y AMFE, mejoran el proceso de producción de panales de la empresa Radiadores Fortaleza. El tipo de investigación es correlacional, explicativa y aplicada, con el fin de observar el comportamiento de las variables. La metodología implementada se basa en el uso de herramientas de la calidad, en una de las etapas del ciclo de Deming, mediante una matriz que nos permitirá identificar las desviaciones en el proceso de producción, y nos ayudará para la toma de decisiones. Se detectó que los procesos más críticos son en la fabricación de aletas, fabricación de parrillas y tubos.

Luego de poner en marcha el plan de acciones para la mejora y el análisis de los resultados se llega a concluir que las metodologías mejoran la productividad en 5,23 % y la eficiencia en 3 %; así como la reducción de productos no conformes en un 78,2 % y la reducción de costos de fabricación mensual es de S/ 23,8720. Finalmente, se hace una evaluación de la inversión económica que lleva realizar la implementación en la planta automotriz, con el fin de evaluar si es viable para la empresa.

Palabra Clave: AMFE, Ciclo de Deming, productividad, costos, productos no conformes (PNC).

Abstract

The objective of this research is to determine how the application of the Deming Methodology and AMFE improve the honeycomb production process of the company Radiadores Fortaleza.

The type of research is correlational, explanatory and applicative, in order to observe the behavior of the variables. The implemented methodology is based on the use of quality tools, in one of the stages of the Deming and FMEA cycle through a matrix that will allow us to identify deviations in the production process, and will help us in decision making. It was detected that the most critical processes are in the manufacture of fins, manufacture of grills and tubes.

After implementing the action plan for improvement and analysis of the results, it is concluded that the methodologies improve productivity by 5,23 % and efficiency by 3 %; as well as the reduction of non-conforming products by 78,2 % and the reduction of monthly manufacturing costs is S/ 23,872. Finally, an evaluation of the economic investment that the implementation in the automotive plant takes is made, in order to evaluate if it is viable for the company.

Keywords: PFMA, Deming Cycle, productivity, costs, nonconforming products (PNC).

Índice General

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Índice.....	4
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras.....	8
1. Introducción.....	9
2. Trayectoria del Autor	11
2.1. Descripción de la Empresa	11
2.2. Organigrama de la Empresa Radiadores Fortaleza	13
2.3. Áreas y Funciones Desempeñadas	14
2.4. Experiencia Profesional Realizada en la Organización.....	14
3. Problemática.....	15
3.1. Planteamiento del Problema.....	15
3.2. Determinación del Problema.....	17
3.2.1. Problema Principal	17
3.2.2. Problemas Secundarios.....	17
3.3. Objetivo General	17
3.4. Objetivos Específicos	17
3.5. Justificación.....	18
3.6. Alcances y Limitaciones.....	19
4. Marco Teórico	21

4.1. Antecedentes Bibliográficos.....	21
4.2. Bases Teóricas	25
4.2.1. Ciclo de Deming.....	25
4.2.2. Análisis de Falla y Efecto (AMFE).....	26
4.2.3. Planificar.....	27
4.2.4. Hacer	28
4.2.5. Verificar.....	29
4.2.6. Actuar	29
4.2.7. Productividad.....	30
4.2.8. Costos	31
4.2.9. No Conformidades.....	32
4.3. Definición de Términos Básicos	32
5. Propuesta de Solución	35
5.1. Metodología de la Solución.....	35
5.2. Desarrollo de la Solución	61
5.3. Factibilidad Técnica Operativa.....	68
5.4. Cuadro de Inversión	68
6. Análisis de Resultados.....	71
6.1. Análisis Costos – Beneficio.....	71
7. Aportes más Destacables a la Empresa	78
8. Conclusiones.....	79
9. Recomendaciones	82
10. Referencias	83

11. Anexos.....	87
ANEXO A: Registro de Capacitación.....	87
ANEXO B: Capacitación del Personal.....	88
ANEXO C: Matriz de Operacionalización de Variables.....	89
ANEXO D: Programa de Mantenimiento Preventivo.....	90
ANEXO E: Matriz AMFE.....	91

Índice de Tablas

Tabla 1. Valor de severidad o gravedad Análisis Modal de Fallas y Efectos.....	35
Tabla 2. Criterio de Probabilidad Análisis Modal de Fallas y Efectos	36
Tabla 3. Criterios de Probabilidad de no detección Análisis Modal.....	37
Tabla 4. Porcentaje de cantidad de defectos	51
Tabla 5. Defectos de fabricación.....	51
Tabla 6. Principales problemas	52
Tabla 7. Total de reclamos.....	53
Tabla 8. Costos del personal administrativo y operativo	69
Tabla 9. Costos de mano de obra por actividad programada	69
Tabla 10. Costo global de implementación.....	70
Tabla 11. Productos no conforme antes de la implementación.....	71
Tabla 12. Productos no conforme durante la implementación	72
Tabla 13. Total de producción	72
Tabla 14. Cálculo de la reducción de producto no conforme (PNC).....	73

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura organizacional de la Empresa Radiadores Fortaleza	13
Figura 2. Diagrama de Ishikawa	38
Figura 3. Diagrama de Pareto	39
Figura 4. Diagrama de barra	40
Figura 5. Presión de manómetro en las máquinas tuberías	42
Figura 6. Modelo de corte de aletas en el proceso de estampado	43
Figura 7. Mesa de armado de panales según la densidad de las aletas	44
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de Panales	49
Figura 9. Defectos de fabricación	50
Figura 10. KPI de Reclamos	54
Figura 11. Control mensual de reclamos	55
Figura 12. Diagrama de Ishikawa	58
Figura 13. Tubos con mala costura	59
Figura 14. Poza tubera mal limpiada	59
Figura 17. Plan de acciones correctivas	61
Figura 18. Capacitación a los operarios de las distintas estaciones	64
Figura 19. Capacitación de las mejoras propuestas (Deming y AMFE)	64
Figura 20. Instructivo de máquina tubera	65
Figura 21. Instructivo de control crítico de calidad	66
Figura 22. Instructivos visuales en estación de trabajo	66

1. Introducción

Radiadores Fortaleza nace en el año 1966 como fabricante de panales de cobre de radiadores (intercambiadores de calor), para cubrir la creciente demanda de repuestos en el sector automotriz e industrial para mercado nacional y exportación, llegando a ser una marca líder y referente en su rubro.

En sus inicios realizaba la fabricación de panales de forma manual con herramientas básicas, al transcurrir el tiempo fue creciendo e implementado maquinaria de forma progresiva, que ayude a incrementar sus niveles de manufactura, desarrollando procesos cada vez más complejos que se veían afectados al elevar el volumen de producción por la saturación en los requerimientos de clientes.

En Radiadores Fortaleza se realizó una evaluación y diagnóstico de la situación actual y se detectaron oportunidades que permiten la implementación de la metodología de AMFE y ciclo de Deming en el área de fabricación de panales donde se vienen presentando desviaciones en los procesos de fabricación y ausencia de control e inspección oportuna en procesos críticos.

A esto, sumarle el incremento en la competencia en el mercado local por el ingreso de importación de panales de cobre taiwanés y panales de aluminio de menor calidad y bajo coste, que nos obligan a cada vez ser más eficientes, reducir nuestros costos y mermas de producción para lograr seguir siendo rentables y mantenernos vigentes en el rubro; esto de la mano con la difusión de los beneficios y percepción de nuestro producto como una alternativa de alta calidad y confiabilidad.

Alvarez y Paucar (2014), señalan que la mejora constante basada por procesos, ciclo de Deming, tiene como objetivo poder estandarizar sus procesos logrando aumentar la

productividad de la empresa, reducir costos, mejorar la calidad de servicios y productos, con el apoyo y participación del personal involucrado con el proceso de implementación.

Carbajal y Lezama (2021), señalan que la mejora continua es una metodología que se basa en un ciclo que se enfoca en los 4 pasos (planear, ejecutar, validar y actuar) de manera correlativa logrando grandes cambios en la institución, llegando a ser productivos, tener personal capacitado, productos que cumplan con las especificaciones técnicas y volviéndose más competitivas en el mercado.

El AMFE es una metodología que se viene usando en la industria automotriz para poder optimizar procesos y mitigar riesgos existentes con la finalidad de identificar fallas y defectos en cada proceso de la fabricación antes que estos puedan suceder, logrando mejoras de forma preventiva.

Estos alcances nos ayudarán a reducir los costos de producción e incrementar la confiabilidad de los procesos productivos, para brindar una mejor calidad en el producto terminado, logrando la satisfacción del cliente.

2. Trayectoria del Autor

2.1. Descripción de la Empresa

Razón Social: Radiadores Fortaleza S.A.

RUC: 20101636411

Inicio Actividades: 10/Mayo/1966

Dirección: Av. Separadora Industrial N. 1551-1555, Ate Vitarte

Teléfono: (511) 435-7630 / (511) 435-7510

Gerente General: Leonel Sánchez Aliaga, DNI: 09326077

Certificaciones: ISO 9001:2015 y OHSAS 18001

Página web: <http://www.radiadores.com.pe>

Dedicada a la fabricación de paneles de cobre para radiadores del sector automotriz e industrial. Mantenimiento, reparación y fabricación de intercambiadores de calor para rubro industrial, minero, petrolero, pesquero y agrícola.

Principales clientes: Komatsu Mitsui, Compañía Minera Antamina, Minera Cerro Verde, Minera Chinalco, Savia Perú, Modasa, DP World, Shougang Hierro Perú, Casa Grande, Rafersa, Corporación Titán, Grupo Pariona, Negocios Empresariales Tropical, Impofar, entre otros.

Visión

“Ser la empresa líder en el mercado nacional e internacional, en el rubro de intercambiadores de calor, con resultados financieros óptimos a partir de sus operaciones en Centroamérica, Sudamérica y sus modernas instalaciones industriales en las principales ciudades

del Perú; satisfaciendo permanentemente las necesidades de nuestros clientes con productos y servicios de alta calidad”.

Misión

“Estar siempre comprometidos con la búsqueda de la excelencia operativa y los más altos estándares de atención al cliente. Emplear tecnología moderna y mantener una relación estrecha con nuestros proveedores, distribuidores, clientes, personal y accionistas, basada en la confianza y el trabajo en equipo para beneficio de todos”.

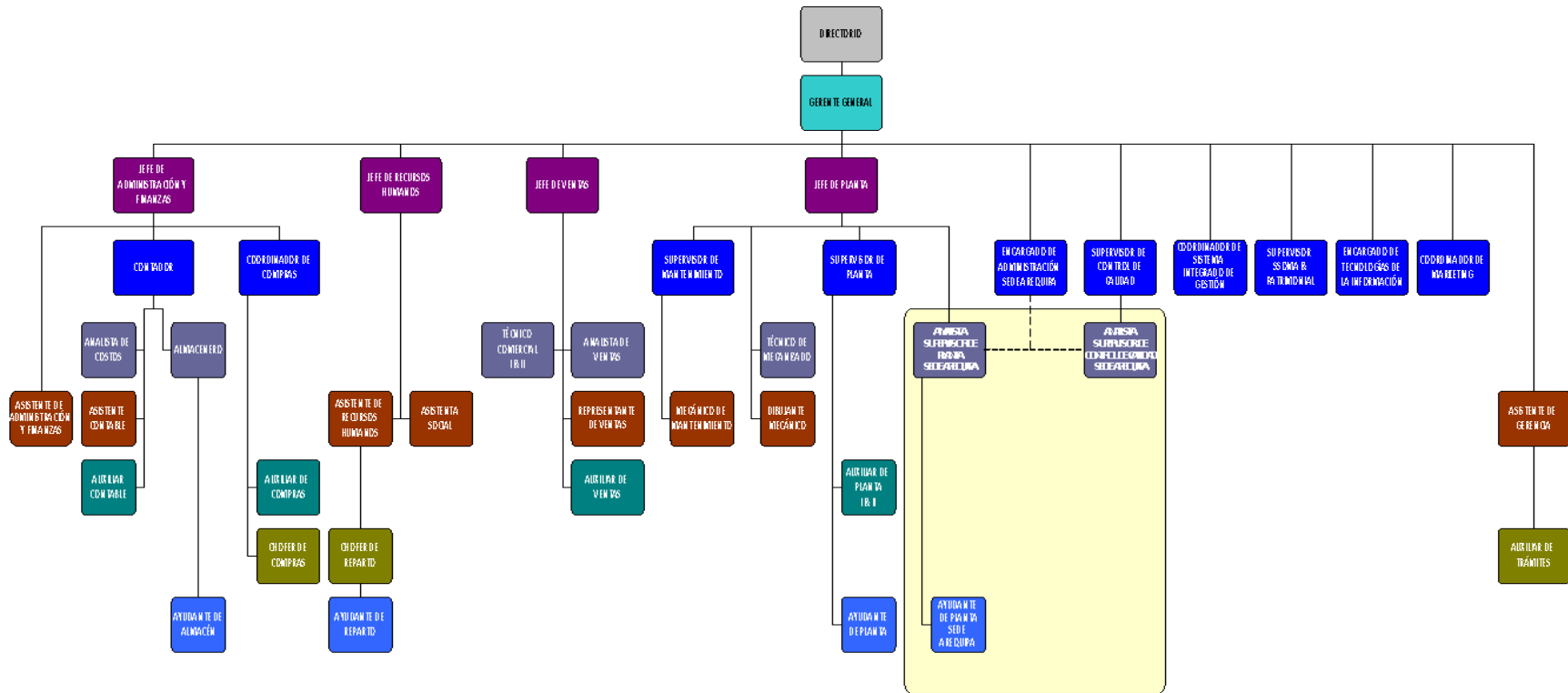
Organigrama

Representación gráfica de la estructura interna de Radiadores Fortaleza S.A., donde se detallan los niveles de jerarquía y las relaciones que existen entre cada uno de ellos.

2.2. Organigrama de la Empresa Radiadores Fortaleza

Figura 1.

Estructura organizacional de la Empresa Radiadores Fortaleza



Nota. En la figura se muestra la estructura organizacional de la empresa Radiadores Fortaleza.

2.3. Áreas y Funciones Desempeñadas

Prácticas pre-profesionales en el área de control de calidad en Radiadores Fortaleza S.A en planta automotriz e industrial.

Área de calidad: Se encarga de inspeccionar y liberar los productos terminados de la planta automotriz e industrial de la empresa Radiadores Fortaleza, realizar visitas técnicas y seguimiento a los clientes para sus respectivas capacitaciones en el uso de los productos adquiridos.

Área de producción: Se encarga de la fabricación de radiadores, mantenimiento de intercambiadores de calor, mejoras en el proceso de producción en conjunto con el área de calidad.

2.4. Experiencia Profesional Realizada en la Organización

- Seguimiento y monitoreo de procesos de manufactura, producto en proceso y producto terminado.
- Evaluación y control de procesos críticos (fabricación de tubos con costura, horneado de panales y prueba de hermeticidad).
- Validación por muestreo de pruebas de hermeticidad de panales.
- Elaboración e implementación de propuestas de mejora de procesos para la planta automotriz bajo la metodología del ciclo de Deming.
- Visitas técnicas a clientes locales para soporte técnico, capacitación y atención de reclamos.
- Control dimensional e inspección visual de soldadura Sn/Pb en arranque de máquina de fabricación de tubos.
- Control de tiempos y costos de no calidad (retrabajos, reprocesos y reclamos).

3. Problemática

3.1. Planteamiento del Problema

Luego de evaluar la situación actual de la planta de panales de cobre, se pudo evidenciar una gran cantidad de producto no conforme debido a desviaciones en los procesos de fabricación y ausencia de control e inspección oportuna en procesos críticos. Negligencia en la manipulación del producto en proceso y producto terminado, ocasionando daños en el material (aletas rotas y parrillas golpeadas), debido a la falta de personal calificado y capacitaciones; lo cual genera defectos, reprocesos, paradas de línea por ajustes, pérdida del valor agregado y sobrecostos de fabricación. Procedimientos e instructivos obsoletos que no se ajustan a la realidad del proceso actual en las estaciones del trabajo, dejando al personal operativo sin una guía que encamine el correcto desarrollo de sus funciones a lo largo de la línea de fabricación.

Se llegan a fabricar panales con tubos con fugas que se emplean en el armado, se sueldan en el horneado y sólo al final en la prueba de hermeticidad se pueden detectar fugas que lo clasifican como producto no conforme y finalmente se merman como chatarra, reduciendo la productividad, retrasos en los tiempos de entrega y pérdidas económicas para la empresa.

Eguilas (2018), se sabe que en las grandes industrias a nivel mundial tienen estandarizados sus procesos y cumplen con las normas técnicas establecidas en sus productos, llegando a cubrir las necesidades de los clientes; sin embargo, estas industrias tienen la manera de detectar las fallas a tiempo y lograr un producto que cumpla con las especificaciones técnicas, por otro lado las empresas que se encuentran en crecimiento buscan tener la misma forma de trabajo pero al no cumplir con los recursos necesarios tratan de cumplir con los requisitos necesarios para lograr entregar un producto acorde al mercado.

Martínez (2004), en el día a día se observa que los procesos de comercialización de un bien y servicio tiene el fin de cubrir las necesidades de los clientes, de esta manera las organizaciones tienen la responsabilidad de brindar las garantías por un tiempo determinado a fin de poder solucionar los problemas o inconvenientes que puedan presentar con el producto.

Dentro de las metodologías más utilizadas para disminuir fallas y realizar mejoras encontramos al Ciclo de Deming, esta herramienta es efectiva para mejorar la calidad y eficiencia en cada uno de los procesos que puedan presentar las organizaciones, en este sentido las empresas se encuentran en constantes cambios y mejoras, apoyándose en las normas ISO, estas brindan soporte de estudio de satisfacción de los clientes y algunas acciones preventivas y correctivas para todo el proceso de producción, ya que busca entregar un producto que cumpla con las especificaciones técnicas.

El AMFE consiste en analizar las fallas de un proceso productivo y evitar que los productos terminados tengan fallas y/o defectos. En el año 2019, se publicó el nuevo manual que aplica para los proveedores de la industria automotriz, actualiza las reglas para poder realizar el AMFE de procesos que sean acordes a las necesidades actuales de la industria automotriz, actualmente contamos con un entorno más competitivo, hay mayor requerimiento de calidad por parte de ellos clientes, con el apoyo de esta metodología se busca brindar soluciones a los problemas que puedan suceder en el producto y en el proceso.

Todos los problemas expuestos impactan seriamente en los resultados financieros y rentabilidad de la empresa, reduciendo la productividad y nuestra competitividad en un mercado cada vez más exigente.

3.2. Determinación del Problema

3.2.1. Problema Principal

¿Cómo las metodologías del ciclo de Deming y AMFE mejoran los procesos de fabricación de la empresa Radiadores Fortaleza S.A.C. en lima – 2023?

3.2.2. Problemas Secundarios

¿Cómo las metodologías del Ciclo de Deming y AMFE permiten reducir la cantidad de productos no conformes en la empresa Radiadores fortaleza?

¿Cómo la metodología del Ciclo de Deming y AMFE mejoran la productividad de la fabricación de paneles en la empresa Radiadores fortaleza?

¿Como la metodología del Ciclo de Deming y AMFE ayudan a reducir los costos de fabricación en la empresa Radiadores fortaleza?

3.3. Objetivo General

Determinar si la metodología del ciclo de Deming y AMFE mejoran los procesos de fabricación de paneles de la empresa Radiadores Fortaleza S.A.C en lima-2023

3.4. Objetivos Específicos

Determinar si la metodología ciclo de Deming y AMFE permiten reducir la cantidad de productos no conformes en la empresa Radiadores Fortaleza.

Determinar si la metodología ciclo de Deming y AMFE mejoran la productividad de la fabricación de paneles en la empresa Radiadores Fortaleza.

Determinar si la metodología de Deming ayuda a reducir los costos de fabricación en la empresa Radiadores Fortaleza.

3.5. Justificación

Debido al incremento en la competencia local del rubro por importación de paneles de cobre taiwanés e ingreso al mercado de paneles de aluminio chino de menor calidad y bajo coste; la empresa se ve en la necesidad de ser más competitiva y adaptarse a los precios del mercado, reduciendo sus costos operativos, mejorando su eficiencia y destacando las bondades y beneficios de su producto hacia el consumidor final.

Por esta razón la empresa se encuentra implementando metodologías como Ciclo de Deming y el AMFE para lograr mejoras en sus procesos, reducir reprocesos, mejorar su productividad, costos y brindar un producto de calidad para satisfacción y fidelización de clientes.

Tiene como objetivo general evitar los reprocesos en el área de fabricación de paneles de la empresa Radiadores Fortaleza aplicando las herramientas mencionadas, ya que se realizara un diagnóstico, detectar los problemas y finalmente se procederá con las implementaciones de mejora, para tener las siguientes resultados : reducción de productos no conformes, optimizar los recursos, disminuir costos incremento de la productividad, mejorar la calidad, satisfacción del cliente, una adecuada comunicación entre los área de la empresa y aumentar su nivel productivo.

Por ello sus procesos se encuentran en constante cambio y requiere que el personal técnico y operativo se adapte a las oportunidades de mejora que se van implementando, para poder lograr sus objetivos, acorde a la política de la empresa.

Este proyecto surge de la necesidad de Radiadores Fortaleza S.A. de robustecer su sistema de mejora continua y el AMFE, a medida que le permita brindar solución a los principales problemas que afectan la calidad del producto en proceso y producto terminado en la

planta automotriz. Permitirá reducir la cantidad de productos no conformes y mejorar los procesos de fabricación, mejorando la eficiencia del valor agregado en la línea de producción y lograr incrementar la rentabilidad.

Al detectar las causas raíz y los impactos que generan en los procesos involucrados bajo estas herramientas, se poder definir y aplicar planes de acción, estandarizar los procesos, disponer de mano de obra calificada, reducir costos operativos mejorando la eficiencia en la fabricación de paneles de cobre, minimizar mermas, optimizar el uso de recursos y establecer buenas prácticas.

Se busca encontrar las cuales son los posibles fallos en el proceso de producción en el y poder implementar el ciclo de Deming de manera secuencial ya que es una manera práctica y nos ayudará a disminuir las mermas y reprocesos.

A nivel nacional e internacional la empresa Radiadores Fortaleza con la mejora en los procesos de la planta automotriz podrá ser más competitiva en el mercado con mejores precios al reducir costos de fabricación. Aumentará la satisfacción de los clientes entregándoles productos y servicios de calidad.

3.6. Alcances y Limitaciones

Silva (2020) descriptivo tiene como finalidad describir de manera detallada la situación actual que viene atravesando la empresa Radiadores Fortaleza detectando los puntos críticos, planteando una propuesta solución para mejorar la calidad de fabricación de paneles.

Vidaurre (2018) el método del informe es explicativa por que se buscara explicar cuáles son las causas presentes de la variable independiente (mejorar el proceso de producción) poder brindar solución al área automotriz de la empresa Radiadores Fortaleza.

Apolinares y Lartiga (2021), el presente informe es de investigación aplicada por que se utilizan técnicas y herramientas de producción existentes y materializar la teoría y llevarlo a la práctica para poder brindar solución a los incidentes que se presentan en la empresa Radiadores Fortaleza.

Castellanos (2018), el diseño de este informe es longitudinal, se aplicarán instrumentos de medición al proceso de producción de paneles al precedente y a posteriori de la ejecución del ciclo de Deming (PHVA), registrando los cambios que se van presentando en un tiempo prolongado.

4. Marco Teórico

4.1. Antecedentes Bibliográficos

Castellanos (2018) mejora la productividad de procesos de una empresa textil, especializadas en acabados textiles. El rubro ha ido evolucionando al largo de los años y la competencia ha incrementado, por esta razón se vieron en la necesidad de disminuir en los costos de confección para poder tener precios accesibles al mercado y puedan mantenerse vigentes. En la actualidad las dificultades que presentan en el área de fabricación y tintorería son varias, la herramienta de Pareto le permite identificar que el 80 % de los problemas son por las siguientes causas: la falta de inspección, tiempos muertos, demoras de producción, ocasionado a no llegar a cumplir con los requerimientos (retrasos en la entrega de pedidos) de los clientes. El estudio comparo La implementación del ciclo de Deming va permitir que la empresa sea más eficaz y eficiente en sus procesos cumpliendo con los despachos programados En la primera etapa de Deming el autor arma un plan de mejora donde se fijan los objetivos y los indicadores que se van usar en las áreas de trabajo. Segunda etapa ejecuta lo planificado que son charla a los colaboradores, estandarizar los procesos, toma de tiempos, inspeccionar que las actividades se ejecuten de manera secuencial. Tercera etapa se va visualizar luego de la implementación de la etapa de la mejora propuesta, se verificará los resultados y se evidenció que se logró aumentar la productividad en un 44,6 %, eficiencia de procesos en 46,71 % y la eficacia en un 35,84 % en esta última etapa como se observó que la hipótesis planteada dio solución se homogenizó las actividades con el fin de crear una cultura de mejora constante. Finalmente (Castellanos, 2018), señala que después de la implementación de la metodología Deming se evidenció una mejora representativa en la productividad se obtuvo una correlación Spearman de 0,446 con

representación de ($p=0,000<0,05$) afirmando que la variable dependiente e independiente están relacionadas entre sí.

(Eguilas, 2018) aplica el método AMFE para poder incrementar la productividad en el “área de pistoleado de la empresa Industrias Ktroc S.A.C” , con el objetivo que le permita identificar las causas que los productos defectuosos y evitar que lleguen al cliente El autor menciona que se ha venido registrando ciertos problemas en el proceso como quemado de etiquetas, mal empaquetado ,botellas flácidas, paquete con huecos y paquetes parchados ,entre otras desconformidades ante estos inconvenientes toma la decisión de aplicar el método AMFE y poder establecer controlando e inspeccionando cada actividad del proceso y poder disminuir las fallas y puedan tener la productividad esperada. La investigación se realizó en el área de pistoleado, luego de hacer un estudio utilizando el diagrama de las 6M (Ishikawa) y La curva de distribución ABC (Pareto), el tipo de investigación que se realizó es aplicada, explicativo y experimental, menciona que la población a trabajar es el número total de unidades fabricadas, en base al cronograma planificado. AMFE ayudó a detectar cuales son las causas que llevaron a producir dichas falencias, se detecta que la maquinas no tenían un control de mantenimiento preventivo, fallas en el material. Se logró mitigar estas falencias y obtener como resultado un aumento en la productividad de 38,9 %, una mejora del 25,6 % en la eficiencia y un incremento de 19,8 % en la eficacia. De los resultados obtenidos con la metodología AMFE el autor menciona que ayuda a mejorar los procedimientos de trabajo, permite detectar a tiempo las falencias que se puedan producir en el proceso En conclusión AMFE logra mejorar la eficacia y la eficiencia en las empresas aumentando la productividad de estas logrando entregar productos conformes y fidelizando su cartera de clientes. Cabe resaltar que también ayuda al clima organizacional llegando a cumplir con los objetivos planificados

Rojas (2018) propuesta para reducir productos deteriorados en el almacén de una empresa comercializadora y transforma hierros y aceros. La empresa al encontrarse en crecimiento sus procesos fueron más complejos y no cuenta con el ambiente adecuado para la función de sus actividades teniendo como consecuencias mudas (desperdicios) de productos, devoluciones por no conformidad de productos que pueden ser que no cumple con perfil requerido o el material no está en perfectas condiciones, desmotivación del personal, entre otros. Por esta razón se implementa la metodología PDCA con apoyo de las herramientas de 5S y de gestión por procesos el trabajo de aplicación es de método descriptivo puesto que va describir las posibles las causas y las soluciones que serán aplicada la planta YOHERSA de Villa El Salvador. Tras aplicar la metodología se evidencia que los tiempos de empaquetado mejoró llegando a 5 min aproximadamente, la cantidad de productos deteriorados disminuyó en 47 % se evidenció que el 25 % de las actividades no son necesarias en el proceso, con la estandarización de procesos se logra disminuir en un 27 % el tiempo de búsqueda de materiales en la planta, una de las cifras significativas es la disminución de entrega por parte de los clientes en un 63 %. Finalmente se demuestra gestión por proceso en las empresas productivas están siendo de total importancia para poder incrementar su productividad y disminuir los puntos críticos en los procesos, en aspectos monetarios se generó economizar S/ 140 211 nuevos soles anuales sirviendo como referencia para las empresas del mismo rubro.

Espinoza (2019), plantea una propuesta de mejora en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y Manufactura Esbelta. El tesista menciona que los productos que no cumplen con las especificaciones técnicas tiene un gran impacto en los procesos de producción de la empresa de plástico dedicada a la fabricación de envases ,siendo el proceso más crítico el proceso productivo obtenido luego de la extrusión en la máquina de

soplado ,previa recopilación de información se decide utilizar el Ciclo de Deming 5s,cabe resaltar que la primera vez que se utilizara este tipo de metodologías por lo tanto tuvieron que capacitar a los involucrados que participaran en la implementación, apoyándose de metodología y herramientas de la calidad (Ishikawa. SIPOC, DOE), llevara a cabo métodos estadísticos y hechos aplicando un análisis para poder verificar la hipótesis, tipo de investigación es descriptiva y exploratoria, el objeto de estudio son los productos defectuosos con el circulo de la calidad y 5S pudo reducir el peso a 2 600 Kg que equivale un total de 2 680 envases. Lo resultados ayudan a la empresa productora de envases de plástico a mejorar sus procesos, la calidad de servicio y los tiempos de entregas a los clientes logrando fidelizarlos y permitiéndole ser más rentable y tener precios competitivos, Luego de la evaluación económica plantea dos escenarios donde en ambos existe un ahorro en la reducción de PNC, menciona que va depender que tan involucrada este la gerencia y los trabajadores de la empresa.

Espinoza y Menéndez (2019), implementa el Circulo de la calidad para mejorar las operaciones dedicado a germinar y comercializar arroz. El tesista menciona que el arroz es una fuente de primera de necesidad de las personas que representan un 50 % de su consumo por esta razón es importante brindarle un producto de calidad. La empresa presenta falencias en el área de operaciones que hacen que decrezcan las ventas, previa recopilación de información se decide implementar la mejora continua tomando como referencias las entrevistas al administrador ya que cuenta con los detalles y tareas realizadas en la planta, la metodología aplicada es cuantitativa pues se llevara a cabo métodos estadísticos y hechos aplicando un análisis para poder verificar la hipótesis ,tipo de investigación es descriptiva y exploratoria su proyecto propone obtener información de las variables el objeto de estudio es 20 personas (personal de la empresa) con el circulo de la calidad pudo mejorar los tiempos en el proceso con una eficacia de

98 %, reducir los reprocesos en un 0,02 %, y la cantidad de horas hombre en los mantenimientos correctivos en a 23,6 %. Los resultados ayudan a la empresa San José a estandarizar sus procesos, mejorar el ambiente para la materia prima, aumentó su productividad y mejoró sus tiempos en las actividades permitiéndole ser más rentable y tener precios competitivos.

Blas y Cáceres (2020), menciona que la única compañía dedicada a realizar mantenimiento, diseño y construcciones de embarcaciones viene presentando problemas en sus costos, en el proceso de confección de cama de varado. Propone soluciones que puedan ayudar a empresas que se desarrollan en el mismo rubro Por los motivos mencionados decide implementar el ciclo de Deming en la etapa de hacer se usarán herramientas (Pareto, Ishikawa, diagramas) se logra descubrir que por no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo a la compuerta del dique, no hay buena planificación en las actividades de trabajo, los calzos de madera no cuenta con un correcto aprovisionamiento incurriendo en sobre costos con la finalidad de identificar cuáles son las tareas y cuáles son las fallas más recurrentes AMFE clásico como la falla que mayor impacto el aprovisionamiento de materiales con un número prioritario de riesgo (630) y en último lugar pero no menos importante es el dar altura a casado laterales con un número prioritario de riesgo (96). La implementación del plan de mejora se logró un ahorro del 40 % de los costos de confección de cama Con las mejoras implementadas en cada etapa de Deming se logró reducir grandemente los costos en el proceso

4.2. Bases Teóricas

4.2.1. Ciclo de Deming

Rojas (2018) el ciclo de Shewhart señala que cuenta con cuatro etapas de manera secuencial, se adapta a cualquier proceso y poder logra la mejora esperada, se implementa como

prueba piloto luego se analiza los resultados y en la última etapa propone acciones de mejoramiento

Peña (2010), menciona que el Ciclo de Deming cuenta con 4 fases (plan, do, check, act) es muy utilizado para realizar cualquier tipo de tareas conforme se va fijando las metas cuando estas se logren concretar se buscan nuevas propuestas de calidad.

Chacón (2021), señala que la filosofía Deming tiene como finalidad lograr una buena programación en las actividades y mejorar las industrias, cumpliendo con los requisitos de la calidad. Su implementación es practica y de mucha ayuda para los colaboradores y puedan ser más productivos con la finalidad de llegar a las metas establecidas.

Barrios (2015), describe al círculo de la calidad es una metodología que se viene aplicando en las empresas con el fin de lograr mejoras, que buscan implementar métodos de calidad. Consiste en el enfoque de sus cuatro patrones establecidos que se va desarrollar de manera cíclica y ordenada, se repetirá las veces que sea necesaria hasta lograr las metas planificadas.

Blas y Cáceres (2020), indican que el ciclo de Deming o como también conocido como el ciclo de Shewhart describe las cuatro etapas que se va aplicar las veces que sea necesario con el objetivo que se monitoree de forma constante para poder aplicar buenas prácticas al proceso, nos va garantizar la seguridad de ofrecer productor y servicios a los clientes.

4.2.2. Análisis de Falla y Efecto (AMFE)

Espinal (2020) resalta que el AMFE se desarrolló para brindar solución y garantizar la operatividad de los equipos, este análisis es un método que identifica y prioriza las posibles fallas en una producto, proceso o actividad realizada, y se poder mitigarlas, esta herramienta permite categorizar los datos para poder hacer unos análisis.

Eguilas (2018), menciona que el AMFE que permite ayudar a mejorar el procedimiento de un trabajo en una organización, y al momento de detectar las fallas o falencias se brinda una capacitación a los empleados para que tengan conocimiento y mejoren sus actividades de trabajo y de esta manera puedan llegar a tener una mejor productividad.

Blas y Cáceres (2020), menciona que el AMFE nace en los años cuarenta en la industria militar, es un método que nos permite visualizar cuales son las fallas en los productos, servicios, tareas y procedimientos. Los beneficios que nos aportan son detectar las causas de los errores del proceso, almacenar información de las acciones utilizadas para minimizar las contingencias que se puedan presentar, encontrar oportunidades de mejora, implementar controles preventivos que nos permitan encontrar deficiencias y tomar acciones.

Huayta (2020), señala que el AMFE o AMEF ayuda a detectar cuales son los defectos de un producto, tarea o acción a realizar en una empresa a raíz de que exista la posibilidad que vuelva ocurrir y el impacto que pueda ocasionar, el periodo de implementación es de total consideración puesto que se debe prevenir las fallas antes que estas sucedan. Categoriza las actividades colocándole una puntuación del 1 al 10 y poder calcular el NPR (número prioritario de riesgo).

4.2.3. Planificar

Blas y Cáceres (2020), la planificación es la primera etapa del ciclo de la calidad, se fijan las metas, actividades y estrategias, debatirá y analizará cuales son los problemas para poder mitigarlos, se establecen procedimientos o herramientas para llegar a la meta establecida por la organización.

Rojas (2018), menciona se va utilizar herramientas para conocer la estructura de la empresa y luego establecer los objetivos y poder iniciar con el plan de mejora, en esta fase se

planifica el equipo que va llevar a cabo las acciones de las actividades, así como los requerimientos que se van a utilizar (mano de obra, insumos y capital) y los controles de evaluación que ayudarán a cumplir con los objetivos establecidos.

Peña (2010), indica que en la etapa para planificar se deben plantear las metas a lograr, primero la descripción de la realidad actual de empresa, poniendo énfasis en el área donde los problemas son recurrentes, segundo armar un plan de mejora y por último fijar las actividades a seguir para cumplir con lo planificado.

Barrios (2015), manifiesta que en esta segunda etapa se materializa la idea, se verifica con los recursos que cuenta para poder realizar la implementación de manera cronológica y ordenada y se lleva a cabo las tomas de decisiones para conocer el plan de acción que se va realizar con la finalidad de conseguir la situación deseada.

4.2.4. Hacer

Peña (2010), en la fase de Hacer se pone en marcha lo planificado, es de prioridad que se ejecuten las actividades o tareas conforme a lo establecido, se deben fijar los indicadores de control para un monitoreo constante.

Barrios (2015), comenta que en esta etapa se ponen en práctica las acciones correctivas de acuerdo a lo establecido en la primera etapa, involucrando a las áreas afectadas para que conozcan cuales son las consecuencias de los problemas que se presentan y puedan avanzar sus actividades conforme al cronograma establecido, recopilar los resultados para evaluarlos en la siguiente etapa.

Chacón (2021), en este segundo periodo se implementan las acciones necesarias para lograr las mejoras planteadas considerando, la estructura, equipos, tecnología, mano de obra del personal, dirigidos por un supervisor que va a guiar de manera correcta lo planificado.

Blas y Cáceres (2020), menciona que en el ciclo del Hacer se efectúan cambios si se requiere y se pone en marcha lo planificado, se realizan ensayos para ver el comportamiento de la propuesta de mejora antes de realizar los cambios. Lo que se desea es que no ocurra un error en el proceso.

4.2.5. Verificar

Peña (2010), en la tercera fase del ciclo de Deming permite verificar los resultados recolectados versus lo planificados, esta se da en dos circunstancias al momento que se está ejecutando el proceso y al finalizar cuando ya se tienen los resultados con el objetivo de verificar o constatar que se logró la mejora esperada

Barrios (2015), señala que en la etapa de verificación resalta que después de un determinado tiempo los resultados estadísticos se pueden verificar y serán comparados con lo propuesto inicialmente y revisar el cumplimiento de estos, el autor describe un ejemplo de un deportista que entrena con personas de su mismo nivel físico constatando que ha logrado mejorar su rendimiento

Blas y Cáceres (2020), detallan que en este ciclo después de cotejar y verificar los datos estadísticos obtenidos en el ciclo anterior, recomienda que se conserve por un tiempo determinado la implementación de no observar mejoras se en base a las necesidades que se presentan y alinearlos a los objetivos establecidos por organización

4.2.6. Actuar

Chacón (2021), menciona que después de ejecutar lo planificado, se debe estimar los resultados en base a los indicadores fijados, estos serán observados para poder comparar con los objetivos propuestos en base a las políticas de la empresa.

Peña (2010), en esta última etapa menciona que, al momento de obtener los resultados de la etapa anterior si son favorables se deberán establecer (estandarizar) las actividades, en caso no sean idóneos se deberá replantear las mejoras propuestas hasta lograr lo planificado

Barrios (2015), manifiesta que en esta fase actuar, identifica que se necesita para lograr la implementación total, en relación con los resultados obtenidos en la fase anterior. Si se encontraron falencias se vuelve a iniciar el ciclo con las mejoras replanteadas, si las falencias no generan mayor impacto se puede modificar los procesos, documentar y estandarizar los procesos y brindar feedback para mejorar esta fase.

Blas y Cáceres (2020), describe que en este último ciclo realiza una comparación de los datos obtenidos, luego de tener la certeza que se llegó a la meta se pasa a documentar y fijar los procesos, si en caso no estén conformes con los resultados se debe repetir el ciclo las veces que sea necesario.

Chacón (2021), indica que después de verificar los resultados, se observa que los cambios son favorables, se procede a registrar, homogenizar los procesos y tareas para continuar con la calidad esperada. Si verificamos que no se llegó a cumplir con lo planificado se hace algunas modificaciones para poder resolver los errores que nos vienen afectados.

4.2.7. Productividad

Castellanos (2018), precisa que la productividad es la relación entre los recursos que nos brindan para producir un producto con la respectiva consideración del tiempo que se lleva producirlo sin olvidar la calidad, que el mercado lo considera atractivo, su fórmula es producción total obtenida sobre la cantidad de factor empleados. El porcentaje de rendimiento que mide como se emplean los recursos disponibles de las organizaciones.

Chacón (2021) Menciona que la productividad es el resultado de haber mejorado una actividad, tarea o procedimiento, tomando como calculo el efecto de la eficiencia y eficacia. Precisa que es llegar al objetivo con los materiales asignados por la organización, es vital promover la productividad en los empleados.

Castellanos (2018), considera que la productividad en los procesos busca optimizarlos y que se puede tener mejores resultados, se requiere de una motivación para poder adaptarse a los cambios que se presentan e implementar nuevas metodologías, los indicadores de medición pueden ser la cantidad de productos conformes, la relación de la eficiencia y eficacia, estimar los recursos utilizados para alcanzar los resultados.

(Eguilas, 2018), indica que la productividad se puede cuantificar como el total de unidades producidas entre la proporción de materiales utilizados, ha logrado mejoras en las organizaciones realizando un correcto proceso, es la manera de poder medir que tan eficientemente utilizamos los recursos para generar valor económico.

4.2.8. Costos

Estrella y Fuentes (2020), un costo de producción bueno es cuando se tiene productos de calidad y se generan ganancias, por otro lado, existen los sobre costos que se generan por productos y servicios de mala calidad, por motivos de retrabajos, personal no capacitado, falta de controles, entre otros generando perdidas. Los costos pueden ser los que se generan por sobre producción (costo de capital), desperdicios de transporte que generan costos, sobre procesos que son trabajos adicionales sobre lo planificado que no estaban contemplados, desperdicios por productos defectuosos que no se pueden recuperar.

Blas y Cáceres (2020), mencionan que al momento de confeccionar la cama de varado, genera un sobrecosto y es por eso que tratan de mejorar los procesos y reducir el tiempo de fabricación con el fin de reducir los costos e incrementar las ganancias en cada servicio brindado.

4.2.9. No conformidades

Guevara y Huanuqueño (2019), menciona que en base a la ISO 9001-2015 una no conformidad se puede presentar en un producto, servicio o los que causan reclamo de clientes, se deben tomar acciones para poder mitigar estas no conformidades.

Zegarra (2017), manifiesta que los defectos de un producto señalan una no conformidad y menciona que en la empresa donde se realiza su implementación presentan productos defectuosos, donde califican las no conformidades en base a 4 criterios según el tamaño, peso, acabado y figura, señala que en base ISO 9001-2008 debe de tener controlados sus procesos y mejorar eficientemente para lograr la conformidad.

Estrella y Fuentes (2020), describen que los productos defectuosos ocurren en el proceso de producción y no cumple con los requisitos del cliente o técnicos de la calidad, este tipo de muda (despilfarro o desperdicio) generan perdidas para la empresa por los recursos utilizados para la fabricación, creando reclamos e incomodidad a los clientes.

Castellanos (2018), manifiesta que el proceso de producción es todo aquello que se produce utilizando los recursos para poder cubrir las necesidades de las personas.

4.3. Definición de Términos Básicos

Ciclo de Deming (mejora continua) o ciclo de Shewhart: propone una manera dinámica para mejorar los procesos que pueden ser de producción o servicios, a través de 4 etapas que son: Planear, se hará una exploración sobre la situación actual que viene atravesando la empresa; Hacer, se implementará lo planificado de acuerdo a las políticas de la empresa;

Verificar, se analizará los resultados esperados con la finalidad de ver las mejoras y finalmente; Actuar, donde se pasa a estandarizar y documentar todo lo que ayudó al proceso de mejora.

Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMEF): es una herramienta que ayuda a detectar en un proceso las fallas que pueden ocurrir de manera eventual (modos de fallas), los factores que se toman en cuenta son efecto de falla que es lo que está pasando en el proceso antes que estos ocurran, esto nos ayudará a reducir tiempo, costo y riesgo en el desarrollo de las actividades, aumentando la calidad del producto.

Productividad: es la relación entre los recursos que nos brindan para producir un producto con la respectiva consideración del tiempo que lleva producirlo sin olvidar la calidad, que el mercado considera atractivo, su fórmula es producción total obtenida sobre la cantidad de factor empleados. El grado de rendimiento que mide como se emplean los recursos disponibles de las organizaciones.

Costos: son los que se emplean para fabricar un producto o servicio entre ellos encontramos los costos fijos y variables dentro de estos costos también podemos incluir el salario a los trabajadores, gastos derivados de la actividad económica como servicios de mercadotecnia o la compra de mercaderías. Cabe resaltar, que un costo no es sinónimo de gasto, estos son aquel que disminuye nuestra utilidad y puede generar pérdidas, en el costo de producción son materia prima o materiales directos, también se consideran los materiales indirectos que son aquellos que no constituyen parte del producto (cajas o bolsa) para darle una mejor presentación al producto.

Productos no conformes: son los productos que no cumplen con los estándares de calidad, en este informe se va dividir en tres partes: PNC Recuperado, son todos aquellos panales que arreglando ciertos defectos de fabricación podemos hacer que cumplan las especificaciones técnicas; PNC Devaluado, son aquellos panales que no fueron reparados a tiempo o al pasar por

un proceso de arreglos y reparaciones, su precio de venta disminuye ya que la eficiencia o estética de este no son presentables para los ojos del cliente y por último; PNC Perdido, son aquellos panales que tienen demasiados defectos de fabricación (más del 10 %) que son 3 a 4 tubos anulados por fugas dependiendo la cantidad de tubos que tenga el panel debido a que malograría la eficiencia del producto.

Proceso de producción: es transformación de la materia, agregando valor a un material o producto semiterminado, el cual se debe desarrollar bajo ciertos parámetros, especificaciones del cliente o normativa aplicable. Existen tipos de sistema de producción, continua, intermitente y en masa que son los más utilizados, la producción que se realiza en la planta automotriz de la empresa Radiadores Fortaleza es en serie considerando que el diseño de panales está estandarizado.

5. Propuesta de Solución

5.1. Metodología de la Solución

Para poder lograr solucionar los problemas que se presentan en la empresa Radiadores Fortaleza se implementará las propuestas de soluciones, haciendo uso de las siguientes herramientas:

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), el cual menciona que el AMFE nos va a ayudar a descubrir en el proceso de fabricación de panales, los cuales son las causas y los efectos de las fallas y para realizar el llenado de la matriz se seguirá una serie de pasos:

Primero se delimita el problema, se identificará las actividades que producen las fallas, se analizará el grado, gravedad o impacto que producen estas fallas, cuantificar el índice de prioridad por riesgo, establecer acciones correctivas o preventivas según sea el caso y finalmente documentarlas.

En la siguiente página se tabularán los valores que se darán según el criterio de evaluación por cada proceso a detectar.

Tabla 1.

Valor de severidad o gravedad Análisis Modal de Fallas y Efectos

Criterio	Valor (S) Severidad/Gravedad
INFIMA: El defecto serio imperceptible por el usuario	1
ESCASA: El cliente puede notar un fallo menor, pero solo provoca una ligera molestia	2-3
BAJA: El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5

MODERADA: El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente	6-7
ELEVADA: El fallo es crítico, generando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
MUY ELEVADA: El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

Nota. La tabla indica los valores que se utilizará en la matriz para el criterio severidad.

Tabla 2.

Criterio de Probabilidad Análisis Modal de Fallas y Efectos

Criterio	Probabilidad de Ocurrencia (O)
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa la probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancia pasada similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancia s similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Nota. La tabla indica los valores que se utilizará en la matriz para el criterio Probabilidad.

Tabla 3.*Criterios de probabilidad de no detección Análisis Modal*

Criterio	Probabilidad de no Detección (D)
MUY ESCASA: El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
ESCASA: El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
MODERADA: El defecto es una característica de bastante fácil y detección	4-5
FRECUENTE: Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
ELEVADA: El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9
MUY ELEVADA: El defecto con mucha probabilidad llegara al cliente, por ser muy difícil detectable	10

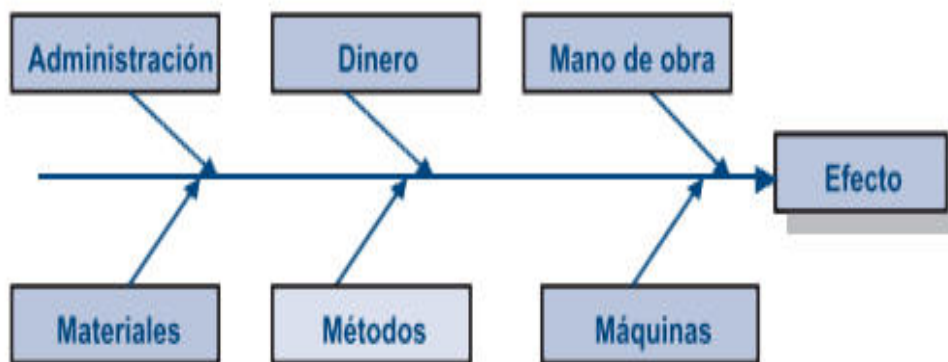
Nota. La tabla indica los valores que se utilizará en la matriz para el criterio Probabilidad.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), precisa que la recolección de datos o recolección de resultados es cuando el investigador busca y recopila la información que se requiere, antes se debe establecer el propósito para el cual se va a hacer uso de la información seleccionada, para esto es importante que se diseñen formatos donde se registre y documente la información, de modo que esta no se pierda y sirva para futuras consultas o dudas que se puedan presentar.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), Ishikawa creado por Kaoru Ishikawa, que lo utilizó para una capacitación de ingenieros de una empresa del rubro metalúrgico, también lo conocen también como diagrama de pescado (causa y efecto) es una de las técnicas utilizadas, se plasman todas las posibles causas de un problema para poder visualizarlas y clasificarlas de manera que puedas adaptarlo al problema que se presenta.

Figura 2.

Diagrama de Ishikawa



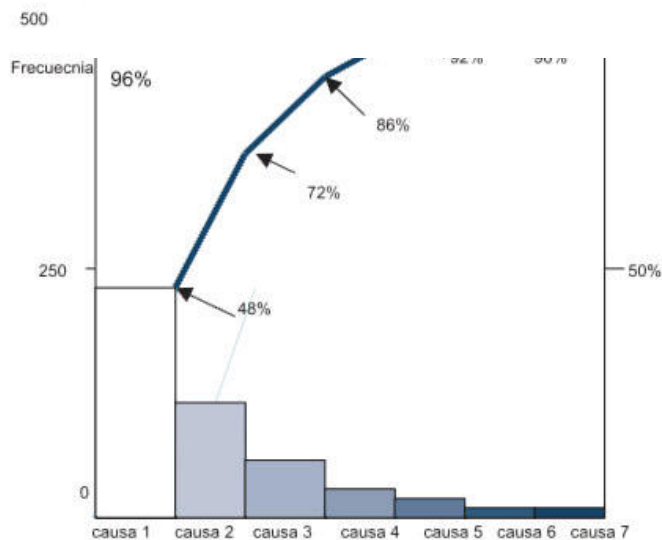
Nota. Adaptado de herramientas para la mejora de calidad (p.22), 2009, del Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), Brainstorming o lluvias de ideas (tormenta de ideas), es una herramienta que ayuda que las ideas fluyan y las podamos expresar de manera creativa sin limitaciones, dando creación a posibles ideas que resuelvan problemas, en el día a día son muy usadas en la vida personal y en las organizaciones. Se recomienda realizarla en equipo, los compañeros al escuchar las ideas de los demás se motivan a expresar las suyas y se recomiendan anotarlas para que después se puedan revisar.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), Pareto establece que el 80 % de los resultados totales es consecuencia del 20 % de las causas, se interpreta de manera gráfica mediante una curva que va de manera decreciente, este diagrama les da una clasificación a los datos obtenidos en el diagrama de Ishikawa (causa – efecto), el rango de clasificación es de 0 % a 100 %.

Figura 3.

Diagrama de Pareto



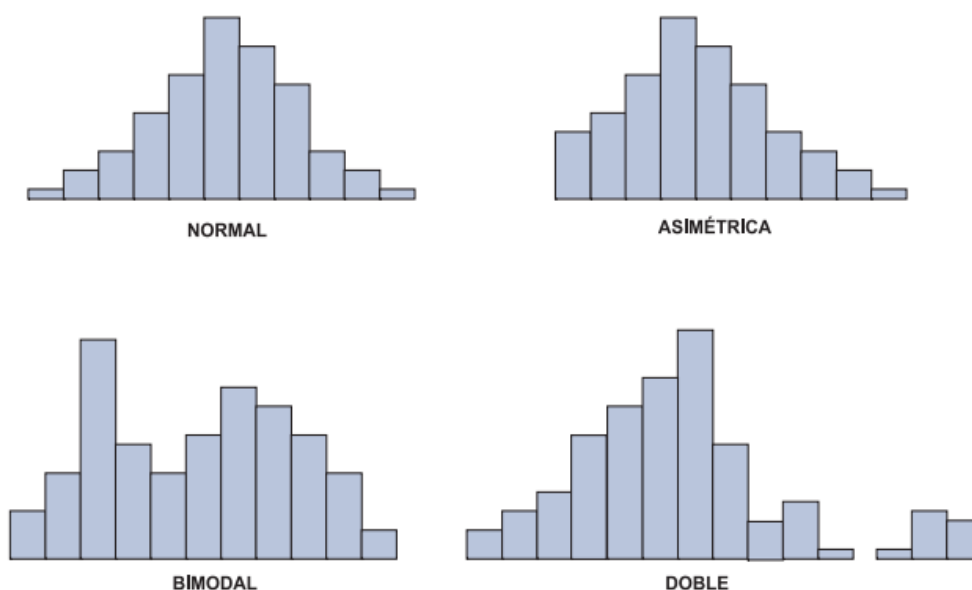
Nota. Adaptado de herramientas para la mejora de calidad (p.22), 2009, Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), los histogramas son una representación gráfica mediante barras, de tal manera que se pueda visualizar e interpretar los resultados estadísticos del diagrama de Pareto, ayudando a la toma de decisiones, su intervalo oscila en el eje “x” y “y” ayudándonos a identificar si se encuentra en nuestros límites establecidos.

Su comportamiento puede ser normal, asimétrica, bimodal o doble como se podrá observar de manera gráfica.

Figura 4.

Diagrama de barra



Nota. Adaptado de herramientas para la mejora de calidad (p.22), 2009, de Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

Diagnóstico de la situación actual

A través de los años la empresa radiadores Fortaleza ha ido creciendo debido al volumen de producción, sus procesos se fueron volviendo cada vez más complejos y se veían afectados por la saturación en los requerimientos de clientes.

Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación de panales: se toma como referencia la información detallada en los instructivos de trabajo, previamente corroborados por la inspección realizada en planta.

Entre ellas se detallan a continuación:

- A. Fabricación de tubos con costura (PRO-IN-001). En la fabricación se realizan las siguientes actividades:
- Realizar la limpieza y lubricación del sable, rodillos y máscara de corte.
 - Verificar la presión de manómetro principal a 88 PSI.
 - Verificar el filtro y llenar el tanque del lubricante de la máquina de tubos en la proporción agua / “Rolube 6001” (6:1).
 - Llenar la poza de ácido de la máquina de tubos con la solución en proporción agua / “Low-cor 401” (2:1)
 - Calentar la poza de soldadura al iniciar la jornada, agregar los lingotes de Sn/Pb (20/80) hasta mantener un nivel que cubra la succión de la bomba.
 - Cargar la cinta de latón a la máquina y pasarla a través de todas las estaciones de rodillos.
 - Programar el corte del largo de los lotes de tubos en función a la longitud de los panales a fabricar.
 - Regular la presión de aire en los jets de carga de soldadura al inicio del corte de los tubos.

Figura 5.

Presión de manómetro en las máquinas tuberas

Máquina Tubera 1/2"	Mínimo: 6 PSI	Máximo: 10 PSI
---------------------	---------------	----------------

Nota. Medidas establecidas por la empresa Radiadores Fortaleza.

- De la evaluación y experiencia se determinó eliminar los primeros 70 tubos de 160 mm de longitud por cada arranque de máquina.
 - Verificar al inicio del corte de los tubos, si filtra o no filtra la soldadura en la unión del material.
 - Identificar y almacenar los lotes de producto resultante para su empleo en procesos posteriores.
 - Verificar la limpieza del sable entre cada cambio de rollo de latón.
- B. Fabricación de aletas de cobre (PRO-IN-003). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:
- Realizar limpieza y lubricación de guías, rodamientos, rodillos de la estampadora.
 - Cargar la bobina de cobre en el alimentador de la máquina.
 - Realizar la programación del corte en función al tipo de aleta a estampar.
 - Verificar que la presión de estampado en el manómetro se encuentre calibrada en 88 PSI.
 - Accionar las máquinas de aletas rotativas y estampadoras.
 - Monitorear que las aletas tengan bordes parejos.

- Separar las aletas curvas, deformadas o fuera de medida.
- Identificar el lote de aletas para que sean asignadas al modelo de panel que corresponden.
- Almacenar las aletas cortadas y conservarlas en el mismo sentido como fueron estampadas.

Figura 6.

Modelo de corte de aletas en el proceso de estampado

El corte del largo de aletas	<p>Es igual al ancho del panel. Tol: +/- 1/8".</p> <p>Modelos de aletas en el proceso de estampado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caterpillar HC – HL. • Volvo GV – KV. • GL – KD. • Caterpillar AA – AC – AL. • Tubos sin Costura PA – PC – PL. • Volvo KW.
La cantidad de aletas por panel	<p>Se deberá consultar las siguientes especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte de Aletas por Mesa 7FPI. • Corte de Aletas por Mesa 8FPI. • Corte de Aletas por Mesa 9FPI.

Nota. Medidas establecidas por la empresa Radiadores Fortaleza.

C. Fabricación de parrillas de latón (PRO-IN-007). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Se emplean láminas de latón de 1/40" o 1/32".
- En función a la medida requerida del panel, agregar tanto al largo como al ancho 5/8".
- Cortar las parrillas en todos los casos con una tolerancia de +/- 1/8".

- Estampar la lámina resultante en la troqueladora a lo largo y ancho de su superficie.
- Realizar el plegado de las pestañas de 1/4" en los bordes para poder conformar el perfil de la junta donde finalmente el cliente soldará las tinas.
- Identificar y almacenar el producto en proceso.

D. Armado de panales (PRO-IN-009). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Trasladar los tubos con costura y aletas de cobre de los anaqueles y colocarlos sobre la mesa de armado.

Figura 7.

Mesa de armado de panales según la densidad de las aletas

Mesa de armado	<p>En función a la densidad de aletas del modelo del panal se determinará la mesa a emplear:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesa 7FPI. • Mesa 8FPI. • Mesa 9FPI.
-----------------------	---

Nota. Medidas establecidas por la empresa Radiadores Fortaleza.

- Armar los panales colocando primero todas las aletas y posteriormente los tubos.
- Introducir los tubos a lo largo del estampado entre las aletas, empleando lubricante en una solución con proporción: agua / “Rolube 6001” (20:1).
- Obteniendo como resultado una estructura rígida a presión.
- Descargar el panal de la mesa y continuar con la producción.

E. Emparrillado. El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

Luego de contar con el panel armado se deberá colocar las parrillas a presión sobre los bordes de los tubos con ayuda de un martillo de goma, verificando la alineación y cuadratura.

F. Horneado de panales (PRO-IN-012). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Llenar la poza con solución ácida fundente en la proporción agua / “LOW COR 33” (30:1).
- Agrupar los panales y revisar que las aletas se encuentren en buenas condiciones.
- Comprobar las diagonales de los panales y corregir su simetría antes del baño, tolerancia en la simetría de las diagonales $\pm 1/8$ ”.
- Rociar, bañar los panales en la poza de ácido, retirarlos y dejarlos escurrir
- Comprobar las diagonales de los panales y corregir su simetría antes del horneado, tolerancia en la simetría de las diagonales $\pm 1/8$ ”.
- Colocar los panales y bastidores de tubos en el horno.
- Controlar la temperatura del horno: Valor estándar $330^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por minuto.
- Controlar el tiempo de horneado según los criterios establecidos en la tabla adjunta: “Guía de Tiempo de Horneado de Panales y Tubos”
- Revisar que las aletas hayan soldado. Tomar un panel y revisar con una pinza en zonas de unión aleta-tubo.

G. Soldado de parrillas (PRO-IN-013). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Abrir la llave de gas, accionar el interruptor de la poza de soldadura y accionar el interruptor del sistema de aspiración de gas. Esperar que la temperatura alcance

el valor estándar. Luego agregar los lingotes de soldadura, la temperatura estándar es de 290°C, tolerancia +/- 10°C.

- Elaborar la solución de ácido fundente en la poza. Proporción. Agua / Low-cor 33 (1:1).
- Decapar la parrilla, apoyando la parrilla de los panales sobre la poza de solución flux.
- Sumergir inclinando la parrilla del panel en la poza de soldadura, para que el aire de los tubos del panel pueda escapar. Dejar el panel sobre la poza de soldadura durante un tiempo. El tiempo de inmersión de parrilla es: panales GV (10-30 segundos) con una tolerancia de +/- 10 segundos.
- Limpiar el exceso de soldadura y esperar que la parrilla del panel enfríe, repetir los mismos pasos con la parrilla restante.
- Después del baño de parrillas retirar los restos de soldadura de los tubos, los tubos del panel deben quedar abiertos.

H. Revisado. El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

Recargo de soldadura en zonas críticas como la unión tubo-parrilla para reforzar y garantizar la hermeticidad de las juntas.

I. Prueba de hermeticidad (PRO-IN-016). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Agrupar los panales por lotes de una misma altura.
- Colocar el panel entre las mordazas y accionar el dispositivo que sella el panel contra las mordazas.

- Ejecutar la prueba de estanqueidad neumática. Inyectar aire, observar que el manómetro marque la presión de prueba requerida. Cuando el aire este siendo inyectado, se procede a sumergir el panel, los paneles convencionales se deben inyectar aire a 20 PSI.
 - Detectar si existen fugas en el panel, si:
 - a) Panel es conforme = Recortar esquina de la plaqueta y enviar a Lavado.
 - b) Panel fuga por tubos = Marcar la fuga, doblar la plaqueta y reprocesarlo a Revisado.
 - c) Panel fuga por unión tubo parrilla = Reprocesar el panel a Revisado o Repasado.
 - d) Panel no conforme = Doblar la plaqueta hacia arriba.
- J. Lavado (PRO-IN-017). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:
- Recoger los paneles de la zona de Prueba y colocarlos sobre el soporte para el lavado.
 - Lavar las 6 caras del panel, tratando de ingresar agua por todos los tubos. Se debe lavar con abundante agua la zona de la unión tubo parrilla y las aletas. Eliminar los restos de ácido y suciedad en las parrillas.
 - El lavado de paneles se debe efectuar utilizando agua fría.
 - No maltratar las aletas del panel durante el manipuleo y la aplicación del chorro de agua a presión (en ambos procesos).
- K. Secado (PRO-IN-019). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:
- Aplicar aire comprimido sobre los paneles, para evitar el exceso de agua.

- Colocar los panales sobre la parrilla del horno de secado.
- Programar la temperatura de secado, según estándar: Máximo 90° C. Con una tolerancia de +/- 5° C por minuto.
- Controlar el tiempo de secado.
- Carga completa = 10 minutos. Media carga = 5 minutos, en todos los casos una tolerancia + 2 minutos.
- Los panales deben secarse durante el día de producción y en lo posible no deben quedar panales mojados para el día siguiente.

L. Peinado. El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

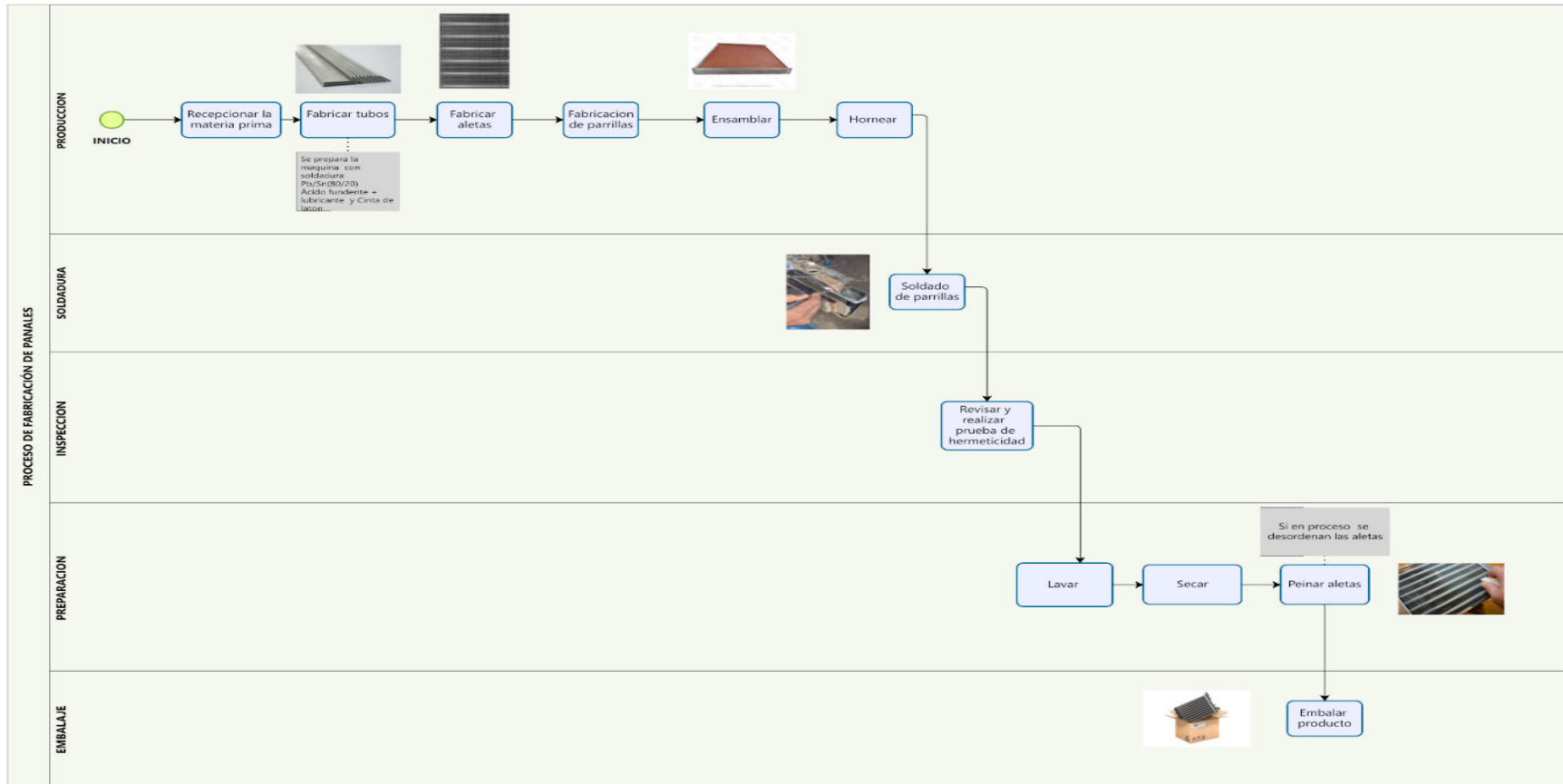
Con ayuda de herramientas manuales se enderezan y alinean las aletas que pudieran haberse deformado durante la manipulación a lo largo de la línea de producción, para mejorar el acabado estético y presentación del producto.

M. Embalaje (PRO-IN-023). El proceso de fabricación consta de las siguientes actividades:

- Realizar la verificación del panal en cuanto a la calidad y presentación del producto.
- Agrupar a los productos terminados por modelos o tipos.
- Seleccionar cajas de cartón según las dimensiones de los productos terminados.
- Solicitar el sticker de identificación del producto terminado al responsable del Ingreso de la Producción.
- Pegar en el lomo de la caja el sticker de identificación.
- Registrar en el sistema e internar en almacén el producto terminado.

Figura 8.

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de Paneles



Nota. En la figura se describe de manera grafica los procesos descritos anteriormente.

Análisis Interno de la Empresa

En el capítulo 3.1. “Planteamiento del problema”, se describió que en los principales procesos críticos (fabricación de tubos, horneado y prueba de hermeticidad) es donde se genera la mayor cantidad de productos no conformes en el área Automotriz de Radiadores Fortaleza, afectan la calidad de los productos, ocasionan reprocesos y aumento de productos no conformes.

Registro mensual de defectos de fabricación (mayo 2019): se lleva un registro mensual de la cantidad de producto defectuoso (Producto no conforme), pero no se ejecutan acciones correctivas que ayuden a revertir y mejorar la calidad y eficiencia del proceso.

Figura 9.

Defectos de fabricación

O.I	MODELO	SERII	OBSERVACION	CANTID.	FUNCIONA/	Día
24623	1621GC3GL.	658860	Aletas sueltas		SI	10/05/2019
24623	1621GC3GL.	658875	Aletas sueltas		SI	11/05/2019
24660	2323FB4GV.	657719	Aletas manchadas		SI	20/05/2019
24660	2323FB4GV.	657716	Aletas manchadas		SI	20/05/2019
24550	1523KI3GV.	657691	Aletas manchadas		SI	20/05/2019
24660	2830HI4GV.	657725	Aletas manchadas		SI	20/05/2019
24688	2718GD3GL.S	633955	Aletas manchadas		SI	20/05/2019
24711	2223GA4GL.	652097	Aletas Rotas		SI	20/05/2019
24541	1820J4GL.	660782	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24541	2113II4GL.	652115	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24718	1226KX3GL.	658337	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24541	1820J4GL.	660771	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24727	1924XC4GL.	652276	Aletas sueltas		SI	23/05/2019
24541	1820J4GL.	660754	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24660	1420BJ4GL.	649283	Aletas manchadas		SI	23/05/2019
24749	1227KK3GL.	660903	Aletas manchadas		SI	27/05/2019
24718	2517XA3GL.	658158	Aletas manchadas		SI	27/05/2019
24756	2424KC4GL.	648283	Tubos anulados	1	SI	30/05/2019

Nota. La figura se muestra en el registro que se actualiza de defectos de producción.

Tabla 4.*Porcentaje de cantidad de defectos*

Observaciones	Cantidad	Porcentaje de Fallas
Aletas manchadas	13	72 %
Aletas sueltas	3	17 %
Aletas Rotas	1	6 %
Tubos anulados	1	6 %
Total	18	

Nota. La figura se muestra el porcentaje de defectos de producción.

En el periodo (Julio 2018 - Julio 2019) en la planta de producción se registraron 315 paneles de cobre con defectos de fabricación, que no cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de paneles no conformes por tipo de defecto:

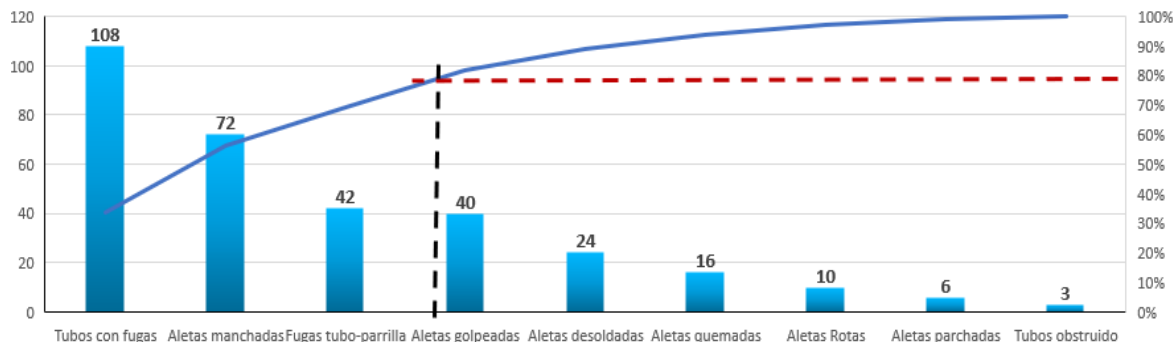
Tabla 5.*Defectos de fabricación*

Item	Retrabajos	Cant. (Unid.)	%
1	Tubos con fugas	108	34,3 %
2	Aletas manchadas	72	22,9 %
3	Fugas tubo-parrilla	42	13,3 %
4	Aletas golpeadas	34	10,8 %
5	Aletas desoldadas	24	7,6 %
6	Aletas quemadas	16	5,1 %
7	Aletas rotas	10	3,2 %
8	Aletas parchadas	6	1,9 %
9	Tubos obstruidos	3	1,0 %
	TOTAL	315	100 %

Nota. El mayor porcentaje de defectos de fabricación son los tubos con fuga con un 34,3 % del total de defectos.

Figura 5.

Tipos de defectos – Diagrama de Pareto



Nota. En la figura se muestra cuáles son los defectos que debemos solucionar en relación 80-20 de Pareto.

Se lleva un registro mensual de la cantidad de producto defectuoso (producto no conforme), pero no se ejecutan acciones correctivas que ayuden a revertir y mejorar la calidad y eficiencia del proceso.

Tabla 6.

Principales problemas

Ítem	Principales problemas	Proceso productivo
1	Fugas en costura de tubos	Fabricación de tubos con costuras
2	Fugas en unión tubo-parrilla	Fabricación de tubos con costuras
3	Manchas de soldadura en aletas	Fabricación de tubos con costuras y horneado
4	panales abollados y con aletas rotas	Horneado hasta el embalaje

Nota. La tabla menciona los principales problemas de producción.

Con lo cual por correspondencia se pueden identificar los procesos críticos en donde se ve afectada la calidad de los productos, se generan reprocesos y mayor incremento en la cantidad de productos no conformes.

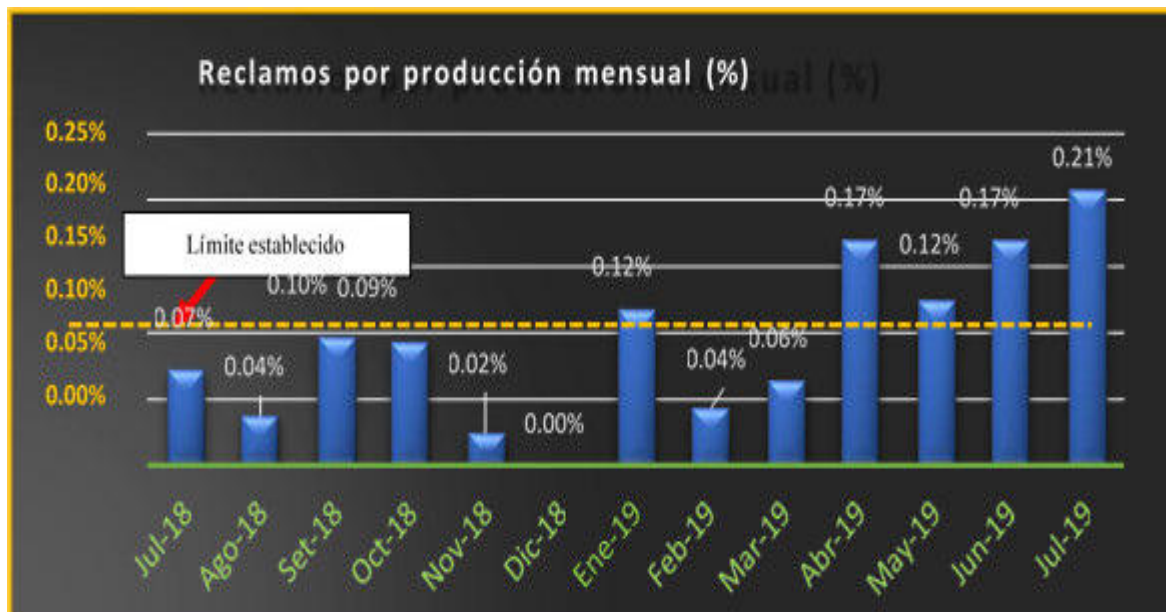
De forma adicional se revisó el detalle del historial de reclamos para mapear los defectos que impactan al cliente.

Tabla 7.

Total de reclamos

Meses	N° Reclamos	Total producido	Parte porcentual
Jul-18	2	2 757	0,07 %
Ago-18	1	2 644	0,04 %
Set-18	3	3 079	0,10 %
Oct-18	3	3 211	0,09 %
Nov-18	1	4 030	0,02 %
Dic-18	0	1 217	0,00 %
Ene-19	5	3 200	0,15 %
Feb-19	6	2 890	0,21 %
Mar-19	3	3 000	0,09 %
Abr-19	7	2 840	0,25 %
May-19	6	2 700	0,22 %
Jun-19	7	2 360	0,26 %

Nota. Presenta los reclamos de distintos clientes que se tuvo en el mes de julio del 2018 hasta junio del 2019.

Figura 10.*KPI de Reclamos*

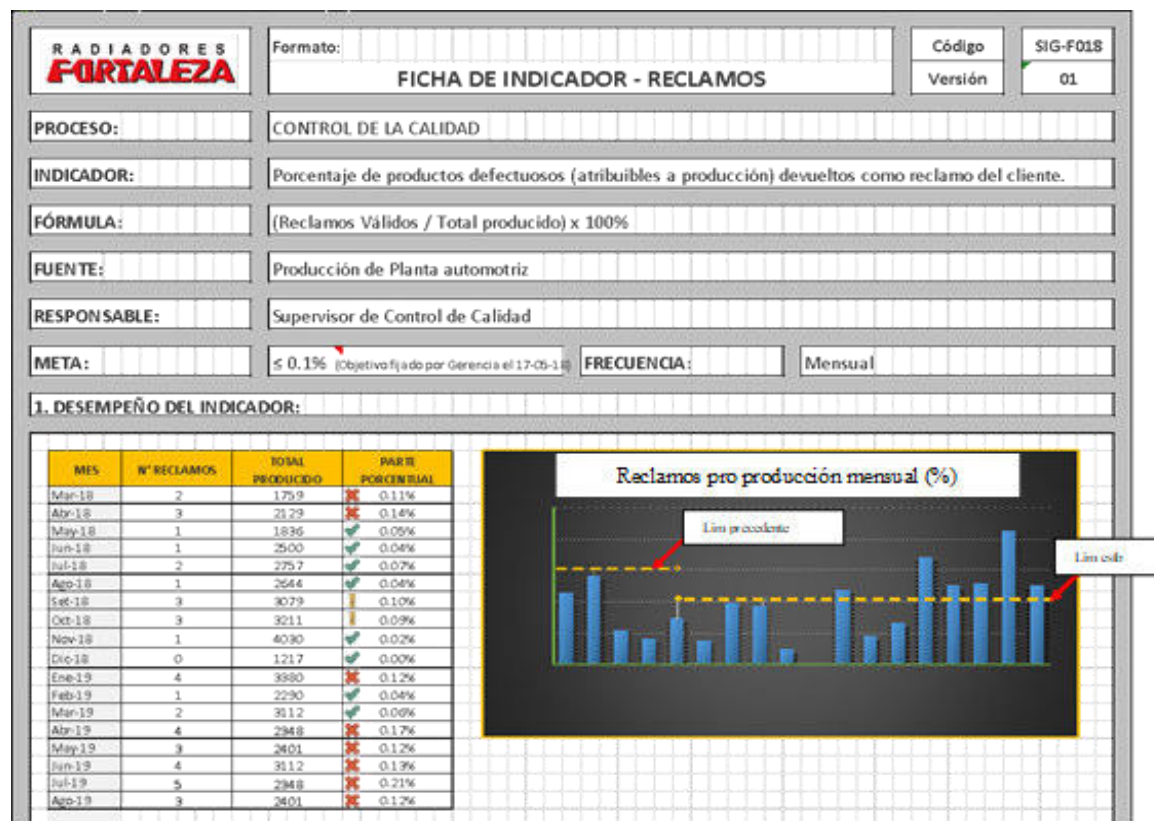
Nota. En la figura ilustra los reclamos por parte de los clientes que hubo desde el mes de Julio del 2018 al mes de julio del 2019.

Control mensual de reclamos.

Se puede observar que la cantidad de reclamos en los últimos meses aumentó debido a que existen panales con fuga no detectados durante la prueba de hermeticidad y que salen al mercado para su distribución, generando insatisfacción del cliente y baja percepción de calidad.

Figura 11.

Control mensual de reclamos



Nota. En la imagen se ve que se sobrepasó el límite de alerta de reclamos establecido por gerencia.

Análisis de Causa raíz

Para identificar el origen de los problemas se emplearán herramientas de calidad para poder brindar solución a los problemas encontrados, entre ellas tenemos:

a. Lluvia de ideas.

Se concertaron reuniones con el equipo multidisciplinario a fin de detectar las causas raíz, haciendo uso de herramientas como lluvia de ideas que alimenten la estructura del diagrama de Ishikawa.

- Necesidad de asegurar un monitoreo permanente a los procesos y productos, hasta estabilizar y reducir el volumen de desviaciones.
- Reclamos continuos por fugas.
- Alta rotación de personal nuevo en las diferentes áreas de trabajo, limitando el tiempo de adiestramiento y especialización en cada proceso productivo, por lo cual se dispone de personal poco calificado y apto para el desempeño de sus funciones.
- Actualizar procedimientos e instructivos de trabajo, acorde al método de trabajo y buenas prácticas de manufactura a adoptar. Necesidad de implementar estándares visuales para la rápida identificación de lineamientos.
- Necesidad de acondicionar los registros de producción para poder medir la eficiencia de cada proceso a través de indicadores de gestión.
- Necesidad de reforzar el programa de capacitación y retroalimentación del personal operativo.
- No stock de repuestos de máquinas de procesos críticos, generando paradas.

b. Diagrama de Ishikawa.

Mano de obra:

- Personal antiguo tuvo formación empírica y actualmente los procesos críticos requieren mano de obra especializada.
- Necesidad de mejorar la ergonomía en estaciones de trabajo identificadas, para mantener el rendimiento y preservar la salud del personal operativo.
- Necesidad de capacitación, concientización y supervisión activa en procesos por estabilizar.

Factor maquinaria:

- Necesidad de focalizar y afinar el plan de mantenimiento en maquinaria, repuestos y herramientas de procesos críticos.

Medio ambiente:

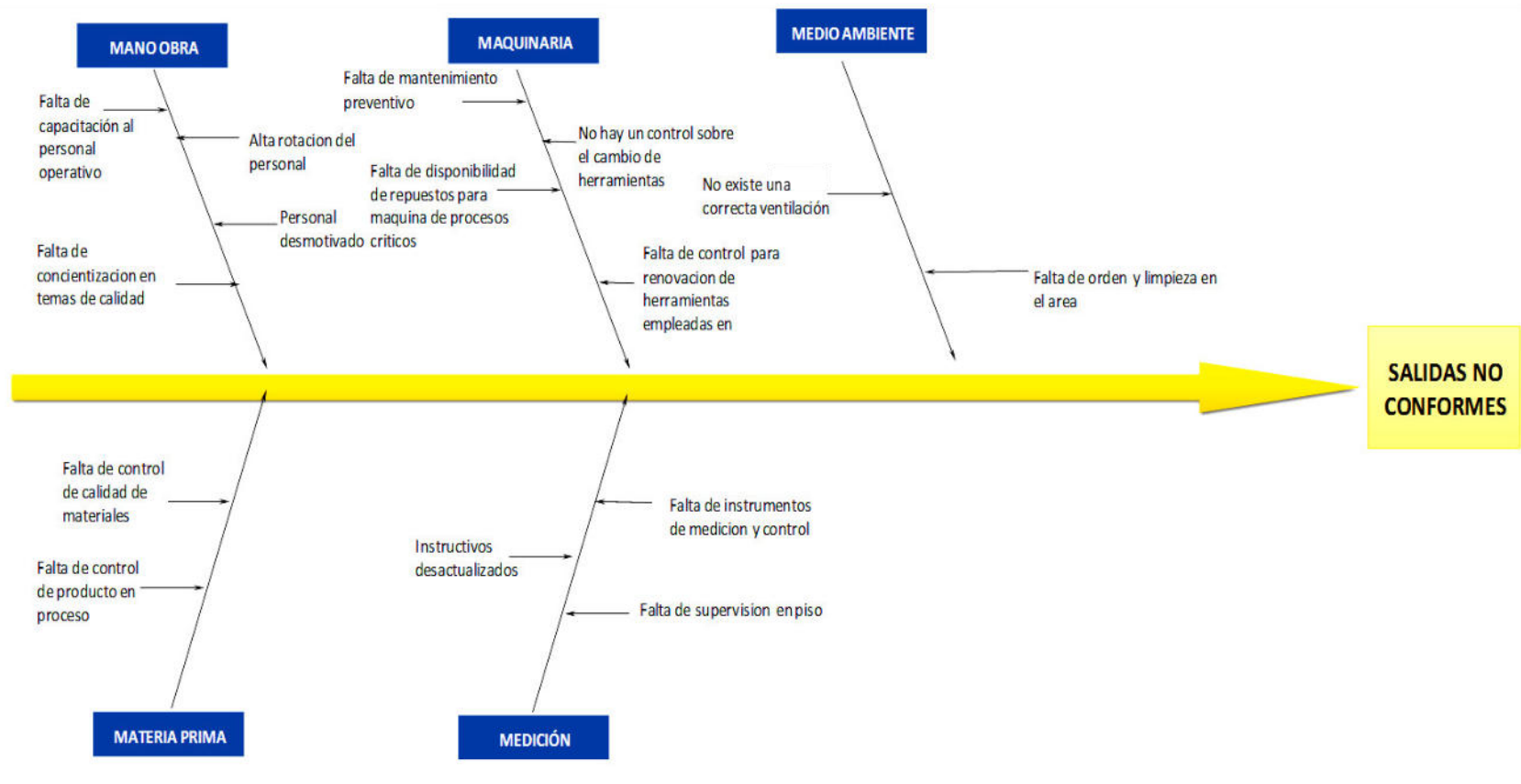
Necesidad de implementar herramientas de mejoras en áreas de manufactura y mejorar la ventilación para periodos de verano donde se incrementa la demanda de fabricación y el exceso de calor en las áreas de trabajo pueden llegar a impactar en el rendimiento del personal de piso.

Materia prima:

Necesidad de implementar inspección de entrada de materiales para validar y garantizar la idoneidad de la materia prima a emplear en producción, para evitar procesar material defectuoso y/o paradas de línea por daños en los equipos.

Medición:

Necesidad de actualizar procedimientos, instructivos y especificaciones de producción. Necesidad de complementar registros de control de producción para documentar, monitorear y mantener la trazabilidad de materiales y producto en proceso a lo largo de la línea de manufactura, falta de instrumentos de medición (KPI).

Figura 12.*Diagrama de Ishikawa*

Nota. Luego de analizar el diagrama de Ishikawa se obtiene como resultado las causas raíz descritas en el gráfico.

Identificación y descripción de las causas raíz

Procesos críticos de producción.

Fabricación de tubos

- Causa: Falta de limpieza diaria de la poza de soldadura en la máquina tubera de ½” con SAL KLEENOX, lo cual genera la aparición de escoria y contaminación de soldadura, dificultando la filtración de soldadura en la costura del tubo.
- Consecuencia: Fugas debido a deficiencias de soldadura en la costura de tubos, obteniendo como resultado producto no conforme y reclamos.

Figura 13.

Tubos con mala costura



Nota. La figura muestra un tubo de prueba con mala costura.

Figura 14.

Poza tubera mal limpiada



Nota. La figura muestra la falta de mantenimiento de la máquina.

Fugas en unión tubo-parrilla

- Causa: Error en la dilución del ácido fundente, falta de recargo de soldadura en zonas críticas de la parrilla (esquinas, refuerzos).

- Consecuencia: Fugas debido a deficiencias de soldadura, obteniendo como resultado productos no conformes y reclamos, reprocesos como evaluación por prueba de hermeticidad, recargo de soldadura y re-emparrillado.

Manchas de soldadura en aletas

- Causa: Deficiencia en funcionamiento de las máquinas tuberías por caída de presión del suministro de aire en los inyectores, que genera un exceso de recargo de soldadura en los tubos con costura.
- Consecuencia: A pesar de no comprometer la funcionalidad del panel, mengua el acabado estético del producto terminado, generando desperdicio de material de aporte de soldadura, reprocesos, no conformidades y reclamos.

Figura 15.

Panales manchados



Nota. La figura muestra el defecto más visual (manchas) que se presenta en panales.

Figura 16.

Descalibración de inyectores



Nota. La figura se observa que los Yets están descalibrados.

5.2. Desarrollo de la Solución

Implementación de la metodología del Ciclo de Deming se empezará con la primera etapa de manera secuencial hasta llegar a la última etapa que es actuar.

B) Planear

Luego de identificar las causas raíz se definieron acciones correctivas con el equipo multidisciplinario, con el objetivo de mitigar y/o eliminar los defectos y desviaciones en producción (productos no conformes), asignando responsables y fechas de ejecución para realizar el seguimiento de las implementaciones.

Figura 15.

Plan de acciones correctivas

ITEM	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	F. EJECUCIÓN	F. VERIFICACIÓN
1	Falta de capacitación a personal operativo.	Implementar un plan de capacitación para mejorar competencias de personal operativo y generar una cultura de calidad.	M. Gherzi	4/11/2019	19/11/2019
2	Alta rotación del personal.	Propuesta de incentivos para personal operativo.	S. Cisneros	5/11/2019	20/11/2019
3	Falta de disponibilidad de respuestos para máquinas de procesos críticos.	Definir stock mínimo de repuestos críticos y asegurar disponibilidad.	J. Calero	7/11/2019	22/11/2019
4	Falta de mantenimiento preventivo.	Definir plan de mantenimiento preventivo priorizando procesos críticos.	J. Calero	11/11/2019	26/11/2019
5	Falta de control para renovación de herramientas empleadas en producción.	Definir vida útil de herramientas para generar una reposición automática alineado al ritmo de producción.	M. Gherzi	15/11/2019	30/11/2019
6	Necesidad de mejorar ventilación en el área de producción.	Solicitar soporte y cotización de proveedor externo para la instalación de ventilación industrial en planta.	M. Gherzi / J. Calero	20/11/2019	5/12/2019
7	Falta de orden y limpieza en el área.	Establecer programa de limpieza general e implementar estándares visuales para mantener orden en puestos de trabajo.	E. Guevara	23/11/2019	8/12/2019
8	Falta de control de calidad de entrada de materiales.	Implementar puesto de inspección y validación de materia prima en recepción de almacén.	G. Villanueva	25/11/2019	10/12/2019
9	Falta de control de producto en proceso.	Implementar puesto de auditor de producto-proceso.	G. Villanueva	27/11/2019	12/12/2019
10	Instructivos de trabajo desactualizados.	Generar lista de documentos desactualizados y programa de actualización y difusión en piso.	E. Guevara	29/11/2019	14/12/2019
11	Necesidad de medir y controlar procesos.	Definir e implementar KPI's de control de proceso.	G. Villanueva	30/11/2019	15/12/2019
12	Necesidad de incrementar el nivel de supervisión en piso.	Asignar un auxiliar de calidad para monitoreo y seguimiento de procesos críticos.	G. Villanueva / M. Gherzi	2/12/2019	17/12/2019

A continuación, se detalla la estrategia para la implementación para las principales acciones correctivas:

Actualización de instructivos de trabajo

Para la actualización primero se debe recopilar información del proceso de operación vigente, soportándonos con los dueños de proceso (operadores, supervisores y jefe de producción), para definir la estructura de operación en la estación de trabajo, esta data debe consolidarse y ser evaluada para validar si contempla buenas prácticas de manufactura, calidad, seguridad y aseguran el paso a paso correcto para obtener el resultado esperado (producto conforme). Una vez validado el instructivo, debe quedar estandarizado para realizar la capacitación a los operadores de la máquina. Y publicar en el área de trabajo un estándar visual que permita realizar una rápida identificación y seguimiento del flujo de trabajo.

Plan de capacitación.

Las capacitaciones teórico-prácticas serán brindadas por personal experto en producción, calidad y mantenimiento.

Se explicará de forma didáctica cuáles son los pasos a seguir para lograr obtener buenos resultados, criterios de calidad para identificar defectos y desviaciones en el proceso y conocer el plan de reacción para saber cómo actuar ante estos posibles problemas.

Al finalizar la capacitación se tomará una evaluación para conocer el nivel de aprendizaje y retención alcanzado. De obtener un resultado aprobatorio se registrará al personal habilitado en la “matriz de habilidades” para dejar constancia de las competencias y dar a conocer cuáles son los únicos operadores que se encuentran calificados para operar en las estaciones de trabajo críticas.

Puntos críticos de la capacitación para máquina tubera: Set up de arranque de máquina, renovación de flux, frecuencia de cambio de sable de conformado de tubos, limpieza de poza de soldadura y monitoreo de presión de aire de inyectores.

Plan de mantenimiento de la maquina tubera.

Fijaremos que objetivos queremos conseguir, como, por ejemplo, reducir el coste de las intervenciones, prever las paradas para planificar la producción, etc. En conjunto acuerdo se lleva a cabo que el mantenimiento constante de la máquina tubera será el jefe de mantenimiento en conjunto con sus ayudantes, si es necesario esta se dará cada vez que se haga el cambio de material para dar el visto bueno que todo está en orden ya que el operario también estará capacitado para que pueda realizarla se definirá una hoja de ruta o registro que servirá de evidencia que se está realizando y como se debe realizar por si ocurre alguna inquietud.

Stock de repuestos críticos.

Se realizará un listado de las herramientas que son más usadas y que constantemente se cambian para tener un stock necesario si en caso no se cuenta con este, se debe pedirlos con anticipación y acordar con el proveedor la fecha de entrega, se designará un encargado que se comprometa a hacer seguimiento a que todo lo establecido se realice.

C) Hacer.

En esta etapa mostraremos evidencias de lo planificado en el anexo A se encuentra el Formato de capacitación, en el anexo B se encuentra el personal que participó en la capacitación, en el anexo C se encuentra el plan de mantenimiento de las máquinas. Capacitaciones y prácticas en las estaciones de trabajo al personal de producción sobre correcto desarrollo en el ensamblado de panel, limpieza, fabricación de parrilla y manipulación, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 16.

Capacitación a los operarios de las distintas estaciones

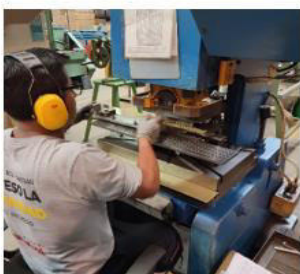
AREA DE EMPARRILLADO



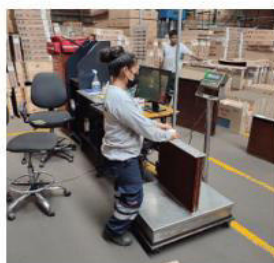
AREA DE LAVADO



AREA DE FABRICACION DE PARILLAS



AREA DE EMBALAJE DE PANALES



Nota. La capacitación se realizó con el jefe de operaciones y los operarios donde se les enseñó de manera didáctica.

Figura 17.

Capacitación de las mejoras propuestas (Deming y AMFE)



Figura 18.

Instructivo de máquina tubera

RADIADORES FORTALEZA		INSTRUCTIVO		Rev:	Jefe de Calidad
ÁREA:	OPERACIONES	Descripción de la operación		Aprob:	Fecha: 7-10-2019
ESTACION	PLANTA INDUSTRIAL	PREPARACION DE LA MAQUINA TUBERA		ELAB:	Katherin ohinga
				REV:	Gabriel Villanueva
1		2		3	
Realizar limpieza		lubricación del sable, y máscara de corte.		Cambio de rodamientos de rodillo de alimentación de bobina	
4		5			
La Verificar presión de manómetro principal a 88 PSI (6 BAR).		Programar y poner en marcha			
EPP's Requeridos 					Página 1/1

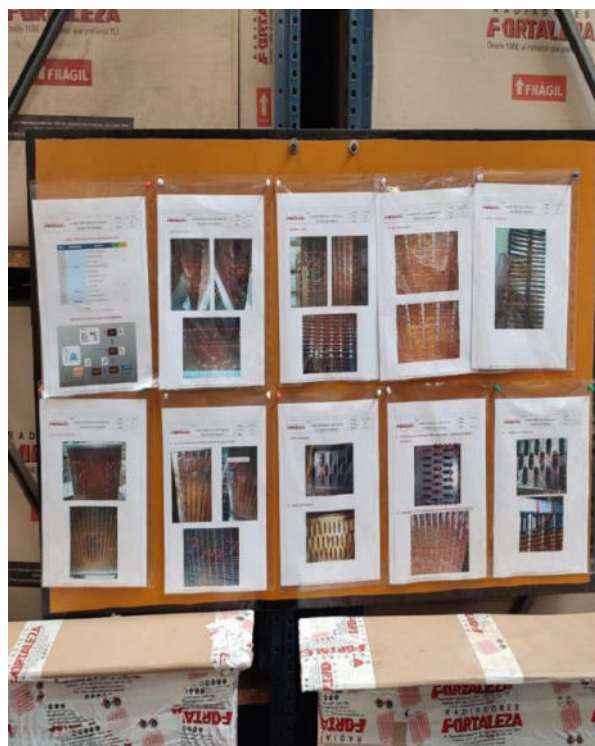
Se actualizaron los instructivos de trabajo donde se señalan los puntos críticos de los procesos y donde deben tener cuidado se optó por que estos sean pegados en las distintas estaciones para que el operario al momento de estar realizando la actividad pueda tener una guía visual.

Figura 19.*Instructivo de control critico de calidad*

NADIADORES FORTALEZA		Tabla:	Código	QC-DG-001
		CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD EN PANALES	Versión	02
			Página	1 de 10
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD (CCC)				
ITEM	COMPONENTE	DEFECTO	PR	DS
1	ALETAS	LÁMINAS GOLPEADAS	✓	%
2		LÁMINAS ROTAS	✗	
3		PARCHADAS	✓	%
4		DESOLDADAS (SUELTAS)	✓	
5		QUEMADAS	✗	
6		MANCHAS EN ALETAS	✓	
7		CONTAMINACIÓN	✓	
8	TUBOS	ANULADOS	✗	%
9		OBSTRUÍDOS	✓	
10	PARRILLAS	CONTAMINACIÓN	✓	
11		MANCHAS PARRILLAS	✓	%

LEYENDA:
PR: Puntos Repararse DS: Distribución Selectiva

IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Figura 20.*Instructivos visuales en estación de trabajo***D) Verificar.**

En la medición de resultado veremos si las propuestas implementadas están dando resultado, para ello verificaremos si la cantidad de panales golpeados disminuyeron, los productos no conformes también y cuantos panales pasaron la prueba de hermeticidad; cuantos panales cumplieron con las especificaciones técnicas compararemos con la situación actual y veremos cuanto es nuestro porcentaje que mejoramos y cuanto hemos mejorado en la productividad

E) Actuar.

Veremos los reajustes que podemos hacer para saber si podemos bajar más nuestros defectos, solamente cuando la alta gerencia está comprometida con la propuesta, y además ha

definido la política a seguir, el técnico puede comenzar a trabajar en ello.

- Plan de capacitación y concientización
- Actualización y mejora de instructivos
- Medición de tiempos de fabricación

Para obtener una muestra más representativa se tomó como referencia los paneles más comerciales que se fabrican en mayor volumen (ene-oct 2019). Cómo puede apreciarse todos son paneles con tubos de 1/2" y la longitud (altura), oscila entre 12 y 14" y la mayor parte son de aletas de 3 hileras (3GL).

Los distintos fallos que se presentan en el proceso de producción de paneles tienen un efecto, por esta razón, para identificar las causas por las cuales se producen dichas fallas se utiliza la herramienta AMFE, esta permitirá prevenir futuros fallos en el producto.

Luego de realizar la evaluación del proceso productivo, identificar el modo de fallos, oportunidades de mejora e implementar planes de acción, sabemos cómo afrontar estos problemas de forma correctiva; pero ahora en esta etapa con las lecciones aprendidas vemos necesario y conveniente implementar una herramienta para prevenir estos problemas de forma preventiva a través de planes de reacción que nos permita anticiparnos y estar preparados para su resolución, soportándonos en la "matriz AMFE".

Después de aplicar las acciones correctivas con el equipo multidisciplinario se desarrolló la matriz AMFE. En la matriz se puede apreciar que las fallas potenciales con número prioritario de riesgo considerado como alto riesgo de falla provienen de la fabricación de aletas con un NPR 324, seguido de la prueba de hermeticidad con un NPR 336 y finalmente de la fabricación de parrillas de latón con un NPR de 405.

Al utilizar la matriz AMFE, las propuestas de solución estarán enfocadas únicamente a los procesos considerados con alto riesgo de falla, con la finalidad de reducirlos hasta un nivel de riesgo de falla bajo y este sea aceptable.

Como medidas correctivas o acciones recomendadas son tener capacitando al operario de manera permanente y que este cuente con las herramientas necesarias para desarrollar las actividades sin ningún problema, estas son las acciones que se resalta por el alto grado de NPR, luego de realizar la mejora recomendada con el objetivo de disminuir el índice de prioridad de riesgo (NPR). Se observa que el riesgo en la fabricación de aletas disminuyó a 84 y en la prueba de hermeticidad disminuye a 9 y finalmente la fabricación de parrillas a 15, confirmándonos que las implementaciones dieron resultado positivos.

5.3. Factibilidad Técnica Operativa

Factibilidad Operativa

En este informe se analizará la situación actual de la empresa, los beneficios que tendrá al implementar capacitaciones constantes, un plan de mantenimiento para los equipos y una lista de herramientas en stock.

5.4. Cuadro de Inversión

El financiamiento de la implementación será financiado por la empresa, en este cuadro de inversiones se detallan los gastos estimados para ser evaluados por la gerencia, para la toma de decisiones.

Tabla 8.*Costos del personal administrativo y operativo*

Cargo	Sueldo Mensual	Costos beneficios sociales (+40 %)	Costo/día (26 días hábiles)	Hora Hombre	Costo/semana (48 h)
JP: Jefe Planta	S/ 6 000,00	S/ 8 400,00	S/ 323,08	S/ 40,38	S/1 938,46
SC: Supervisor Calidad	S/ 3 000,00	S/ 4 200,00	S/ 161,54	S/ 20,19	S/ 969,23
AC: Auxiliar Calidad	S/ 1 500,00	S/ 2 100,00	S/ 80,77	S/ 10,10	S/ 484,62
SM: Supervisor Mantenimiento	S/ 3 000,00	S/ 4 200,00	S/ 161,54	S/ 20,19	S/ 969,23
SP: Supervisor Producción	S/ 3 000,00	S/ 4 200,00	S/ 161,54	S/ 20,19	S/ 969,23
PO: Personal Operativo	S/ 1 200,00	S/ 1 680,00	S/ 64,62	S/ 8,08	S/ 387,69

Tabla 9.*Costos de mano de obra por actividad programada*

Ítems	Hito	Actividad	Costo Mano de Obra	Sub-Total (S/)
1	ANÁLISIS DE LAS METODOLOGIAS	Método Americano de la mejora continua PHVA.	SC(1s) +AC(1s) +SP(2d)	1 776,92
		Filosofía KAIZEN.	SC(1s) +AC(1s) +SP(2d)	1 776,92
2	ACTUALIZACIÓN DE INSTRUCTIVOS	Actualización de procedimientos y medidas correctas de los ácidos a usar.	SC(1s) +AC(1s) +SP(3d)	1 938,46
		Hacer de manera más visual y didáctico para el operario.	SC(3d) +AC(3d)	726,92
3	PLAN DE CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN	Correcta manipulación de la máquina tubera.	SC(3d) +AC(3d) +SP(4h) +PO(2h) x10 pers.	969,23
		Correcta manipulación de panales para evitar golpe de aletas.	SC(3d) +AC(3d) +SP(4h) +PO(2h) x10 pers.	969,23
		Importancia de hacer un buen trabajo para evitar reprocesos.	SC(3d) +AC(3d) +SP(4h) +PO(2h) x10 pers.	969,23
		Explicación de la nueva propuesta de mejora de instructivos mediante la manera gráfica del DAP.	SC(3d) +AC(3d) +SP(4h) +PO(2h) x10 pers.	969,23

4	MEDICIÓN DE RESULTADOS (Validación o reajuste)	Implementación de indicadores y posterior medición de resultados.	SC(1s) +AC(1s) +SP(2d) +JP(1d)	2 100,00
5	PLAN DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINA TUBERA	¿Qué objetivos quieres conseguir con el sistema de mantenimiento?	SC(1s) +AC(1s) +SM(2d)	1 776,92
		Definir una hoja de ruta. Hay que planear los pasos y las fechas en que se van a dar.	SC(1s) +AC(1s) +SM(2d)	1 776,92
		Definir quienes serán los responsables de la elaboración del plan.	SC(1s) +AC(1s) +SM(1d)	1 615,38
		Definir quién será el responsable de llevar a cabo el mantenimiento de la maquina tubera de forma oportuna.	SC(1s) +AC(1s) +SM(1d)	1 615,38
6	STOCK DE RESPUESTOS CRÍTICOS	Tener un listado de las herramientas más usadas un stock de ellas.	SC(1s) +AC(1s) +SM(1d)	1 615,38
		Designar un encargado que se comprometa con la actualización de los registros sobre abastecimiento de la materia prima.	SC(1s) +AC(1s) +SM(1d)	1 615,38
		Tener mapeada las fechas de entrega con el proveedor para así no quedarnos sin herramientas y materia prima.	SC(1s) +AC(1s) +SM(1d)	1 615,38
7	MEDICIÓN DE RESULTADOS (Validación o reajuste)	Implementación de indicadores y posterior medición de resultados.	SC(1s) +AC(1s) +SM(2d) +JP(1d)	2 100,00
Total				25 926,92

Nota. Leyenda de la tabla: Supervisor Calidad (SC), Auxiliar de Calidad (AC), Supervisor de Calidad (SP), personal Operativo (PO), jefe Planta (JP)Supervisor, Mantenimiento (SM), Semana(S), día (d), Hora (H).

Tabla 10.

Costo global de implementación

Ítems	Costos de Implementación	Importe
1	Mano de Obra	S/ 25 926,92
2	Material de capacitación	S/ 4 500,00
Total		S/ 30 426,92

6. Análisis de Resultados

6.1. Análisis Costos – Beneficio

Análisis de registro de “Producto No Conforme”

Primer semestre 2019 (Antes de implementación)

Tabla 11.

Productos no conforme antes de la implementación

Mes (2019)	Productos No Conformes (Unid.)
Enero	82
Febrero	64
Marzo	75
Abril	71
Mayo	83
Junio	72
\bar{x}	74,5

$$\bar{x} \text{ PNC (Ene-Jun 19)} = 74,5 \text{ panales/mes}$$

De la tabla N°7 para el periodo Ene-Jun 2019 se obtiene como promedio de panales aprobados:

$$\bar{x} \text{ P. APROBADOS (Ene-Jun 19)} = 2 \ 832 \text{ panales/mes}$$

Segundo semestre 2019 (Con implementación en proceso)

Tabla 12.

Productos no conforme durante la implementación

Mes (2019)	Productos No Conformes (Unid.)
Julio	44
Agosto	35
Septiembre	23
Octubre	9
Noviembre	7
Diciembre	4
\bar{x}	20,3

Nota. El promedio de ese trimestre es \bar{x}_{PNC} (Jul-Nov 19) = 20,3 panales/mes

Tabla 13.

Total de producción

Mes	Reclamos	Total producido	Parte porcentual
jul-19	5	2 801	0,18 %
ago-19	2	2 993	0,07 %
sep-19	2	3 241	0,06 %
oct-19	1	2 892	0,03 %
nov-19	0	2 967	0,00 %
dic-19	0	3 012	0,00 %

Nota. De la tabla 13 para el periodo Julio-Dic2019 se obtiene como promedio de panales

aprobados: $\bar{x}_{P. APROBADOS}$ (Jul-Dic 19) = 2 984 panales/mes

Tabla 14.*Cálculo de la reducción de producto no conforme (PNC)*

Cálculo de PNC	
Periodo previo de la implementación (enero - junio 19)	
Media 1	74,5
Periodo previo de la implementación (Julio - diciembre 19)	
Media 2	20,3

Cálculo de reducción de “Producto No Conforme”

$$\Delta \bar{x} = \bar{x}_{\text{PNC (Ene-Jun 19)}} - \bar{x}_{\text{PNC (Jul-Nov 19)}}$$

$$\Delta \bar{x} = 74,5 - 20,3$$

$$\Delta \bar{x} = 54,2 \text{ panales/mes}$$

Determinación de parte porcentual:

$$\frac{54,2}{74,5} * 100 \% = 72,8 \%$$

Podemos observar que luego de la implementación del proyecto se obtuvo una reducción en la cantidad de “Productos No conformes” en planta del 72,8 %.

Cálculo de costo de fabricación de “Productos No Conformes” (Antes de implementación)

Se solicitó al analista de costos de la empresa brindar el costo de fabricación de los modelos de panales más comerciales, obteniendo como resultado que aquellos modelos cuya venta representa más del 80 %, tienen un costo que oscila entre S/ 380 y S/ 425 (Costo medio: \bar{x} COSTO UNIT. BRUTO = S/ 402,5)

Cálculo de media de paneles fabricados/mes (Ene-Jun 19).

$$\bar{X} \text{ P. APROBADOS (Ene-Jun 19)} = 2832 \text{ paneles/mes}$$

$$\bar{X} \text{ PNC (Ene-Jun 19)} = 74,5 \text{ paneles/mes}$$

$$\rightarrow \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = \bar{X} \text{ P. APROBADOS (Ene-Jun 19)} + \bar{X} \text{ PNC (Ene-Jun 19)}$$

$$\bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = 2832 + 74,5$$

$$\therefore \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = 2906,5 \approx 2907 \text{ paneles/mes}$$

Se observa que la media de paneles fabricados es de 2907 paneles/mes

Cálculo de media de costo de fabricación total mensual (Ene-Jun 19).

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} * \bar{X} \text{ COSTO UNIT. BRUTO}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = 2907 * 402,5$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = S/ 1'170 067,5$$

Se observa que el costo de la media de fabricación mensual del panel es de S/ 1'170 067,5 en el semestre de enero a junio del 2019.

Cálculo de media de costo unitario de fabricación real (Ene-Jun 19).

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = \frac{\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES}}{\bar{X} \text{ P. APROBADOS (Ene - Jun 19)}}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = \frac{S/ 1'170 067,5}{2832 \text{ paneles}}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Ene-Jun 19)} = S/ 413,2/\text{panel}$$

Se observa que el costo de la media de fabricación real del panel es de S/ 413,2/panel en el semestre de enero a junio del 2019.

Cálculo de media de paneles fabricados/mes (Jul-Dic 19).

$$\bar{X} \text{ P. APROBADOS (Jul-Dic 19)} = 2984 \text{ paneles/mes}$$

$$\bar{X} \text{ PNC (Jul-Dic 19)} = 20,3 \text{ paneles/mes}$$

$$\rightarrow \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = \bar{X} \text{ P. APROBADOS (Jul-Dic 19)} + \bar{X} \text{ PNC (Jul-Dic 19)}$$

$$\bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = 2\,984 + 20,3$$

$$\therefore \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} = 3\,004,3 \approx 3\,004 \text{ panales/mes}$$

Se observa que el cálculo de la media de panales fabricados en el semestre de julio a diciembre es de 3 004 panales/mes

Cálculo de media de costo de fabricación total mensual (Jul-Dic 19).

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = \bar{X} \text{ TOTAL PRODUCIDO} * \bar{X} \text{ COSTO UNIT. BRUTO}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = 3\,004 * 402,5$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = S/ 1\,209\,110,0$$

Se concluye que la media del costo de fabricación mensual es de S/ 1'209.110,0

Cálculo de media de costo unitario de fabricación real (Jul-Dic 19).

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = \frac{\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES}}{\bar{X} \text{ P. APROBADOS (Jul - Dic 19)}}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = \frac{S/1\,209\,110,0}{2\,984 \text{ panales}}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Jul-Dic 19)} = S/ 405,2/\text{panal}$$

Se concluye que la media del costo unitario en el semestre de Julio a diciembre es de S/ 405,2

Cálculo de reducción de costo unitario real:

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Ene-Jun 19)} = S/ 413,2 /\text{panal}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Jul-Dic 19)} = S/ 405,2 /\text{panal}$$

$$\Delta \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Ene-Jun 19)} - \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL (Jul-Dic 19)}$$

$$\Delta \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = 413,2 - 405,2$$

$$\Delta \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} = S/ 8/\text{panal}$$

Se observa que la reducción del costo unitario real es de S/ 8 por panel

Cálculo de reducción de costo total por mes:

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = \Delta \bar{X} \text{ COSTO UNIT. REAL} * \bar{X} \text{ P. APROBADOS (Jul-Dic 19)}$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = S/ 8 \times 2984$$

$$\bar{X} \text{ COSTO TOTAL/MES} = S/ 23 872,0$$

Se concluye que el ahorro medio mensual es de S/ 23 872,0 debido a la reducción en la cantidad de PNC que se dejó de generar en planta, debido al inicio de la implementación de medidas correctivas. Esperando obtener mayor incremento en la reducción, al consolidar y robustecer nuestro sistema Ciclo de Deming y AMFE.

Cálculo de Eficiencia antes y durante la implementación

Eficiencia del periodo (Ene-Jun 19) antes de la implementación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Total aprobado}}{\text{total aprobados} + \text{PNC} + \text{rechazado}}$$

$$\frac{2 832}{2 832 + 74,5 + 38} = 96,2 \%$$

Eficiencia del periodo (Jul-Dic 19) durante la implementación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Total aprobado}}{\text{total aprobados} + \text{PNC} + \text{rechazado}}$$

$$\frac{2984}{2984 + 20,3 + 5} = 99,2 \%$$

Se concluye que la eficiencia antes de la implementación era 96,2 % y durante la implementación se logró aumentar a 99,2 %

Cálculo de incremento en la eficiencia:

$$\Delta \text{ Eficiencia} = \text{Después de la implementación} - \text{Antes de la implementación}$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 99,2 \% - 96,2 \%$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 3 \%$$

Se observa que con tan solo culminar de implementar el sistema de mejora continua la eficiencia se ve incrementado en 3 %.

Cálculo de la productividad

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Días trabajados} * \text{Personal operativo}}$$

$$\text{(Ene-Jun 19)} \quad \frac{2832}{30 \times 26} = 3,63 \text{ panales por día/operario}$$

$$\text{(Jul-Nov 19)} \quad \frac{2984}{30 \times 26} = 3,82 \text{ panales por día/operario}$$

Cálculo de incremento de Productividad:

$$\Delta \text{ Productividad} = \frac{\text{Productividad (Jul-Dic 19)} - \text{Productividad (Ene-Jun 19)}}{\text{Productividad (Ene-Jun 19)}} \times 100$$

$$\Delta \text{ Productividad} = \frac{(3,82 - 3,63)}{3,63} \times 100$$

$$\Delta \text{ Productividad} = 5,23\%$$

Se observa que la productividad/día ha incrementado en 5,23 %, aumentando la capacidad de producción de planta con la misma plana de personal.

7. Aportes más Destacables a la Empresa

- Se ha mejorado la calidad en la gestión de los procesos de abastecimiento.
- Se mejoró la confiabilidad y se asegurará la entrada de materia prima de la calidad esperada.
- Fluidez en la línea de producción.
- Se pudo mejorar la buena práctica de trabajo de los operarios, beneficiándolos para que no vuelvan hacer repetitivamente la misma actividad.
- Se ha incrementado la confianza de los trabajadores al momento de realizar sus actividades asignadas.
- Se ha logrado incrementar el conocimiento de los procesos por parte de los trabajadores
- Se ha logrado aumentar la productividad.
- Se ha logrado disminuir NPC.

8. Conclusiones

El presente estudio determina como la implementación conjunta de metodologías del Ciclo de Deming y AMFE se complementan para mejorar la calidad en los procesos, logrando reducir la cantidad de productos no conformes, de una media de 74,5 panales/mes en el primer semestre, a 20,3 panales/mes en el segundo semestre del 2019, traduciéndose en una reducción en la cantidad de “Productos No conformes” del 72,8 %. Generando un ahorro medio mensual de S/ 23 872,0, debido al inicio de la implementación del proyecto, esperando obtener mayores beneficios al consolidar y robustecer nuestro modelo de sistema. Mediante el “análisis de cauda raíz” con soporte del equipo multidisciplinario y uso de herramientas de calidad (Diagrama de Pareto, ISHIKAWA), se pudo identificar los procesos críticos en producción donde se ve más afectada la calidad de los productos, se generan mayor reprocesos e incremento en la cantidad de productos no conformes (Fabricación de tubos con costura, horneado de panales y prueba de hermeticidad), se definieron planes de acción para atacar cada causa raíz, asignando un responsable y fecha de ejecución, para poder realizar el seguimiento y asegurar el cumplimiento, la metodología del ciclo de Deming nos permitió alinear el flujo del programa de implementación de acciones correctivas, monitoreo y retroalimentación de procesos clave. Luego de la implementación de acciones y resolución de causas raíz, sabemos cómo afrontar estos problemas de forma correctiva, pero se vió la necesidad de implementar la herramienta de matriz AMFE para identificar y prevenir estos problemas de forma preventiva a través de planes de reacción que nos permitan anticiparnos y estar preparados para su resolución. Enfocadas únicamente a los procesos considerados con alto riesgo de falla, con la finalidad de reducirlos hasta un nivel de riesgo de falla bajo y este sea aceptable.

El presente estudio permitió mejorar la productividad en la producción de paneles de la empresa Radiadores Fortaleza. A nivel productivo se incrementó la eficiencia global por mes de 96,2 % a 99,2 % ($\Delta = 3 \%$), con tan solo culminar la implementación del sistema. Se observa que la productividad/día ha incrementado en 5,23 %, aumentando la capacidad de producción de planta con la misma plana de personal. Chacón (2021), manifiesta que si mejoramos la eficiencia y la eficacia podemos llegar a ser más productivos en nuestros procesos, y cumplir con los objetivos se concluye que hoy en día para las empresas es muy importante mejorar sus procesos productivos para ser más competitivos en el mercado, aprovechando mejor los recursos (tiempo, mano de obra).

El presente estudio determinó como las metodologías Ciclo de Deming y AMFE mejoran los productos no conformes, antes de la implementación se obtuvo 74,5 productos no conformes y después de la implementación se obtuvo una disminución de 20,3 que representa el 72 % del total logrando un grado satisfactorio de reducción. Zegarra (2017), describe que las no conformidades ocurren periódicamente en el proceso de producción y que según la International Organization for Standardization (ISO) se deben controlar los procesos para que estos no ocurran y/o sean detectados a tiempo, sin embargo, es una problemática que aqueja a la empresas, pequeñas, mediana y grandes ,estos son detectados visualmente por el cliente que pueden ocasionar molestias y reclamos; sin embargo, mediante herramientas AMFE se logran disminuir un gran porcentaje de 24 % del total de PNC este cuantificación favorece a la empresa por que se logra fabricar productos de calidad acordes a la satisfacción del cliente.

El presente estudio permitió identificar como las metodologías del ciclo de Deming y AMFE, el costo unitario de fabricación en el mes de enero a julio fue S/ 413,2/panel y el costo unitario de fabricación después de la implementación en el periodo de julio a diciembre es

S/ 405,2/panal que representa una disminución de los costos de fabricación el ahorro medio mensual es de S/ 23 872,0 logrando un gran ahorro para la empresa. Estrella y Fuentes (2020), describe que el costo de producción es cuando se tiene un producto de calidad que cumpla con las especificaciones técnicas, los costos pueden ser los que se generan por reprocesos.

9. Recomendaciones

Monitorear constantemente los procesos y actualizar los instructivos de las estaciones las veces que sean necesarias.

Evaluar la matriz AMFE para el año 2020, para ver los avances o tal vez se puedan realizar y asignar un responsable que se encargue de aplicar medidas correctivas de manera inmediata.

Evaluar las distintas herramientas o metodologías de Lean Manufacturing de tal manera que se pueda mejorar constantemente en los procesos.

Priorizar y tener claros los procesos más críticos, para evitar los reprocesos para que la producción sea más fluida y dedicar mayor tiempo a la producción llegando a ser más productivos.

Capacitar y retroalimentar de manera permanente al operario y que las lecciones aprendidas sean puestas en práctica, que los procesos queden estandarizados en cada actividad de trabajo para que no vuelvan a ocurrir las falencias en las actividades y se siga teniendo bajo control el indicador de las no conformidades y disminuir los productos no conformes. El despliegue del programa de capacitación en puestos de trabajo clave permite disponer de mano de obra calificada, que pueda identificar y alertar desviaciones en los procesos de forma oportuna para proceder a aplicar medidas correctivas acorde al lineamiento del plan de reacción establecido para cada proceso.

Realizar un plan de mantenimiento de las máquinas para poder evitar los productos defectuosos y estén monitoreadas, cuenten con un stock de repuestos para que la reparación sea inmediata, de tal manera que no se produzcan partes defectuosas implicando en costos.

10. Referencias

- Alvarez, M., y Paucar, P. (2014). *Desarrollo e implementación de la metodología de mejora continua en una mype metalmecánica para mejorar la productividad* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/337910?show=full&locale-attribute=es>
- Apolinares, I., y Lartiga, A. (2021). *Implementación del ciclo de Deming y su impacto en la eficiencia del área de operaciones Claro HFC de la empresa Dominion Perú Soluciones y Servicio SAC. Lima 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
- Barrios, M. (2015). *Círculo de Deming en el departamento de producción de las empresas fabricantes de chocolate artesanal de la ciudad de Quetzaltenango* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/01/01/Barrios-Maria.pdf>
- Blas, D., y Cáceres, J. (2020). *Plan de mejora para reducir los costos del proceso de confección de camas de varado en un astillero* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
<https://hdl.handle.net/20.500.14138/3742>
- Carbajal, J., y Lezama, J. (2021). *Mejora continua (plan de calidad) para incrementar la productividad de la empresa LESSER SAC, Chimbote-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85031>
- Castellanos, I. (2018). *El Ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Los Andes].
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/962>

- Chacón, J. (2021). *Aplicación del Ciclo de Deming para aumentar la productividad en el proceso de la instalación de redes internas domiciliarias de gas natural en la empresa Allpa Wapsi EIRL, Lima 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5173>
- Eguilas, C. (2018). *Aplicación del método AMFE en el área de pistoleado para incrementar la productividad de la empresa Industrias Katroc S.A.C* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27263>
- Espinal, K. (2020). *Aplicación de la metodología AMEF para optimizar el mantenimiento preventivo y predictivo del mineroducto de concentrado de mineral al Norte de Perú, Arequipa 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10361>
- Espinoza, A. (2019). *Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y Manufactura Esbelta* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15595>
- Espinoza, M., y Menéndez, C. (2019). *Propuesta para la mejora de procesos operativos mediante la herramienta PHVA, píldora «San José» CANTÓN DAULE* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57736/1/BINGQ-ISCE-21P77.pdf>
- Estrella, O., y Fuentes, L. (2020). *Propuesta de mejora para reducir los productos no conformes en una empresa de plásticos, utilizando herramientas de Lean Manufacturing* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651566?locale-attribute=es>


- Guevara, J., y Huanuqueño, D. (2019). *Aplicación del PHVA para reducir productos no conformes en una empresa de confección de prendas*. Ate, 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53930>
- Huayta, T. (2020). *Metodología “5S” y “AMFE” para mejorar los procesos de almacén en la empresa SEGURFILM E.I.R.L., Lima, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1207>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- Martínez, C. (2004). *Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea de manufactura de juguetes* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/249029>
- Peña, W. (2010). *Aplicación del ciclo de Deming e indicadores de calidad para optimizar la atención a clientes TI de una empresa de seguridad informática* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15012>
- Rojas, L. (2018). *Propuesta de mejora para reducir productos deteriorados en el almacén de una empresa que comercializa y transforma hierros y aceros, a través de Gestión por Procesos y el Ciclo de Mejora Continua en Lima, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625469>
- Silva, J. (2020). *Propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para reducir los costos en la fabricación de piezas fundidas en una empresa metalúrgica en el Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3880>

Vidaurre, S. (2018). *Aplicación de la metodología PHVA para mejorar la productividad en el área de costura de la empresa Textiles camones S.A- Puente Piedra, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39785>

Zegarra, A. (2017). *Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/81ee4694-f778-4953-ac22-b5e22f405c6c/content>

11. Anexos

ANEXO A: Registro de capacitación

	Formato:	REGISTRO DE CAPACITACION				CÓDIGO : RHU-F006
						VERSIÓN : 03
TIPO DE PARTICIPACIÓN						
<input type="checkbox"/> INDUCCIÓN <input type="checkbox"/> CAPACITACIÓN <input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTO <input type="checkbox"/> SIMULACRO DE EMERGENCIA <input type="checkbox"/> CHARLA <input type="checkbox"/> OTROS _____						
TIPO DE TEMA						
<input type="checkbox"/> SEGURIDAD <input type="checkbox"/> SALUD <input type="checkbox"/> MEDIO AMBIENTE <input type="checkbox"/> CALIDAD <input type="checkbox"/> OTROS _____						
EXPOSITOR		CARGO	LUGAR	FECHA	DNI	FIRMA
TEMAS TRATADOS:				HORA DE INICIO	HORA DE TÉRMINO	DURACIÓN
1						
2						
3						
4						
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CARGO	EMPRESA	FIRMA	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
RESPONSABLE DEL REGISTRO	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA		
COMENTARIOS:						

ANEXO B: Capacitación del personal

	Procedimiento:	Código	
	CAPACITACION AL PERSONAL	Versión	01
		Página	1

	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
ELABORADO	Katherin Chinga Aradiel	Practicante de Control de calidad	EN ORIGINAL	15.07.2019
REVISADO	Gabriel Villanueva Sánchez	Jefe de Control de calidad	EN ORIGINAL	17.07.2019
APROBADO	Gabriel Villanueva Sánchez	Jefe de Control de calidad	EN ORIGINAL	22.07.2019
Copia Controlada No.:		Destinatario:		

Nombres y apellidos	Área	Cargo
Zaira Albuquerque peña	Fabricación de aletas	Operaria
Guzmán García Jean Pierre	Armado de panales	Operario
Jiménez Rodríguez Aysin	Fabricación de tubos	Operario
Flores Delgado Rafael	Estampado de parrillas	Operario
Ordinola Aparicio Daniel	Perfilado de parrilla	Operario
Huanca Prudencio Froylan	Armado de tiras	Operario

|

ANEXO C: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	DIMENSIONES	Escala de Medicion
v1: Independiente Metodología Ciclo de Deming y AMEF	EL ciclo de Shewhart señala que cuenta con cuatro etapas de manera secuencial, se adapta a cualquier proceso y poder logra la mejora esperada, se implementa como prueba piloto luego se analiza los resultados y en la última etapa propone acciones de mejoramiento Rojas (2018)	Ciclo de Deming (mejora continua) o ciclo de Shewhart propone una manera dinámica para mejorar los procesos que pueden ser de producción o servicios, través de 4 etapas	Planear	Meta Ejecutada / Meta Programada X 100%
			Hacer	Actividades Realizadas / Actividades Programadas X 100%
			Verificar	Resultado Obtenido / Resultado Programado X 100%
			Actuar	Resultado Actual / Resultado Programado X 100%
v2: Dependiente Proceso de produccion	Manifiesta que el proceso de producción es todo aquellos que se produce utilizando los recursos para poder cubrir las necesidades de las personas. Castellano (2018)	Proceso de producción es transformación de la materia, agregando valor a un material o producto semiterminado, el cual se debe desarrollar bajo ciertos parámetros, especificaciones del cliente o normativa aplicable. Existen tipos de sistema de producción, continua, intermitente y en masa que son los más utilizados	Productividad	Unidades producidas/Horas hombres trabajadas
			costos	(Coste inicial - Coste final) /Coste inicial
			Productos no conformes	PNC PERDIDO / PRODUCCIÓN TOTAL

ANEXO D: Programa de Mantenimiento preventivo




PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Equipo:Maquina tubera

Frecuencia General

Item	Actividad	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Bimestral	Trimestral	Semestral
Primera estacion								
1	Cambio de filtro de lubricante						X	
2	Limpieza y engrase de rodillos						X	
3	Verificacion de estado de resortes						X	
4	Medicion de corriente de motor				X			
5	Cambio de sable 1/2					X		
6	Limpieza de tablero electronico							X
7	Mtto general al motor							X
Segunda estación								
1	Limpieza y engrase de rodillos					X		
2	Verificacion d estado de resortes					X		
3	Medición de corriente de motor				X			
4	Mtto general al motor							X
Zona de soldadura								
1	Cambio de estructura							XX
2	Limpieza de regulación de Jets de aire				X			
3	Mtto a la bomba de Soldadura							X
4	Verificación del filtro de lubricante				X			
5	Medición de la corriente de bomba de acido				X			
6	Medición de la corriente de bomba de estaño				X			
7	Limpieza de quemadores y lineas de gas					X		
Zona de corte								
1	Cmabio de mascara de corte						X	
2	Cambio de cuchilla (solo si es necesario)						X	

ANEXO E: Matriz AMFE

 Análisis de Modo y Efecto de la Falla - AMEF														
Nombre de Proceso o Producto:		Fabricación de Paneles de cobre						Revisado por:		Gabriel Villanueva Sanchez				
Elaborado por:		Katherin Chinga Aradiel						Aprobado por:		Gabriel Villanueva Sanchez				
PASO EN EL PROCESO / FUNCIÓN	REQUISITO	FALLA		SEVERIDAD	CAUSAS Y MECANISMOS POTENCIALES DE FALLA	O C U R R E N C I A	CONTROLES DE PROCESO ACTUALES DE DETECCIÓN	DETECCIÓN	N.P.R	ACCIÓN RECOMENDADA	S E V E R I D A D	O C U R R E N C I A	D E T E C C I O N	N . P . R .
		MODOS DE FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE FALLA POTENCIAL											
FABRICACIÓN DE ALETAS	Bobinas de cobre y latón conforme	Material no cumple especificaciones técnicas (baja dureza y espesor distinto)	Material inapropiado puede dañar máquina de troquelado por atascamiento	5	Falta de inspección de entrada de materiales	4	No hay control	4	80	Designar a una persona que se encargue en el ingreso de materiales	3	2	2	12
		Materia prima dañada	Rechazo de material inapropiado	1	Mala manipulación y almacenaje de materia prima	4	No hay control	8	32	Conversar con el proveedor sobre el material recepcionado	1	3	5	15
	Tamaño de troquelado conforme	Dimension fuera de especificación	Afecta operación de ensamble (ranura pequeña), retrabajos, rechazo, merma	9	Punzón de troquelado con desgaste	6	Inspección visual	6	324	Tener un control de herramientas	7	4	3	84
		Aletas no suelitan con tubos en hornado (ranura grande), merma	1	Punzón de troquelado con medida mayor al valor nominal	4	No hay control	4	16	Tener un control de herramientas	1	3	2	6	
	Tamaño de aletas conforme	Dimensiones fuera de especificación, Afecta operación de ensamble	3	Guillotina de máquina descalibrada	2	Inspección visual	9	54	Tener un control de calibración	2	1	5	10	
	Integridad de aleta	Aletas rotas y/o deformadas	Retrabajo, merma	5	Desajuste de rodillos de máquina alitera	9	No hay control	1	45	Plan de capacitación al operario	3	4	1	12
FABRICACIÓN DE PARRILLAS	Bobina de latón conforme	Material no cumple especificaciones técnicas (baja dureza y espesor distinto)	Producir parrillas no conformes, rechazo y mermado	4	Falta de inspección de entrada de materiales	4	Inspección visual	5	80	Designar a una persona que se encargue en el ingreso de materiales	2	2	3	12
		Materia prima dañada	Estado del material inapropiado	5	Mala manipulación y almacenaje de materia prima	5	No hay control	3	75	Plan de capacitación al operario	3	3	1	9
	Tamaño de parrilla conforme	Dimension fuera de especificación	Afecta el ensamblado de parrilla	9	Error en el corte de material	9	No hay control	9	405	Plan de capacitación al operario	3	5	1	15
		Troquelado conforme	Dimension fuera de especificación	Afecta operación de ensamble	6	Punzón de troquelado con desgaste y/o medida mayor al valor nominal	5	Inspección visual	3	90	Tener un control de herramientas	4	2	1
	Integridad de parrilla conforme	Parrilla deformadas	Reproceso	9	Manipulación incorrecta durante el proceso	3	No hay control	6	162	Plan de capacitación al operario	5	2	4	40
MÁQUINA TUBERA	Dimension de tubos conforme	Dimensiones fuera de especificación	Reproceso, merma	8	Guillotina de máquina descalibrada	4	No hay control	8	256	Plan de mantenimiento preventivo	4	2	5	40
	Costura de tubos conforme	Fugas en el tubo	Reproceso y/o rechazo de panel por fugas	9	No existe un control de detección de tubos con fuga a la salida de máquina tubera	5	No hay control	6	270	Implementar un control para tubos con fugas	3	2	3	18
	Integridad de tubos conforme	Tubos dañados	Merma	5	Mala manipulación y almacenaje de producto en proceso	3	No hay control	6	90	Plan de capacitación al operario	3	1	4	12
	Bobina de latón conforme	Materia prima dañada	Producción tubos no conformes, rechazo de material	2	Falta de inspección de entrada de materiales	5	Inspección visual	6	60	Designar a una persona que se encargue en el ingreso de materiales	1	3	3	9
		Material inapropiado puede dañar rodillos de máquina tubera por atascamiento	5	Falta de inspección de entrada de materiales	4	No hay control	4	80	Designar a una persona que se encargue en el ingreso de materiales	3	1	2	6	
	Parámetros de control del proceso dentro de especificación	Fugas en tubos con costura de paneles	Reprocesos y merma	9	Desajuste de rodillos de conformación de tubos, temperatura de baño de soldadura, velocidad de avance y corte de tubos fuera de control, por falta de frecuencia de monitoreo de parámetros de operación.	3	No hay control	4	108	Implementar un KPI de control para los monitores	7	2	2	28
	Soldadura estaño-plomo conforme	Mala soldadura en costura de tubos	Merma	5	Aleación fuera de proporción, baja temperatura de tubos.	2	No hay control	4	40	Plan de capacitación al operario	3	1	3	9
	Acido fundente conforme	Mal recubrimiento superficial de soldadura de tubo	Reproceso	9	Mezcla de fundente fuera de proporción.	2	No hay control	6	60	Plan de capacitación al operario	5	1	4	20
	Alineamiento de ensamble	Panales descuadrados	Merma	4	Desalineación durante el armado de paneles	2	Inspección visual	6	60	Plan de capacitación al operario	2	1	3	6
	Integridad del panel	Panales dañados	Reprocesos y merma	5	Manipulación incorrecta durante el armado	2	Inspección visual	7	70	Plan de capacitación al operario	3	1	4	12
INSTALACION DE PARRILLAS	Alineamiento de parrilla conforme	Parrillas descuadradas	Reproceso	7	Incorreta instalacion de parrilla	2	No hay control	6	84	Plan de capacitación al operario	4	1	4	16
	Union por soldadura de tubos-aletas conforme	Aletas sueltas	Reproceso, merma	3	Falta de temperatura en hornado y/o agujeros de troquelado muy grandes	6	No hay control	9	162	Plan de mantenimiento preventivo	1	3	4	12
ESTARADO	Aletas sin mancha conforme	Aletas manchadas	Reproceso, merma	3	Tubos con exceso de recargo de soldadura	3	No hay control	6	54	Plan de capacitación al operario	1	2	3	6
	Bañado de parrilla conforme	Fugas en unión-tubo-parrilla	Reproceso	3	Contaminación en uniones tubo-parrilla a soldar	2	Inspección visual	5	30	Mejorar el lugar de trabajo	1	1	2	2
PRUEBA DE HERMETICIDAD	Hermeticidad de paneles conforme	Panel con fuga en costura de tubos no detectados durante la prueba	Reproceso	9	Sellos de jebes de máquina de prueba de hermeticidad desgastados y/o presión de aire inyectada por debajo del valor de prueba.	8	Inspección visual	6	336	Tener un control de herramientas	3	3	1	9
PEINADO E INSPECCIÓN FINAL	Apariencia estetica de panel conforme	Aletas manchadas y/o golpeadas no detectados en inspección de contención	Reproceso, merma	7	Necesidad de definir criterios de calidad para identificación de defectos aceptables dentro de tolerancia	3	Inspección visual	4	84	Implementar un KPI de control para los monitores	3	1	2	6
	Dimension de panel conforme	Dimension fuera de especificación por desalineación de panel	Reproceso, merma	6	Desalineación durante el armado de paneles no detectada, o revirado de panel post-hornado	2	Inspección visual	4	48	Plan de capacitación al operario	3	1	2	6
	Integridad de panel conforme	Panales golpeados con aletas y parrillas dañadas	Reproceso, merma	6	Manipulación inadecuada de paneles a lo largo de la línea de producción	3	Inspección visual	6	108	Plan de capacitación al operario	3	1	3	9
EMBALAJE	Identificación de panel conforme	Pérdida de trazabilidad	Retención de producto hasta hacer la identificación.	5	Falta de instalación de lengüeta con número de serie en proceso de armado	3	Inspección visual	6	90	Plan de mantenimiento preventivo	2	1	4	8
	Empaque y embalaje conforme	Daño de paneles y mala presentación de producto terminado	Reembalaje de producto dañado	7	Manipulación inadecuada de los paneles y mal embalaje del producto por desconocimiento o descuido del operario	4	Inspección visual	6	168	Plan de capacitación al operario	3	1	3	9
	Correcto apilamiento de producto terminado	Daño de paneles y empaque	Reembalaje y/o reparación de producto dañado	5	Mala manipulación por personal de almacén por descuido	4	Inspección visual	4	80	Plan de capacitación al operario	3	2	2	12