

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



Estandarización de líneas de producción en uso y aplicación de equipos especiales para la fabricación de refrigeradores

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

David Asahel García Álvarez

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Asesor:

M.C. Pedro Durán Reséndiz

Uriangato, Gto.

Noviembre 2022

“ESTANDARIZACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN USO Y APLICACIÓN DE EQUIPOS ESPECIALES EN LA FABRICACIÓN DE REFRIGERADORES”

Elaborada por:

David Asahel García Álvarez

Aprobado por.

M.C Pedro Duran Reséndiz
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Asesor de la Tesis Profesional

Revisado por.

M.C Mariano Braulio Sánchez
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Revisor de la Tesis Profesional

Revisado por.

M.T.W David Morales Orozco
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Revisor de la Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto. 07/noviembre/2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): David Asahel García Álvarez	
Carrera: Ingeniería en Sistemas Automotrices	Núm. de control: T17120117
Nombre del proyecto: Estandarización de líneas de producción en uso y aplicación de equipos especiales en la fabricación de refrigeradores	
Producto: Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.C. Mariano Braulio Sánchez
Coordinador de Ingeniería en Sistemas Automotrices
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.



M.C. Pedro Durán Reséndiz Asesor de la Tesis Profesional	M.C. Mariano Braulio Sánchez Revisor de la Tesis Profesional	M.T.W David Morales Orozco Revisor de la Tesis Profesional

c.c.p.- Expediente

Julio 2017

Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
División de Ingeniería en Sistemas Automotrices

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:11EIT0002E ISA-EGR-2022/45
---------------------------	-------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, 07/noviembre/2022

Asunto: Aprobación de impresión de trabajo profesional

C. DAVID ASAHÉL GARCÍA ÁLVAREZ
PRESENTE:

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo bajo la cual se derivó la Monografía Titulada:

**“Estandarización de líneas de producción en uso y aplicación
de equipos especiales en la fabricación de refrigeradores”**

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

ATENTAMENTE
"Excelencia en Educación Tecnológica".
"Tecnología y Calidad para la Vida"



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES


M.C. Mariano Braulio Sánchez

Jefe de División de Ingeniería en Sistemas Automotrices

C.c.p Unidad de Servicios Escolares
C.c.p Coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices



Ave. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez, Uriangato, Guanajuato,
C.P. 38980
Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. *116, e-mail: promocion@itsur.edu.mx
tecnm.mx | itsur.edu.mx



Estandarización de líneas de producción en uso y aplicación de equipos especiales para la fabricación de refrigeradores

Resumen.

La reducción de defectos es una meta fija en todas las empresas, el presente proyecto se centra en una serie de investigaciones, acciones, planes y métodos preventivos para disminuir los defectos generados en la fabricación de refrigeradores en la empresa SAMSUNG ELECTRONICS ubicada en la ciudad de Querétaro, México.

Específicamente en las operaciones donde se involucran equipos a cargo del área de ingeniería. Equipos de operación como soldadura, bombas de vacío. Equipos de inspección como detectores de fugas, pruebas eléctricas y equipos para evaluación de funcionamiento de unidades fabricadas.

Este documento presenta planes de mantenimiento, planes de acción para situaciones inusuales y extraordinarias, así como acciones de mantenimiento preventivo para un funcionamiento óptimo de los equipos y disminuir los fallos en su desempeño, lo que significa más operaciones acertadas y se traduce en menos defectos generados.

Abstract

The reduction of defects is a fixed goal in all companies, this project focuses on a series of investigations, actions, plans and preventive methods to reduce defects generated in the manufacture of refrigerators in the company SAMSUNG ELECTRONICS located in the city of Queretaro, Mexico.

Specifically in operations where equipments in charge of the engineering area are involved. Operating equipment such as welding, vacuum pumps. Inspection equipment such as leak detectors, electrical tests and equipment for the evaluation of the operation of manufactured units.

This document presents maintenance plans, action plans for unusual and extraordinary situations, as well as preventive maintenance actions for optimal equipment operation and to reduce failures in its performance, which means more successful operations and translates into fewer defects generated.

Palabras claves (*keywords*)

- Soldadura por alta frecuencia.
- Inducción
- Soldadura ultrasónica
- Bombas de vacío
- Ecotec
- Mantenimiento preventivo
- Plan especial
- Reducción de defectos

AGRADECIMIENTO

A Dios, que me ha dado vida, los motivos, toda la fuerza y la voluntad para terminar este proyecto.

Al Ingeniero Diego Augusto Gonzales Mendoza por su apoyo incondicional en la empresa SAMSUNG ELECTRONICS, ejemplo de líder y tutor, infinitas las gracias por la oportunidad de formar parte de su equipo, por confiar en mí y abrirme las puertas.

Al Ingeniero Abraham Fuentes Jiménez por la guía, el conocimiento, paciencia, compañero y amigo, ejemplo de profesionalismo.

Al ingeniero Fernando Rodríguez Velázquez por las enseñanzas impartidas, por transmitir su conocimiento y demostrar paciencia, por ser compañero y un buen amigo.

Al ingeniero Efrén Esteban Reyes por su apoyo incondicional y por el ánimo durante toda mi estancia gracias a su conocimiento logre un crecimiento profesional

Al ingeniero Gilberto Álvarez Morales por su apoyo y enseñanzas, por el saludo cálido todas las mañanas, por la dedicación y la amistad.

A la ingeniera Alma Nelly Reséndiz Reséndiz por su apoyo más que incondicional, por todas esas horas de trabajo juntos y ser una gran ayuda en más de una ocasión.

Al Doctor Mariano Braulio Sánchez principal colaborador durante este proceso, con su dirección, conocimiento y apoyo, permitió el desarrollo de este proyecto.

Al M.C. Pedro Duran Reséndiz por su tutoría y guía en el desarrollo de este proyecto, por sus conocimientos profesionales.

A mi compañero y amigo, el ingeniero Miguel Ángel Martínez Ramírez por haberse cruzado en el inicio de este proceso y ser una compañía y apoyo en toda esta etapa, por todos esos días de trabajo juntos, y crecimiento profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Antonio y Lupe, amados por siempre, ejemplos de vida: todo el amor, la educación, el sacrificio y la voluntad puesta en mí, sus consejos y enseñanzas para hacerme un hombre de bien, les debo este y todos mis logros.

A mis abuelos, Antonio y Ofelia, por su apoyo incondicional en esta y en todas las etapas de mi vida, que con su amor y sabiduría me fueron forjando en el camino, piezas claves en mi vida.

A mi hermana Jessie, por el apoyo que me ha brindado en esta vida, y mostrarme lo que eres capaz de hacer, cuando tienes voluntad.

Yo, David Asahel.

Si es deseo o placer tuyo, toma mi nada, píntala de mil colores, irísala de oro, hazla ondear al viento y extenderse por el cielo en múltiples maravillas...

Tabla de contenido

Índice de Figuras.....	14
Índice de Tablas.....	15
Índice de Gráficos.....	16
Índice de Anexos.....	17
Capítulo 1.....	18
Introducción.....	18
Capítulo 2.....	20
Marco teórico (Antecedentes).....	20
2.1 Control de calidad.....	20
2.2 Clasificación de los defectos.....	20
2.3 Errores en la forma de intentar resolver problemas.....	21
2.4 Ciclo PHVA.....	23
2.5 Ocho pasos en la solución de un problema.....	23
2.5.1 Definir y analizar la magnitud del problema.....	24
2.5.2 Buscar todas las posibles causas.....	25
2.5.3 Investigar cuál es la causa o el factor más importante.....	25
2.5.4 Considerar las medidas remedio para las causas más importantes.....	26
2.5.5 Poner en práctica las medidas remedio.....	27
2.5.6 Revisar los resultados obtenidos.....	27
2.5.7 Prevenir la recurrencia del problema.....	28
2.5.8 Conclusión.....	29
2.6 Ocho disciplinas para el proceso de resolver un problema (8D).....	30
2.7 FTA (Análisis por árbol de fallos).....	33
2.8 Obtención de datos.....	34
2.9 Hoja de verificación.....	35
2.9.1 Hoja para localización de las zonas con defectos.....	36
2.10 Estratificación.....	37
2.10.1 Recomendaciones para estratificar.....	38

2.11 Variabilidad	39
2.12 Soldadura ultrasónica.	40
2.12.1 Principio de funcionamiento	40
2.12.2 Sonotrodo	42
2.12.3 Yunque o anvil.	45
2.12.4 Soldadura ultrasónica de metales.....	46
2.12.5 Ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica.....	51
2.13 Soldadura LOKRING®.....	53
2.13.1 Principio de funcionamiento	54
2.13.2 Materias primas aplicables	54
2.13.3 LOKPREP	55
2.13.4 Herramienta hidráulica de montaje	56
2.13.5 Estación hidráulica.....	57
2.14 Soldadura por alta frecuencia	58
2.14.1 Características relevantes de la soldadura por alta frecuencia.....	60
2.14.2 Diseño de la unión.	61
2.14.3 Material de aporte	64
2.14.4 Selección de frecuencia.....	65
2.15 Detector de fugas multigás Ecotec E3000	70
2.15.1 Aparato básico	70
2.15.2 Conducto de aspiración	72
2.15.3 Funcionamiento	74
Capítulo 3.....	76
Planteamiento del problema	76
3.1. Identificación.....	76
3.2. Justificación.	76
3.3. Alcance.	77
Capítulo 4.....	78
Objetivos.....	78
4.1. Objetivos generales.	78

4.2. Objetivos específicos.....	78
Capítulo 5.....	80
Metodología	80
5.1 Enfoque.....	81
5.2 Modalidad de la investigación	82
5.3 Recolección de datos.....	83
5.4 Procesamiento y análisis de la información	84
5.5 Metodología de trabajo	84
5.5.1 No detección de fugas.	85
5.5.2 Plan de acción por desabasto de consumibles para soldadura ultrasónicas.....	86
5.5.3 Falta de registros en prueba de consumo de potencia.	87
5.5.4 Pistolas LOKRING pegadas	87
5.5.5 Falla en prueba de DRAIN TESTER	88
5.5.6 Fallas en pruebas de inspección.....	89
5.5.7 Baratron semanal.....	90
5.5.8 Reducción de defectos en la operación con la tasa más alta de generación de defectos.	90
Capítulo 6.....	92
Resultados	92
6.1 Diagnóstico en Ecotec por nula detección de fugas y plan de mantenimiento.	92
6.1.1 Plan de mantenimiento	94
6.2 Plan de acción ante desabasto de consumibles para equipos de soldadura ultrasónica.....	100
6.3 Eliminación de falla en prueba de consumo de energía	110
6.4 Atención colaborativa a pistolas LOKRING y desarrollo de plan de mantenimiento para delegar a producción.	114
6.5 Estandarización de operación para evitar fallas de DRAIN TESTER.	118
6.6 Análisis de causa de falla en equipos pressure.	121
6.6.1 Acción inmediata.....	122
6.6.2 Diagnóstico profundo.	122

6.6.3 FTA para analizar causas de tarjeta quemada.	125
6.7 Baratron Semanal y mejora de atención a bombas de vacío.	125
6.8 Reducción de defectos en la operación con la tasa más alta de generación de defectos.	127
6.8.1 Paso 1: Definir y analizar la magnitud del problema.	128
6.8.2 Buscar todas las causas posibles.	135
6.8.3 Investigar cuál es la causa más importante.	141
6.8.4 Considerar las medidas remedio	143
6.8.5 Poner en práctica las medidas remedio	145
6.8.6 Revisar los resultados obtenidos	147
6.8.7 Prevenir la recurrencia del problema	149
Capítulo 7	152
Análisis de Resultados.....	152
Capítulo 8.....	157
Conclusiones y trabajo a futuro.....	157
8.1 Conclusiones.....	157
8.2 Trabajo a futuro.....	158
Referencias bibliográficas	160
Anexos	161

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura del FTA. Fuente [9]	34
Figura 2. La variabilidad de un proceso. Cada M aporta una parte no necesariamente igual, de la variación total observada. Fuente [1].....	39
Figura 3. Partes que conforman el sistema generador de vibraciones ultrasónicas. Fuente [6]	41
Figura 4. Sonotrodos de diferentes dimensiones y perfiles. Fuente: herrmannultraschall.com	44
Figura 5. Unión plástica mediante soldadura ultrasónica, ejemplo de perfiles específicos para la fabricación de sonotrodos con un contorno requerido. Fuente: herrmannultraschall.com	45
Figura 6. Esquema de un sistema típico de soldadura de alta frecuencia para metales. Fuente: ScienceDirect.com	47
Figura 7. Dirección de fuerza estática y fuerza ultrasónica durante proceso de unión.....	48
Figura 8. Proceso de unión en soldadura ultrasónica. Fuente [5]	49
Figura 9. La concentración de elevación de temperatura a causa de la fricción generada, posibilita la unión sin derretir. Fuente: herrmannultraschall.com.....	50
Figura 10. Vista seccionada de unión mediante soldadura LOKRING. Fuente: vulkan.com	54
Figura 11. LOKPREP recubriendo huecos en materiales y gap debido a diámetros diferentes. Fuente: vulkan.com	56
Figura 12. Herramienta hidráulica de montaje LOKRING. Fuente: vulkan.com.....	57
Figura 13. Estación hidráulica R2.5 VULKAN. Fuente: vulkan.com.....	58
Figura 14. Distribución del material de aporte, entre gap de los materiales bases. Fuente [3]	60
Figura 15. Vista en corte lateral de una unión traslapada, análisis de espacio GAP. Fuente [3]	62
Figura 16. Efecto de calentamiento influenciado por las propiedades magnéticas. Fuente: EFD INDUCTION.	67
Figura 17. Gráfico profundidad de penetración. Fuente: EFD INDUCTION.	68
Figura 18. Aparato básico o aparato de Ecotec E3000. Fuente: inficon.com.....	71
Figura 19. Conducto de aspiración o sniffer. Fuente: inficon.com	73
Figura 20. Organigrama de áreas en planta refrigeradores.	81
Figura 21. Pantalla principal de equipo Ecotec E3000. Fuente: inficon.com.....	93
Figura 22. Límites de caudal para Ecotec E3000. Fuente: inficon.com	93
Figura 23. Cambio de filtros capilares en punta de protección contra el agua.....	97
Figura 24. Calibración de equipos Ecotec de forma diaria a partir de la aplicación del plan de mantenimiento.	98
Figura 25. Condición de filtros después de la aplicación del plan de mantenimiento.	99

Figura 26. Valores de caudal en Ecotec con implementación de plan de mantenimiento.	100
Figura 27. Pantalla de registro de FAIL, debido a altura fuera de especificación.	103
Figura 28. Lainas de calibración.	104
Figura 29. Calibración con lainas a equipo de alta frecuencia. Muestra de soldadura realizadas después de calibración.	105
Figura 30. Ajuste de altura termina con registro de fallas en operación de equipo de soldadura ultrasónica.	106
Figura 31. Desgaste de sonotrodo por operación.	107
Figura 32. Parte superior: retiró de guía. Parte inferior: señalado en círculo rojo los opresores laterales del sonotrodo.	108
Figura 33. Giro de 180° grados al sonotrodo, alineación del nuevo filo con el anvil.	109
Figura 34 Arriba: Pistola LOKRING posición de abiertas. Debajo: Pistola LOKRING posición cerrada.	115
Figura 35. Ubicación de pernos de sujeción. Fuente: vulkan.com	115
Figura 36. Retiro de pernos para despegar pistola LOKRING.	116
Figura 37. Resto de esponja en filtro en equipo DRAIN TESTER.	119
Figura 38. Valor de presión fuera de especificación entregada por equipo pressure.	122
Figura 39. Regulación de presión entregada mediante válvula manual.	122
Figura 40. Ayuda visual en manómetro para válvula de equipo pressure.	123
Figura 41. Ubicación de componente quemado en tarjeta pcb de equipo pressure.	124
Figura 46. Ubicación de los puntos de soldadura p10, p6 y p4.	135
Figura 47. Generador para máquina soldadora de alta frecuencia. Fuente: OSUNG HITEC	136
Figura 48. Conexión de tubería para barrido de nitrógeno.	137
Figura 49. Pistola de Alta frecuencia. Fuente OSUNG HITEC.	138
Figura 52. Capacitación de soldadura a personal de nuevo ingreso.	146

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla 6.1 Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema. Fuente [1]	24
Tabla 2. Ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica. Fuente: Tony Difinizio. "Soldadura: Uniones ultrasónicas", Manufactura, año 7, número 67, enero 2001, México, D.F.	51
Tabla 3. Rangos de fusión de materiales de usos común para aleaciones de materiales de aporte. Fuente [3]	64
Tabla 4. Composición de aleaciones de materiales de aporte. Fuente: [3].	65
Tabla 5. Frecuencias aproximadas para el calentamiento de algunos materiales comunes. Fuente: EFD INDUCTION.	66
Tabla 6. Especificaciones técnicas del equipo ECOTEC E3000. Fuente: inficon.com	75

Tabla 7. Registro de días en que fugas no fueron detectadas.	92
Tabla 8. Plan de mantenimiento incluido en manual para Ecotec E3000. Fuente: inficon.com.....	95
Tabla 9. Plan de mantenimiento para Ecotec E3000, diseñado por Equipments.....	96
Tabla 10. Registro de indetección de fugas W07-W09.	98
Tabla 11. Mantenimiento y revisión comúnmente realizado a equipos de soldadura ultrasónica.	101
Tabla 12. Plan especial de atención a equipos de soldadura de alta frecuencia, ante desabasto de consumibles.	102
Tabla 13. Causas en falla de registros prueba de consumo de compresor.....	111
Tabla 14. Plan de reacondicionamiento de equipos de consumo de energía.....	114
Tabla 15. Registro de incidentes de pistola LOKRING pegadas antes y después de aplicación de estándar de trabajo.....	117
Tabla 16. Valores de presión NG en Hose Drain.....	118
Tabla 17. Estándar de trabajo para limpieza de filtros equipo HOSE DRAIN.....	120
Tabla 18. Registro de resultados en Baratron semanal.....	127
Tabla 19. Defectos registrados en las tres líneas de producción (W06-W10).	128
Tabla 20. . Estratificación de ubicación de defectos Línea A.....	130
Tabla 21. Estratificación de ubicación de defectos Línea B.....	130
Tabla 22. Estratificación de ubicación de defectos Línea C.....	130
Tabla 23. . Estratificación: Ubicación de defectos del conglomerado de las tres líneas de producción.	133
Tabla 24. Causas y área de oportunidad en causas de la generación de defecto por soldadura de alta frecuencia.	140
Tabla 25. Causas detectadas que provocan soldadura defectuosa en p10, p6 y p4. Fuente propia.....	141
Tabla 26. Etapas del plan de acción para reducción de defectos en soldadura de alta frecuencia.	144
Tabla 27. Defectos registrados en soldadura, semanas 1 y 2.....	148
Tabla 28. Defectos registrados en soldadura, semanas 18 y 19.....	148
Tabla 29. Plan de acción para evitar recurrencia de defectos en soldadura.....	150

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea A.....	131
Gráfico 2. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea B.....	132
Gráfico 3. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea C.	132
Gráfico 4. Diagrama de Pareto de segundo nivel: Ubicación de defectos del conglomerado de las tres líneas de producción.	134
Gráfico 5. Lluvia de ideas: Causas de generación de defectos en p10, p6 y p4.	140

Gráfico 6. Tabla generalizada de condición causante de defectos en soldadura para p10, p6 y p4.....	143
Gráfico 7. Comparación de la cantidad de defectos antes y después de aplicar metodología y plan de acción a equipos.	149

Índice de Anexos

Anexo 1. FTA para tarjeta quemada de equipo pressure.	161
--	-----

Capítulo 1

Introducción.

En un proceso de manufactura inevitablemente resultan defectos por distintas razones: mal realización de operación, material incorrecto, ensambles erróneos, desajuste de equipos para realizar operaciones, fallas de los mismos, entre más. A raíz de eso, se mantiene la lucha constante para reducir esos defectos lo más cercano a cero posible.

Dentro de SEM-P (SAMSUNG ELECTRONICS DIGITAL APPLIANCE MEXICO) planta refrigeradores, se trabaja constantemente en la reducción de defectos, a razón de ello, el siguiente trabajo de investigación está enfocado a cumplir ese propósito.

En la fabricación de refrigeradores, existen operaciones críticas, llamadas así por su nivel de complejidad y el uso de equipos altamente especializados con los que se realizan; tales equipos están a cargo del área de ingeniería, obligando que en eso se centre el presente proyecto, que busca como objetivo reducir el número de defectos registrados en esos equipos específicamente, debido a errores de los equipos, fallas recurrentes, mal manejo, operación ineficiente y demás situaciones que involucren directamente a los equipos.

En los últimos años la demanda de producción exige que el tiempo de fabricación sea reducido considerablemente, esto lleva a crear operaciones que conlleven un menor tiempo. Por lo cual la exigencia a los equipos por mantenerlos siempre funcionales y en las condiciones más óptimas posibles, para una cumplir con el plan de producción, pero esa misma exigencia, provoca desgaste y fallas más constantes, y al estar directamente involucrados con la fabricación de los refrigerados, en malas condiciones generan defectos por realizar operaciones ineficientes.

Este documento contiene plan de acciones para situaciones extraordinarias, planes de mantenimiento, diagnósticos de fallas, estandarización de operaciones y mantenimiento, así como metodología de investigación para resolución de problemas, todo con el fin de lograr una estandarización en las tres líneas de producción y como resultado una disminución de defectos en la planta refrigeradores de SAMSUNG ELECTRONICS en México.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

Como bases indispensables para el desarrollo del presente proyecto, se requiere de los conceptos clave que le corresponde como son: calidad, defectos, control de calidad, clasificación de los defectos, y similares a estos. Dando paso al desarrollo, donde es necesario el uso de una metodología que sea concisa en ayudar a la disminución de defectos, seguido de información específica del área a mejorar.

2.1 Control de calidad.

Calidad es un concepto inevitable dentro de cualquier empresa, porque significa las condiciones, funcionamiento, durabilidad que tiene el producto entregado a los clientes, así que se reúne un gran esfuerzo para lograr un producto de calidad. Para asegurar que el producto sea de calidad, se debe de revisar su forma de fabricación y tener un control de ella, de lo contrario cómo se podría fabricar algo de calidad, si nunca se controla la calidad desde su desarrollo, de esto nace el control de calidad, que se define puntualmente como:

“Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor”. [2]

2.2 Clasificación de los defectos.

Aunque un defecto no es deseado de ninguna forma, claro que estos pueden ser clasificados, saliendo de la generalidad de solo defectos, ya que puede variar dependiendo del lugar donde se presente, el impacto negativo que generan, el costo que conlleva, entre otras situaciones que permiten la categorización de defectos, Ishikawa los clasifica en las siguientes categorías:

Un defecto crítico: aquella característica de calidad que se relaciona con la vida y la seguridad, por ejemplo, llantas que se sueltan del automóvil o frenos que no funcionan.

Un defecto grande: aquella característica de calidad que afecta seriamente el funcionamiento de un producto, por ejemplo, el motor de un automóvil no funciona.

Un defecto menor: aquella característica de calidad que no afecta el funcionamiento del producto, pero que no gusta a los clientes, por ejemplo, una rayadura en un automóvil. [2]

Esto puede variar para diferentes productos, en algunos casos inclusive, la clasificación tendrá que ser más detallada, pero esto incluso es dependiente de las variables que pueden ser realmente medidas y que no se sostengan solo a una suposición u opinión personal. De lo anterior si podemos generalizar un punto, los defectos críticos no se permitirán jamás, mientras que, si es aceptable un pequeño número de defectos menores, cualquier situación distinta a esta se debe su respectivo análisis particular.

2.3 Errores en la forma de intentar resolver problemas.

Ante un problema siempre se busca rápidamente una solución, erradicarlo lo más pronto posible, se soluciona, y un tiempo más tarde, se presenta de nuevo. Situación que se repite constantemente, y en los defectos que se busca reducir, no es la excepción. Con el objetivo de no volver a caer en tal situación en el desarrollo de este proyecto, se analizan errores cometidos en la forma de resolver problemas de calidad y productividad.

Para empezar Control Total de Calidad da una razón que es infalible: “Se atacan los efectos y los síntomas y no se va a las causas de fondo de los problemas”. [2]

Atender síntomas de un problema solo ofrece una solución a corto plazo, momentáneamente se observará una mejora, pero transcurrido un tiempo vuelven los síntomas, tal vez, algunos nuevos, diferentes e inclusive más graves. Hacer esto es lo que tratamos de evitar a mayor costa, de lo contrario caemos en la siguiente situación: “Se trata de resolver los problemas por reacción, por impulsos, ocurrencias y regaños, no mediante un plan de solución sustentado en métodos y herramientas de análisis” [2]

Dice Senge que el camino fácil lleva al mismo lugar, si solo proponemos soluciones superficiales, tarde o temprano, el defecto aparecerá de nuevo. Ishikawa es claro: “No se ataca lo realmente importante, sino más bien aspectos o problemas secundarios. No se tiene como sistema aplicar el principio de Pareto”. [2] Llegar a la causa raíz, requiere de un trabajo exhausto, una investigación profunda y bien planeada.

Además, debemos dejar de lado la creencia de que las soluciones son definitivas, pensando así no se logra un verdadero aprendizaje, se cae en el conformismo y no se estandarizan soluciones, siendo esto algo indispensable, junto con medidas preventivas. Si hacemos esto, es mucho menos probable que el problema se vuelva a presentar.

De la mano con lo anterior, es sumamente importante tener un control y registro de la puesta en práctica de nuestra propuesta, se debe de saber el impacto que tiene lo que se hace y se administra según el resultado anterior. Sin esto se estaría aplicando las soluciones sin saber si están atacando las verdaderas causas, sin que

estén entregando un verdadero resultado, o tal vez solo sea un resultado momentáneo, que disfraza el problema por un periodo de tiempo y nada más.

2.4 Ciclo PHVA

Ciclo PHVA que sus siglas significan planear, hacer, verificar y actuar, es una herramienta que tiene como finalidad: estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad.

Este ciclo consiste en el desarrollo de cada uno de sus pasos en lo siguiente: se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), este se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios. [1]

2.5 Ocho pasos en la solución de un problema.

Antes de proponer soluciones y aventurar acciones se debe contar con información y seguir un método que incremente la probabilidad de éxito. Haciendo así que la planeación, el análisis y la reflexión se conviertan en hábito y gracias a ello se reducirán las acciones por reacción.

En la tabla 1, se muestra en forma de listado la estructura del ciclo PHVA, además de mostrar en la última columna, las herramientas de la calidad que son aplicables a ese paso en específico.

Tabla 1. Tabla 6.1 Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema. Fuente [1]

Etapa del ciclo	Paso núm.	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control.
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué... necesidad Qué... objetivo Dónde... lugar Cuánto... tiempo y costo Cómo... plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, C. de control, h. de verificación
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

2.5.1 Definir y analizar la magnitud del problema.

En un proceso de manufactura las variables que pueden ser las causantes de un error o que provocan un defecto, son en su mayoría, una cantidad considerable, lo que amplía mucho el campo de estudio y análisis, donde muchos factores pueden actuar en la misma situación, como resultado de esta situación, una mayor aplicación de esfuerzos y recursos: situación que se puede evitar.

Definir y delimitar con claridad un problema importante, de tal forma que se entienda en que consiste el problema, como y donde se manifiesta. Dentro de esto principalmente enfocados en cómo afecta a la productividad y en la calidad. En esta sección es indispensable que se utilicen las herramientas básicas como pueden ser el diagrama de Pareto, la hoja de verificación, el histograma, una carta de control. [1]

Como resultado se debe tener concisamente un problema, definido claramente, entendiendo los límites que le corresponden, para así definir con la misma claridad los resultados que se busca obtener.

2.5.2 Buscar todas las posibles causas

Gutiérrez enfatiza: Es importante profundizar en las verdaderas causas y no en los síntomas; además de poner énfasis en la variabilidad: cuando se da (horario, turno, departamento, máquinas), en que parte del producto o el proceso se presentan los defectos, en qué tipo de productos o procesos se da el problema. [1]

Para esta actividad la herramienta que nos aporta gran utilidad es la lluvia de ideas, para así consultar a distintas personas involucradas en el tema específico, y considerar sus puntos de vista y tener un catálogo más amplio de las posibles causas del defecto.

2.5.3 Investigar cuál es la causa o el factor más importante.

Un defecto puede tener un sinnúmero de causas que pudieran ser la generación del defecto, entre ellas pueden ser: deficiencia en maquinaria, equipo y/o herramental utilizado en la operación, habilidad del operador, condiciones de trabajo, tiempo reducido de operación, materiales implicados, entre más aspectos que

complementan a una amplia lista; y cada opción es verdaderamente un potencial generador de defecto, pero resulta bastante ineficiente trabajar causa por causa, hasta dar con la indicada.

Así que agilizar este paso resulta en: Sintetizar la información relevante encontrada en el paso anterior y representarla en un diagrama de Ishikawa, y por consenso seleccionar las causas que se crean más importantes... Además, se debe investigar cómo se interrelacionan las posibles causas, para así entender mejor la razón real del problema y el efecto que tendrá. [1]

Más, algo que se debe de tener muy presente que todas estas posibles causas son parte de un problema general, el cual no debe de perderse de vista, estos factores actúan como pistas a la solución, pero no se concentran los esfuerzos en solucionarlos, sino verlos como parte del problema donde vienen, el que si se debe de atacar con totalidad.

2.5.4 Considerar las medidas remedio para las causas más importantes.

Siempre tengamos presente lo que menciona Ishikawa: “No deben de llevarse a cabo acciones que solo eliminen el problema de manera inmediata o temporal.” [2] En base a esto surgen las medidas remedio, esperando que cumplan con dos requisitos: eliminar las causas y prevenir la recurrencia del problema; cuidando demasiado que las soluciones propuestas eliminen el problema de manera temporal.

A razón de lo anterior Gutiérrez enfatiza que debe de cuestionarse lo siguiente en las medidas remedio: su necesidad, cual es el objetivo, donde se implementará, cuanto tiempo llevará establecerlas, cuánto costará, quién lo hará y cómo. También es necesario analizar la forma en la que se evaluarán las soluciones propuestas y

elaborar de manera detallada el plan con el que se implementarán las medidas correctivas o de mejora (secuencia, responsabilidades, modificaciones, etcétera).

[1]

Un aspecto más relacionado con las causas remedio, es analizar que estas no generen otros problemas a manera de defectos secundarios; si estos llegan a presentarse no significan un completo fracaso, en veces, estos son de menor impacto que la causa que se está atacando, en situaciones como estas vale la pena investigar la forma de suprimir esos efectos secundarios o disminuirlos al mínimo sin generar una afectación considerable; si los efectos secundarios llegan a superar al problema que primeramente se buscaba atender, es mejor considerar otro tipo de acciones.

2.5.5 Poner en práctica las medidas remedio

En este paso, sencillamente nos vamos a dedicar a seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior, encargarse de involucrar a todos los involucrados, encargarse de que estén enterados de la importancia del problema y los objetivos que se espera conseguir.

2.5.6 Revisar los resultados obtenidos

Una vez puestas en práctica las medidas remedio, se debe de verificar si estas entregan resultados, para tener un registro preciso, para que esto sea lo más conciso posible se recomienda dejar funcionar el proceso un tiempo suficiente, de manera que los cambios realizados se puedan reflejar y luego, mediante datos estadísticos, hacer una comparación de la situación antes y después de las modificaciones a causa de la implementación de la mejora propuesta.

Considerando además la afectación que la puesta en práctica de las mejoras conlleva, analizar los cambios que se tuvieron que realizar en el proceso y el impacto directo con los parámetros correspondientes en esa parte muy específicamente, una buena métrica para utilizar, los resultados en términos monetarios.

2.5.7 Prevenir la recurrencia del problema.

La adaptación a un cambio, después de haber realizado una operación de la misma forma durante años, conlleva un reto de aceptación, y aunque es evidente los resultados que genera tal cambio, hay una alta posibilidad de que se vuelva a la costumbre de hacer las cosas como anteriormente se hacían, revirtiendo todo el trabajo empeñado. Para evitar tal situación: “Hay que estandarizar las soluciones a nivel proceso, los procedimientos y los documentos correspondientes, de tal forma que el aprendizaje logrado mediante la solución se refleje en el proceso y en las responsabilidades”

A manera de exigir una activa participación por parte de los involucrados se debe de comunicar y explicar las medidas preventivas, para que además de que estén enterados de la situación, estén capacitados y como responsables de cumplirlas. Todos los involucrados en la planeación, implementación y seguimiento de la acción correctiva, deben estar sumergidos en la comunicación y seguimiento del plan puesto en marcha.

¿Puede incluso en este paso no observar resultados significativos? O de otra forma ¿Observar retroceso en vez de avance? Si. Ante tal situación Humberto Gutiérrez menciona: “Si las soluciones no dieron resultado se debe repasar todo lo hecho, aprender de ello, reflexionar, obtener conclusiones y, con base en esto, empezar de

nuevo desde el paso 1. Sobre todo, ver si en el paso 5 realmente se implementaron las medidas tal y como se había previsto en el paso 4.” [1]

2.5.8 Conclusión

Para este último paso se debe de revisar todo lo que se realizó y documentar el procedimiento seguido, a manera de registro lo cual contribuye a planear el trabajo futuro y entonces convertir nuestro proyecto ya no solo en una mejora, sino más bien, mejora continua.

Existe la posibilidad de que haya problemas que aún persistan, condiciones secundarias, u otros factores que aporten inestabilidad en el proceso mejorado; en tal caso, se puede hacer un listado de las más importantes y volver a iniciar el ciclo una vez más. Por eso es indispensable que exista un registro a manera de conclusión de todo nuestro procedimiento realizado, un antecedente que se convierte en un punto de partida para futuros proyectos que muestren relación.

La metodología descrita es extensa y el mismo Gutiérrez lo dice: “En un principio, tal vez los ocho pasos anteriores parezcan un trabajo extra y lleno de rodeos para resolver un problema o para ejecutar un proyecto de mejora.” Más los resultados obtenidos se traducen en menos soluciones inmediatas y que a prontitud requieren nuevamente de atención, por verdaderas soluciones a fondo. Así que, aunque, adoptar una metodología de trabajo como la mencionada se piense como algo innecesario, es una forma estructurada de dar un buen arranque, seguimiento y conclusión a un proyecto de mejora.

2.6 Ocho disciplinas para el proceso de resolver un problema (8D)

Proceso conocido como proceso 8D; este guarda muchas similitudes con el proceso anterior, pero, como diferencias se pueden mencionar que en las 8D se da una dirección a una solución rápida, inmediata, y posteriormente a una solución profunda y permanente.

Cada D corresponde a una acción a realizar en la búsqueda de resolver un problema, y se describen a continuación:

D1. Formar el equipo adecuado al problema.

“Formar un equipo de tres a seis personas con la mezcla de habilidades, experiencia y autoridad para resolver el problema e implementar las soluciones”. [1] Las personas adecuadas, aportaron lo necesario al desarrollo del proyecto, y las tres características que menciona Gutiérrez son indispensables; habilidades correctas agregan agilidad al proceso; experiencia se traduce en conocimiento relevante y grandes aportaciones en temas de consulta y resolución de dudas, y, por último, la autoridad. El deseo es que exista la aplicación de la mejora diseñada, y para eso se necesita aprobación de superiores, personas encargadas, que abran el camino para la aprobación, desarrollo y aplicación del proyecto.

D2. Describir y delimitar el problema.

“Descripción clara del problema y delimitar exactamente lo que se atenderá.” [1] Dentro de un proceso existen demasiadas partes involucradas, lo que genera un desvío, entre tantos temas que atender, de ahí que resulta esencial marcar los límites claro de las partes que realmente incumben a nuestro tema de acción, para mantener bien direccionado nuestro desarrollo.

D3. Implementar una solución provisional.

Un problema, en la mayoría de sus veces, exige atención inmediata. Aunque la intención es una solución con resultados duraderos, el tiempo de acción debe ser el menor posible, lo que lleva a soluciones rápidas que funcionan como parches que ofrecen una solución inmediata, estos son necesarios, aplicar este tipo de soluciones hace que se disminuya los efectos negativos que pueden crecer de no atender un problema.

Además, una solución provisional permite ganar tiempo para la completa construcción de una solución mejor estructurada y más duradera.

D4. Encontrar la causa raíz.

“Con un análisis y reflexión más profundos es necesario encontrar la verdadera causa raíz del problema.” [1]

Esto exige de una investigación completa, donde se puedan extraer todas las variables que estén involucradas en el proceso. Los datos estadísticos hacen una gran aportación, entre mayor sea los detalles que sean tomados en cuenta en los registros, más enriquecen a nuestra base de datos, de la cual partimos en busca de la causa raíz.

Por ejemplo, un registro puede ser de la cantidad de defectos, esta facilita encontrar la causa raíz si además de la cantidad de defectos, registra la causa, ubicación, horario, efecto, entre otros detalles más.

D5. Implementar acciones correctivas efectivas

Efectivas se refiere a que no provoquen efectos no deseados, que verdaderamente la solución que se propone es la porque reduce el problema, porque entregan una solución efectiva, que se traduce en disminución de defecto. Hay soluciones que funciona como una pantalla mostrando resultados muy momentáneos, pero que, en realidad, cuando se hace un análisis estadístico con los datos del respectivo proceso, no se ven resultados significativos.

Se debe recordar que los defectos no son recurrentes, los primeros días de implementación de nuestro proyecto, tal vez no se presente ningún defecto, pudiera ser así incluso algunas semanas, y después tener un crecimiento exponencial en la presencia de defectos, no hay que caer en el error ya que en los primeros días de implementación se ve una reducción considerable de defectos, esto va a permanecer constante, más bien, se mantiene un monitoreo constante y prolongado, observando el comportamiento, manteniendo una constante de comportamiento, y así lograr una estandarización.

D6. Implementar una solución permanente

Con base en los resultados que se obtienen de los pasos anteriores, se estructura una solución con un resultado prolongado, claro y bien definido; complementariamente se pueden ir agregando otras acciones, todo con la visión de tener una solución definitiva.

D7. Evitar que el problema se repita.

“Prevenir que el problema no se vuelva a presentar institucionalizando los aprendizajes a nivel proceso, procedimiento e instrucciones de trabajo.” [1]

D8. Reconocer al equipo.

A manera de recompensa por el esfuerzo y empeño dedicado por parte del equipo de trabajo, se deben de compartir los resultados obtenidos. Motivando la participación en futuros proyectos, y buscando replicar proyectos exitosos.

2.7 FTA (Análisis por árbol de fallos)

Cuando se necesita analizar una situación que es resultado de una condición que no es deseada, el FTA es una técnica que se utiliza para estudiar y analizar las posibles causas de ese evento desafortunado.

El FTA busca identificar todas las causas posibles, su estructura se realiza de arriba hacia abajo, para así tener hasta arriba una parte generalizada e ir desglosando hacia abajo con secciones más detalladas, además se pueden ir seccionando las partes para así tener más detalles en sus diferentes secciones con contenido específico.

Los pasos para desarrollar un FTA se presentan de la siguiente manera:

- I. Paso 1. Definición del sistema, el evento TOP (el posible accidente) y las condiciones de contorno.
- II. Paso 2. Construcción del árbol de fallos.
- III. Paso 3. Identificación de los fallos múltiples que desencadenan fallos del evento TOP. A este concepto llamado conjunto de corte, es aquel evento o fallo que, si se elimina, los fallos o eventos restantes colectivamente ya no generan un fallo.
- IV. Paso 4. Análisis cualitativo del árbol de fallos.
- V. Paso 5. Análisis cuantitativo del árbol de fallos.
- VI. Paso 6. Informe de resultados, conclusiones y apertura de un plan de acción si procede. [8]

Y la estructura gráfica para el desarrollo y presentación del FTA se observa en la figura 1. Se recomienda tener un desarrollo de por lo menos cuatro causas a analizar, muchas veces se centran en las condiciones más obvias y posibles y aunque al final en su mayoría estas resultan ser las verdaderas causantes de los imprevistos, el cerrar el análisis a sólo esas causas limita el efecto natural del FTA, lo correcto es presentar todos los escenarios que puedan estar directamente relacionados.

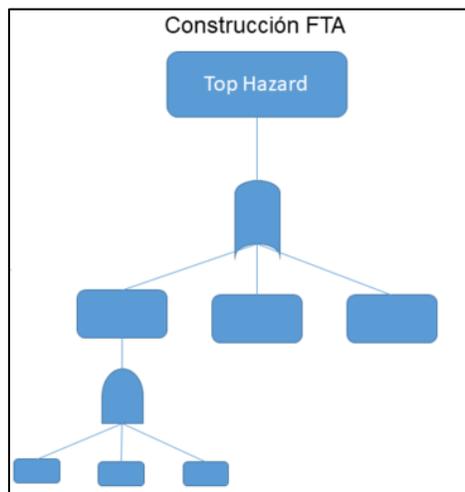


Figura 1. Estructura del FTA. Fuente [9]

2.8 Obtención de datos

Para resolver un problema desde la raíz como lo es la disminución de los defectos, es necesario tener la información que pueda identificar las características principales de tal situación, como lo es la frecuencia de ocurrencia, ubicación específica, condiciones entre otras, poder identificar “regularidad estadística y sus fuentes de variabilidad” estos datos pueden ser obtenidos de distintas fuentes, varía de empresa a empresa, pero en general, se puede decir que idealmente existe un

registro de los defectos, si dentro de ese registro no se incluyen las características que son de interés para el proyecto, entonces se procede a obtener esos datos de interés en la medida de lo posible, y en apoyo de otro personal igual de adentrado en el tema.

2.9 Hoja de verificación.

El flujo de información siempre existe dentro de una organización, tanto las acciones que se realizan, datos con respecto al proceso, registros, en ocasiones la información es bastante abundante, en otros escasea, pero la obtención de los datos, en realidad no representa un gran problema, ni siquiera la cantidad de los mismos, si no la manera de manejar toda esta información.

Los datos obtenidos en muchas ocasiones pueden ser mal almacenados, registrarse demasiado tarde, archivarlos sin ninguna revisión o simplemente nunca hacer un análisis de tal información, perdiendo así el propósito de su captura.

Esto provoca que: “No se tiene información para dirigir de forma objetiva y adecuada los esfuerzos y las actividades en una organización.” [1]; todo rumbo de acción dentro de una organización y la toma de decisiones, debe de estar basado y fundamentado, y eso se logra volteando a la información que está a disposición y corresponde al tema que se desea abordar.

Esta situación lleva a la necesidad de tener una herramienta que facilite el manejo de la información, que aporten tanto en la obtención de datos, como en el análisis de la misma, uno de estas herramientas es la hoja de verificación o de registro, que se define de la siguiente manera:

Esta hoja es un formato creado para recolectar datos, de tal forma que su registro sea sencillo y sistemático. Una característica que debe reunir una buena hoja de verificación es que visualmente ofrezca un primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales. [1]

La hoja de datos puede resultar especialmente útil para las siguientes situaciones:

- Para la descripción de resultados de operación o de inspección.
- En la clasificación de fallas, defectos, prestando atención a detalles sobre estos que son relevantes como causas, afectación, origen, operación de dónde proceden, entre demás especificaciones.
- Causas de problemas de calidad.
- Análisis de operaciones.
- Evaluación de resultados en proyectos de mejora implementados.

2.9.1 Hoja para localización de las zonas con defectos.

La idea de este tipo de registro, es localizar las zonas de fallas, de forma que sea fácil detectar si existe un patrón en el cual las fallas se concentran en una zona en específico.

Algunas recomendaciones que son importantes en el uso de esta hoja específicamente son las siguientes:

1. Decidir específicamente el defecto que se va a evaluar, definir el objetivo que se tiene y los resultados que se persiguen, así se puede tener una idea clara de los datos que se requieren.
2. Fijar una fecha específica para la toma de datos.

3. Diseñar el formato apropiado. Cada hoja en particular debe contener la información para cada caso en específico, y el origen de tal información, como: fecha, hora, turno, maquina, quien captura los datos, entre otros.

2.10 Estratificación.

Clasificar los problemas o defectos es de gran utilidad, esto a razón de buscar dirección en la acción de mejora, para esto es de gran ayuda la estratificación que se define de la siguiente manera:

Estratificar es analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que, se cree, pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar buenas pistas para mejorar un proceso. Por ejemplo, los problemas pueden analizarse de acuerdo con tipo de fallas, métodos de trabajo, maquinaria, turnos, obreros, materiales o cualquier otro factor que proporcione una pista acerca de dónde centrar los esfuerzos de mejora y cuáles son las causas vitales.

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que se puedan localizar las fuentes de la variabilidad y, con ello, encontrar pistas de las causas de un problema. [1]

Además, se puede llegar a un grado alto de especificación en nuestra información, ya que todo el conjunto de detalles puede ser de gran utilidad en la búsqueda de la acción de mejora, más en esto, se debe de tener cuidado que la información recolectada tenga una aportación real, de lo contrario, será en vano todos los recursos gastados para recabar tal información; Ejemplos de esta especificaciones para las clasificaciones pueden ser: áreas o secciones de la producción, operadores

(experiencia, edad, turno), maquinaria (condiciones, modelo, antigüedad), tiempo de producción, procesos (procedimiento, temperatura), materiales y proveedores.

2.10.1 Recomendaciones para estratificar

Aunque el apartado anterior deja con mucha claridad lo que se trata la estratificación, es importante tener aportes en este tema para lograr ser lo más conciso posible a la hora de utilizar esta herramienta, así que se exponen las siguientes recomendaciones:

- 1.- Teniendo bien claro el objetivo a seguir se debe de comenzar con una discusión para delimitar los factores que van a entrar en la estratificación.
- 2.- Cuando se realice la colecta de los datos, evaluar la situación de las características seleccionadas, una buena presentación gráfica de esto puede ser mediante un diagrama de Pareto o un histograma.
- 3.- Determinar causas de la variación de datos obtenidos en la estratificación. Esto puede llevar a estratificar una característica más específica.
- 4.- Tomar una característica que sobresale de las demás e investigar más sobre esa característica en particular, y realizar una estratificación.
- 5.- De acuerdo al punto anterior se puede seguir estratificando al ir descubriendo características con relevancia, esto con el fin de tener conclusiones bien definidas de nuestro proyecto.

2.11 Variabilidad

La variabilidad existe en todos los aspectos de nuestra vida, y esta misma variación que ocurre en nuestras vidas también ocurre en los resultados de los procesos.

Son generados por la interacción de materiales, máquinas, mano o mente de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos, las 6 M, determinan de manera global todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad (y de la calidad) de los resultados de un proceso. [1]

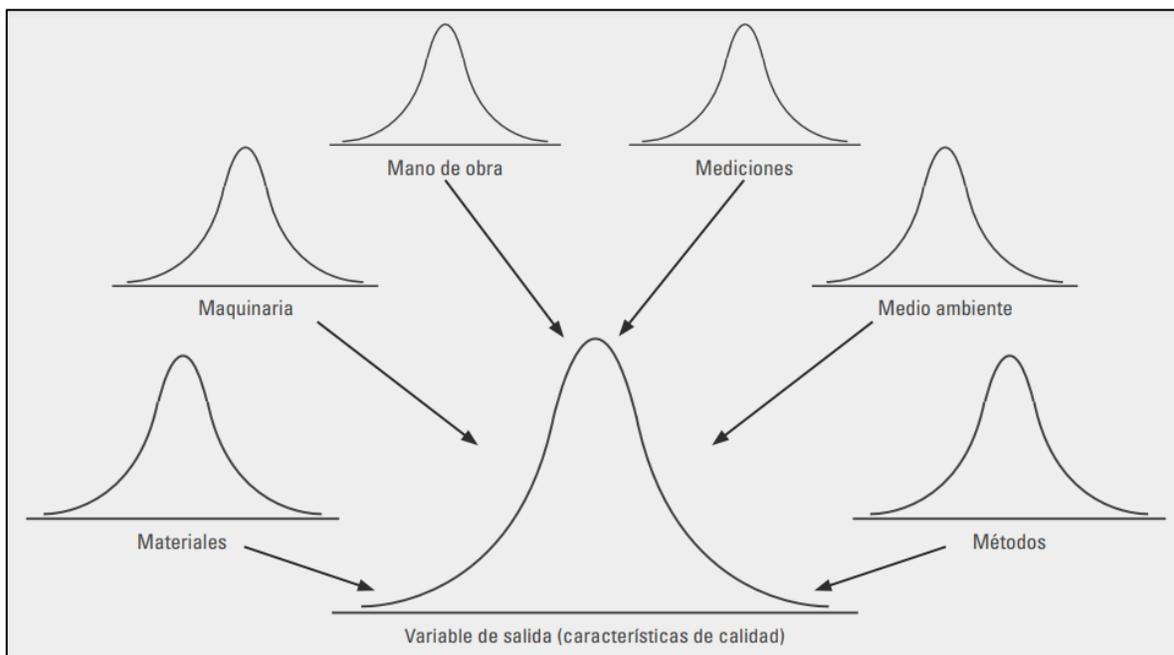


Figura 2. La variabilidad de un proceso. Cada M aporta una parte no necesariamente igual, de la variación total observada. Fuente [1]

La figura 2 muestra cómo las 6M aportan la variabilidad a un proceso. Debido a eso es importante llevar un monitoreo de estos elementos en un proceso. Pero, no todos los cambios que se realicen en alguna de las 6M refleja una variación significativa

cada M por individual aporta una variación de diferente tipo, ejemplo de esto es, que los materiales no son idénticos en su totalidad, ni todos los operadores tienen las mismas habilidades y entrenamiento. Debido a esa posibilidad permanente de que ocurran todos estos cambios, es que los esfuerzos aplicados a que algunos disminuyan no sean tan fructíferos como se tenían planeados.

2.12 Soldadura ultrasónica.

Existen ubicaciones específicas de una unión que, por las circunstancias o las dimensiones, es difícil aplicar los métodos de soldadura más comunes, el estudio en electrónica permitió el desarrollo de la soldadura ultrasónica que entre sus características más sobresalientes se encuentra la posibilidad de unir piezas pequeñas, materiales metálicos muy delgados, similares como diferentes e inclusive la posibilidad de soldar plásticos. Este es un tipo de soldadura con un ciclo de acción muy corto, por lo que su tiempo de operación es muy rápido, tienen un bajo consumo de energía y entre sus principales ventajas se encuentra que debido a su proceso de unión no se generan gases nocivos.

Dentro de las aplicaciones industriales resulta verdaderamente práctica ya que electrónicamente puede ser controlada, asegurando así un control de calidad en la línea de producción.

2.12.1 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento está basado en la transformación de energía eléctrica en energía térmica. Primeramente, se tiene una corriente alterna industrial con los valores de 220v a 50 Hz., un generador está encargado de transformar esta corriente en una corriente alterna de alta frecuencia, cuya oscilación se encontrará

entre 20 y 50 kHz. dependiendo el caso particular. La corriente de alta frecuencia es convertida mediante un transductor piezoeléctrico, en vibraciones mecánicas de igual intensidad, estas a su vez son transmitidas por el sonotrodo a la superficie del material a soldar (véase figura 3).

Las vibraciones ultrasónicas generan que las cadenas moleculares comiencen a oscilar, las moléculas comienzan a moverse y se frotran entre sí, hacen frotar la parte superior de la pieza contra la inferior siguiendo un sistema de ondas estacionarias con un máximo de amplitud a nivel de contacto entre las dos piezas a ensamblar, creándose en la zona de contacto de estas dos piezas, un calor producido por la fricción (energía calorífica), que plastifica localmente el material y une ambas partes molecularmente, de manera inseparable, en fracciones de segundo. [6]

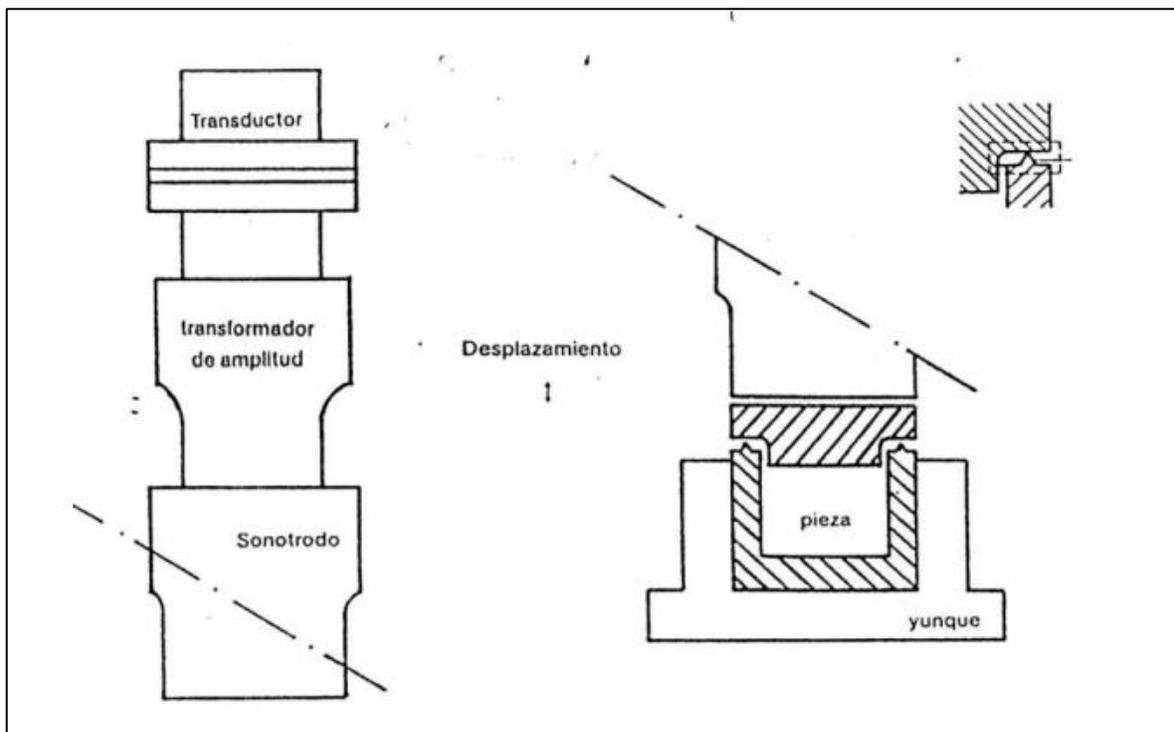


Figura 3. Partes que conforman el sistema generador de vibraciones ultrasónicas. Fuente [6]

Debido al principio de funcionamiento es estrictamente necesario que las dos piezas a unir cuenten con un material termoplástico de igual o similar punto de fusión.

El resultado es una unión de calidad, el sistema es muy regular, debido a que la transmisión de energía es constante y limitada a la zona de unión, como resultado, el calor interno liberado resulta de la misma forma, constante y limitado a la zona de unión. Los parámetros de ajuste y aplicación están condicionados a la clase de material a unir, geometría de la pieza, forma de las superficies y características de maquinaria.

A manera de interpretarlo visto desde las fuerzas aplicadas en la acción de soldar ultrasonicamente, se describe de la siguiente manera: primeramente, es necesario aplicar una fuerza estática a la unión, asegurando así que las piezas se encuentran en la posición correcta, seguido a esto se aplica una fuerza dinámica que es donde entra la vibración ultrasónica, causando una fricción que produce el calor para soldar los materiales de unión.

2.12.2 Sonotrodo

El sonotrodo dirige suavemente las vibraciones mecánicas hacia el material a unir que se encuentra sobre la base de un patrón uniforme de vibración. El principio de funcionamiento de un sonotrodo se puede ejemplificar con el comportamiento de una extremidad de una cuerda libre vibrante. El sonotrodo refuerza y transmite concentradamente las oscilaciones mecánicas emitidas por el transductor hacia la pieza a soldar.

La superficie de apoyo debe corresponder correctamente al contorno de la pieza a tratar, ya que el sentido de oscilación se debe de encontrar verticalmente y con la mayor exactitud posible con respecto al director de energía.

La construcción de este debe de ser en resonancia con la frecuencia nominal del transductor. La relación de masas configura la fuerza deseada o amplitud. Puede ser diseñado con mayor emisión de fuerza y menor amplitud o mayor amplitud, pero con menor emisión de fuerza. En caso de que no se pueda obtener la amplitud requerida, debido a la relación entrada/salida, se opta por modificar la amplitud mediante el empleo de boosters.

La oscilación se logra gracias al prensado y la dilatación de la textura del material de su construcción, este material se somete a cargas extremadamente intensas. El esfuerzo del material está en proporción a la amplitud de la oscilación, si se supera los límites de amplitud específicos para el sonotrodo, este llegara a su falla destructiva.

Los materiales de fabricación para el sonotrodo pueden consistir en aleaciones de titanio altamente resistentes y con excelentes propiedades acústicas, también son utilizadas aleaciones de aluminio y en casos de amplitud escasa, el material seria acero.

Las formas comunes para un sonotrodo pueden ser: sonotrodos redondos rectos, redondos catenoides, redondos exponenciales y redondos escalonados, sonotrodos campana, sonotrodos rectangulares o de pala y cuadrados. La figura 4 muestra sonotrodos de formas variadas.



Figura 4. Sonotrodos de diferentes dimensiones y perfiles. Fuente: herrmannultraschall.com

En aplicaciones más específicas, el sonotrodo puede ser diseñado dependiendo de la requisición del perfil a unir, para esto se requiere de máxima precisión, el comportamiento de oscilación óptimo de los sonotrodos ultrasónicos es determinado mediante el cálculo FEM (método de elementos finitos), los contornos mediante algoritmos de cálculo CAD/CAM, para así garantizar la precisión en la fabricación del sonotrodo. Una vez fabricado, se realiza medición y documentación de la distribución de amplitud en el sonotrodo, esto mediante tecnología de medición láser.

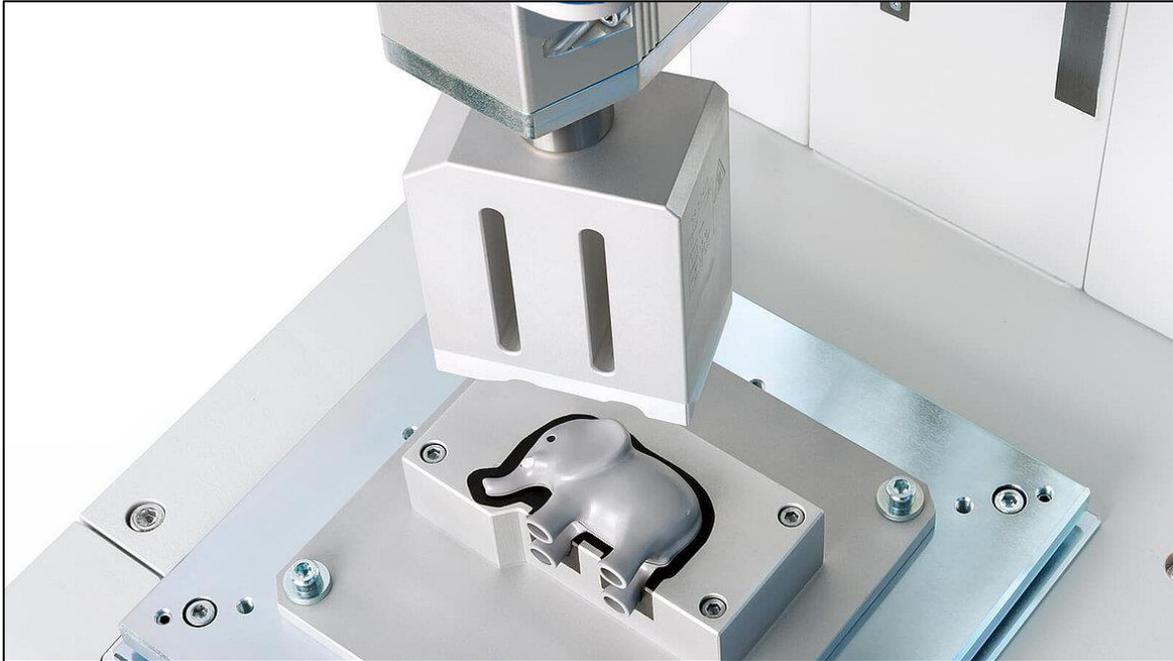


Figura 5. Unión plástica mediante soldadura ultrasónica, ejemplo de perfiles específicos para la fabricación de sonotrodos con un contorno requerido. Fuente: herrmannultraschall.com

2.12.3 Yunque o anvil.

El yunque resulta de gran importancia en el proceso de la soldadura ultrasónica ya que es el encargado de concentrar la energía y asegurar la mejor calidad de sellado durante la formación de la película en la unión.

Debido a que este interactúa directamente con el sonotrodo, se encarga de producir y dar forma a la junta del material a soldar, así que se convierte en uno de los componentes centrales en el proceso de sellado ultrasónico. El sellado de las películas requiere de enfocar la energía mediante un perfil, y este perfil se encuentra en el yunque. El perfil del yunque es esencial para la calidad del resultado de la

soldadura y es fabricado según los requisitos de la unión y se puede adaptar a sus aplicaciones. La ubicación de este, se muestra señalado en la figura 6.

2.12.4 Soldadura ultrasónica de metales

Para lo soldadura ultrasónica de metales es necesario que las vibraciones mecánicas sean introducidas horizontalmente, y los materiales no son calentados hasta el punto de fusión, la unión de los materiales se logra en conjunto de la aplicación de la presión por la fuerza mecánica y simultáneamente las vibraciones de alta frecuencia.

La unión se ubica entre una pieza fija que se encuentra como base, que se conoce como “anvil” (figura 6) y el dispositivo encargado de generar las vibraciones ultrasónicas, “sonotrode” (figura 6), este oscila a alta frecuencia de forma horizontal “usualmente 20, 35 0 40 kHz durante el proceso de soldado”. [5]

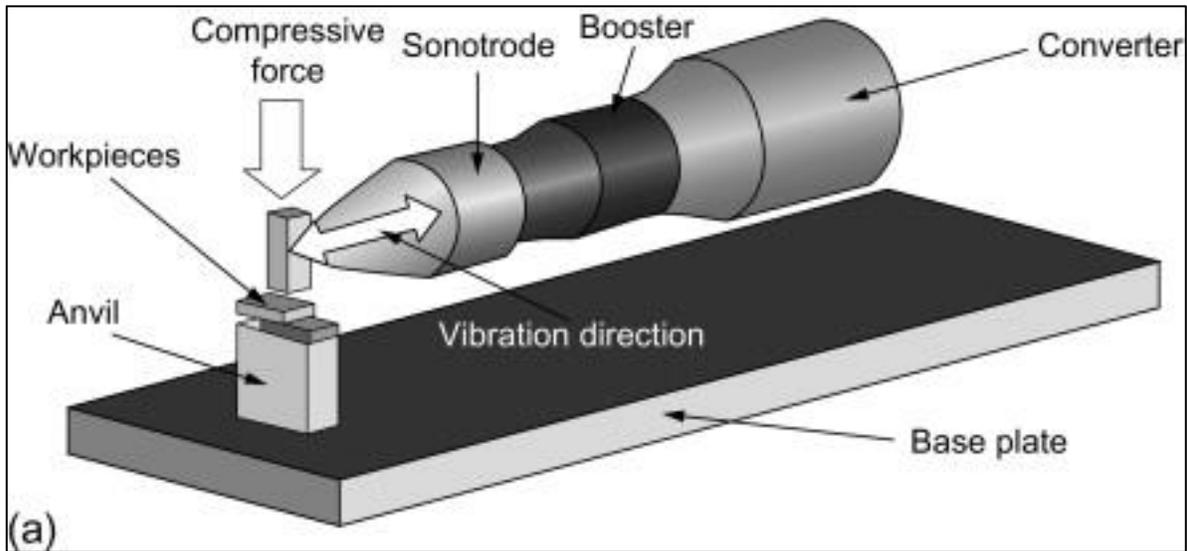


Figura 6. Esquema de un sistema típico de soldadura de alta frecuencia para metales. Fuente: ScienceDirect.com

La frecuencia de oscilación más comúnmente usada (frecuencia de trabajo) es 20 kHz. Esta frecuencia está sobre el rango audible del oído humano y permite el mejor uso posible de la energía. Para procesos de soldadura en los que se requiere sólo una pequeña cantidad de energía, puede ser usada una frecuencia de trabajo de 35 o 40 kHz. [5]

El yunque junto y sonotrodo tiene superficies grabadas que logran sujeción para poder apretar las piezas que se ensamblaran, evitando que se puedan mover durante el proceso de unión. Entonces para iniciar el proceso de soldadura se aplica presión estática esto de forma perpendicular al área de unión, seguido a esto y simultáneo a la aplicación de fuerza estática, se aplica la fuerza cortante oscilante de alta frecuencia, el ultrasonido. La primera aplicación de fuerza estática es para lograr compactar las superficies de los materiales de unión para luego aplicar la energía ultrasónica.

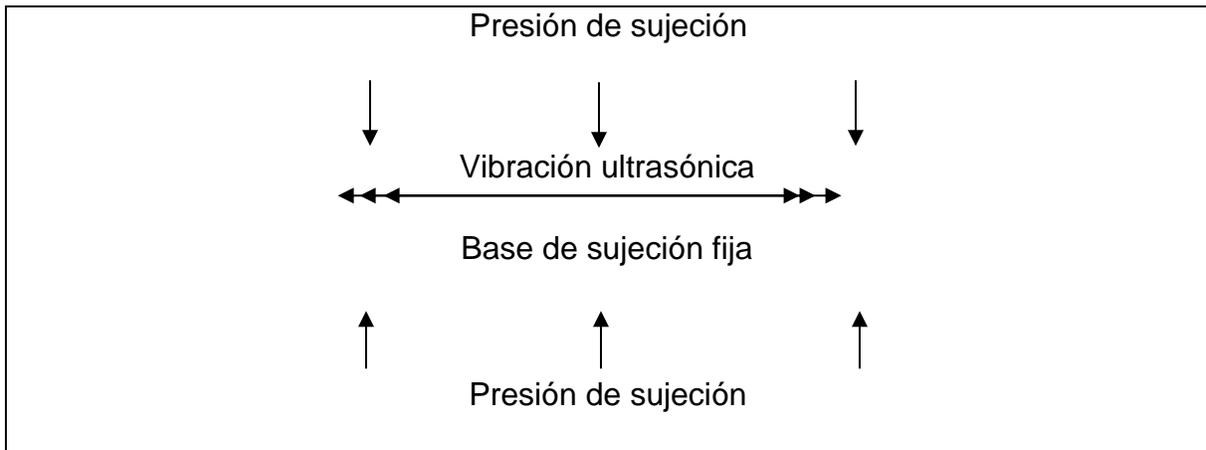


Figura 7. Dirección de fuerza estática y fuerza ultrasónica durante proceso de unión.

Las vibraciones de alta frecuencia inducen fuerzas cortantes que disminuyen la contaminación superficial de los materiales a unir y producen un enlace puro entre los metales en la interfase. [5] Durante esta acción se realiza una difusión atómica sobre el área de contacto llevando a que el metal se recristalice a una estructura de grano fino.

Es posible observar mediante instrumentos ópticos como microscopios ópticos y electrónicos, la recristalización y difusión de los metales a unir, esto como resultado de los fenómenos metalúrgicos que suceden durante la acción de soldadura.

Los parámetros a cuidar en sus valores de ajuste son esencialmente tres: fuerza de presión, amplitud y tiempo de soldadura. Estos últimos deben de ser ajustados correctamente, para obtener las fuerzas de corte y desplazamiento de las capas intermedias adecuadas. La fuerza de aplicación debe de mantenerse por debajo del límite elástico de los materiales base para unión, ya que, si la fuerza aplicada sobrepasa este valor, ocasiona una deformación en los materiales.

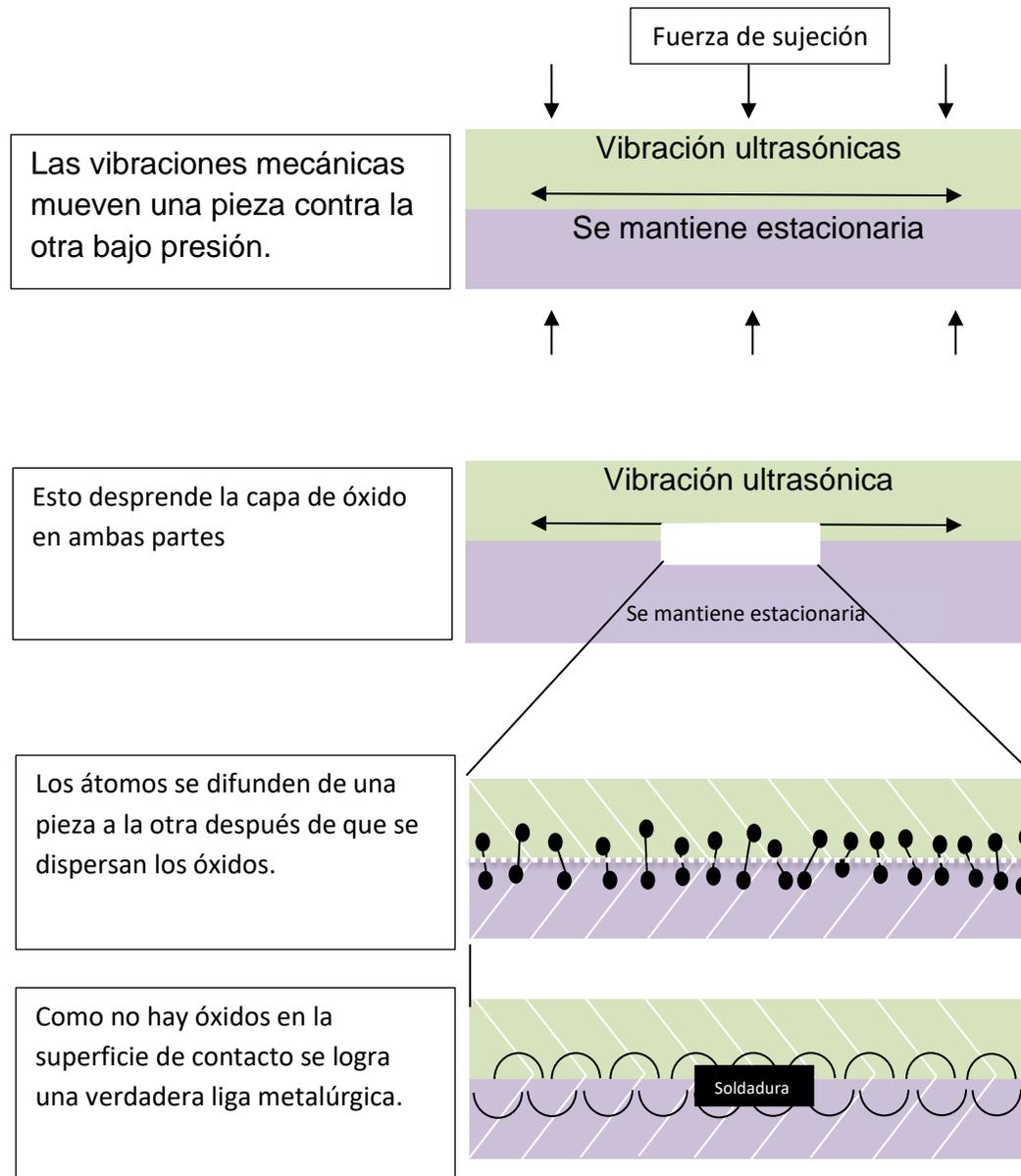


Figura 8. Proceso de unión en soldadura ultrasónica. Fuente [5]

Una regla básica es que la temperatura que se obtiene es mayor en los materiales con una conductividad térmica baja, como es el caso del hierro. Para metales con

una conductividad térmica más alta, como el cobre y el aluminio, la temperatura obtenida es menor. El control de temperatura debe de prestar detalle al caso de que, si se hace un aumento en la energía ultrasónica, aumentará la máxima temperatura posible, y un aumento en la fuerza estática, conduce un aumento en la temperatura inicial, limitando al mismo tiempo, la posible temperatura máxima. Con base en lo anterior, el rango de temperatura debe de ser manejado dentro de ciertos límites, los cuales deben de ser ajustados, dependiendo de los detalles de la aplicación.

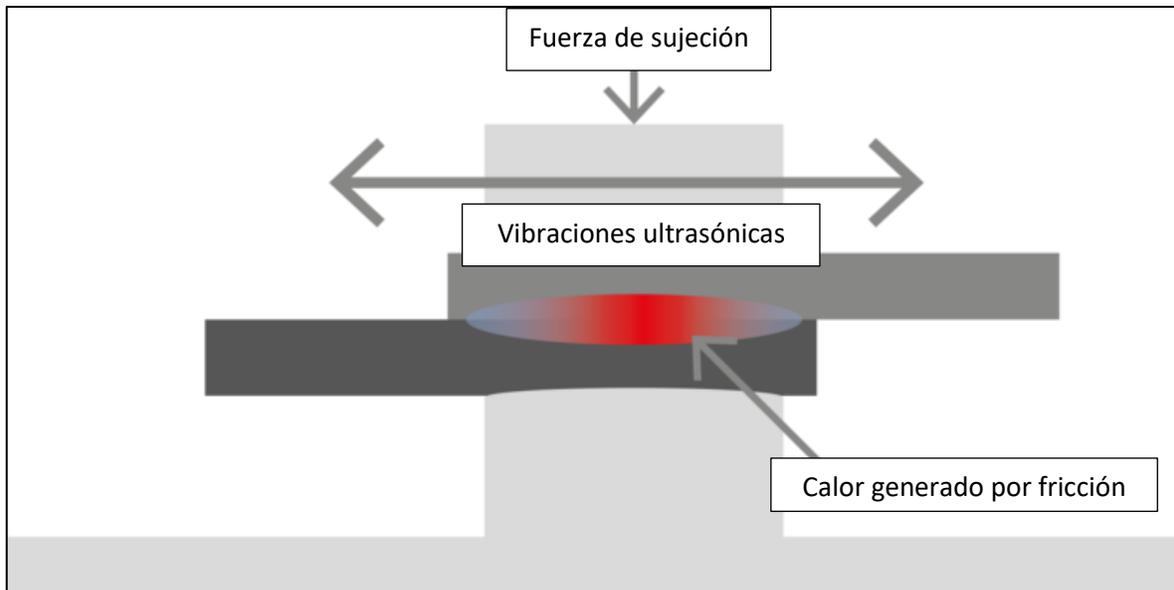


Figura 9. La concentración de elevación de temperatura a causa de la fricción generada, posibilita la unión sin derretir. Fuente: herrmannultraschall.com

Las medidas de temperatura efectuadas en diversos materiales, con puntos de fusión que varían ampliamente, han mostrado que la temperatura máxima en la interfase de la soldadura no excede de un 35 a 50% de la temperatura que derrite al metal individual, cuando se han seleccionado los parámetros de la soldadora apropiadamente. [5]

Este tipo de soldadura no crea una adhesión en la superficie de los materiales, más bien, el resultado son uniones sólidas, homogéneas y duraderas. Por presentar un ejemplo, se realiza una unión entre una hoja de aluminio fina y una hoja de cobre fina, utilizando la soldadura ultrasónica, después de un tiempo de haber realizado la soldadura, las partículas de cobre aparecen en la cara opuesta de la unión, es decir, en la hoja de aluminio, y viceversa, las partículas de aluminio se mostrarán en la cara de la unión de la hoja de cobre. Esto demuestra que entre los materiales ha ocurrido una penetración del uno al otro, proceso conocido como difusión, que ocurre en fracciones de segundo.

2.12.5 Ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica.

La tabla 2 expone las principales ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica, esto según T. Difinizio.

Tabla 2. Ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica. Fuente: Tony Difinizio. "Soldadura: Uniones ultrasónicas", Manufactura, año 7, número 67, enero 2001, México, D.F.

Ventajas y limitaciones de la soldadura ultrasónica	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">· La soldadura ultrasónica de metales une muchas combinaciones de metales disímiles, como cobre con aluminio.· Los tiempos usuales de ciclo son menores de 1 segundo.· La calidad de soldadura es alta y uniforme. Las ligas son normalmente más fuertes que las juntas hechas con soldadura o por resistencia.· No hay efectos adversos al ambiente.

	<ul style="list-style-type: none">· Necesidad moderada de habilidad y entrenamiento del operador para producir uniones de alta calidad uniforme.· La soldadura ultrasónica de metales no utiliza consumibles potencialmente peligrosos, como soldadura o fundente.· No hay acumulación de calentamiento ni fusión, de modo que no se provoca fragilización ni zonas afectadas por el calor.· La conductividad eléctrica es normalmente superior que la obtenida con conexiones trenzadas o soldadas.· Cantidades moderadas de oxidación o contaminación superficial no afectan la cantidad de la conexión.
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none">· La soldadura ultrasónica de metales se restringe a soldadura de solapa; no puede hacer soldaduras de cordón.· Sólo se pueden soldar piezas con espesores menores a 3mm. · Sólo puede unir superficies planas o con curvatura mínima, excepto para unir alambres.· No es adecuada para unir partes estañadas.· El costo de capital es usualmente mayor que para el de soldadura ordinaria.

Como los sistemas de soldadura ultrasónica tienen bajas demandas de energía, no utilizan productos consumibles, no necesitan agua de enfriamiento y ocupan poco espacio, pueden ofrecer soluciones rentables y ecológicamente inocuas para

aquellas aplicaciones que están dentro de sus rangos de aplicabilidad. Que la soldadura ultrasónica de metales sea apropiada para una aplicación específica depende de los materiales, la tasa de producción, el tiempo de proceso, el tamaño de las piezas, las demandas energéticas y el costo del equipo, el cual deberá descender durante los próximos años. Dado que ésta es una tecnología emergente, en el futuro veremos aparecer nuevas aplicaciones, mayores rangos de aplicación tanto en materiales como en tamaño, máquinas más portátiles, mayor facilidad de operación, más fabricantes y proveedores de equipos y costos más bajos.

2.13 Soldadura LOKRING®

La tecnología de soldadura LOKRING, fue desarrollada por VULKAN, y se encuentra bajo la patente de unión de tubos LOKRING, una empresa con sede en Alemania. La tecnología del LOKRING SINGLE RING es un método de unión para líneas de refrigerante metálicas sin soldadura. La aplicación se desarrolla basándose en el material, las dimensiones y tolerancias de los tubos a unir. Se emplea principalmente en la fabricación de circuitos frigoríficos y en la producción en serie de refrigeradores y congeladores. Con un campo de aplicación también en la fabricación de evaporadores para sistemas de aire acondicionado en automóviles, intercambiadores de calor en refrigeración, tecnología de aire acondicionado, instalación de equipos de refrigeración y equipos de aire acondicionado (por ejemplo, aire acondicionado en autobuses).

Debido a que las uniones de los tubos se mantienen selladas herméticamente, la tasa de fuga de refrigerantes es mínima.

2.13.1 Principio de funcionamiento

Para realizar la unión se manejan dos tubos de diferente diámetro, uno siempre va a ser de menor diámetro que el otro, el anillo para soldar o LOKRING tiene un contorno cónico interno que provoca que el diámetro del tubo exterior (de mayor diámetro) se reduzca durante la acción de aplicación o montaje, de manera que el tubo interior (de menor diámetro) y exterior crean una conexión metal-metal sellada herméticamente. Creando así un estado de pre-tensión elástica permanente, producida por las fuerzas radiales del LOKRING, que actúan en sentido opuesto a la conexión entre el tubo exterior e interior, tal condición se puede observar en la figura 10.

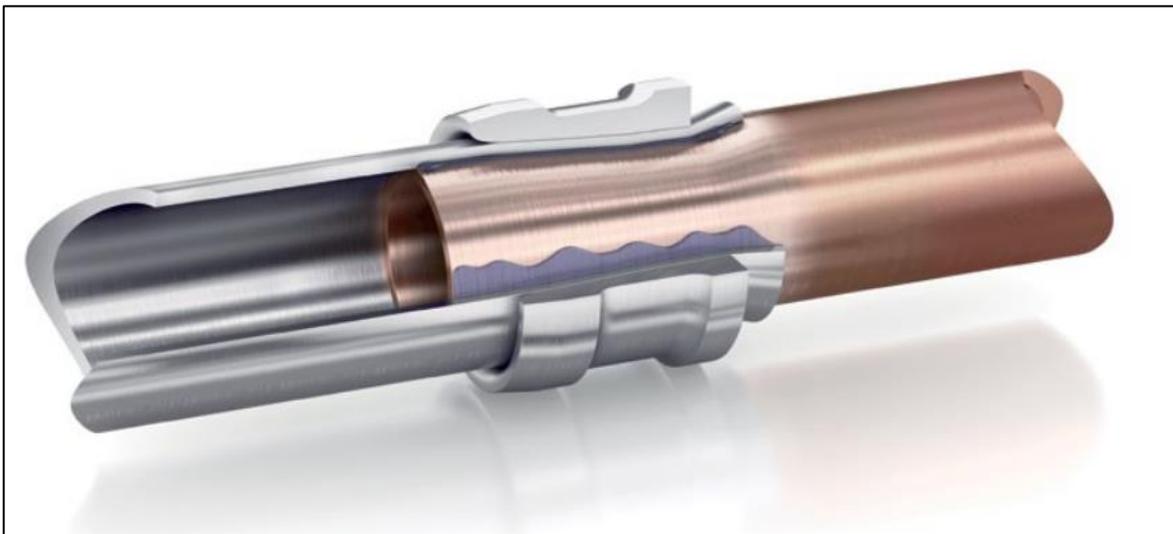


Figura 10. Vista seccionada de unión mediante soldadura LOKRING. Fuente: vulkan.com

2.13.2 Materias primas aplicables

Las materias primas más aplicables para este tipo de unión son cobre, aluminio y acero, ya que son las materias primas aplicadas para componentes y tubos de

circuito refrigerante. De estas se destaca el cobre que se utiliza para muchos componentes y líneas del circuito refrigerante.

2.13.3 LOKPREP

Los tubos metálicos pueden tener muescas longitudinales o arañazos en la superficie (mostrados en la figura 11), para evitar que estos pequeños espacios generen fugas, se aplica una capa de LOKPREP líquido antes de unir.

Mediante el fenómeno de capilaridad, la superficie del tubo se rellena, incluidas las cavidades microscópicas y rellenándolas por completo.

LOKPREP es un sellador anaeróbico que se solidifica al no estar en contacto con oxígeno y al entrar en contacto con iones metálicos libres. Cuando finaliza el proceso de solidificación el LOKPREP mantiene una estructura permanentemente elástica, lo que significa que no se endurece para después volverse quebradizo, sino que más bien esa elasticidad, puede compensar deformaciones futuras que se generen en los materiales.

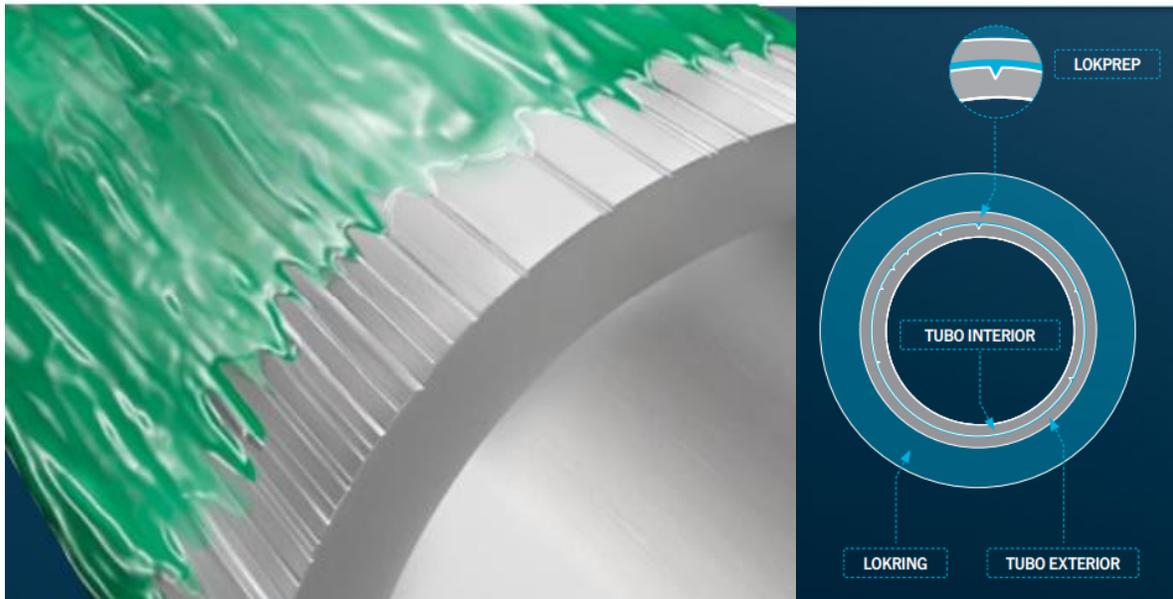


Figura 11. LOKPREP recubriendo huecos en materiales y gap debido a diámetros diferentes.
Fuente: vulkan.com

2.13.4 Herramienta hidráulica de montaje

La herramienta hidráulica de montaje (figura 12) es la encargada de realizar la conexión LOKRING en las tuberías de diámetros diferentes. Mediante esta herramienta, la unión no requiere de una preparación especial de los tubos, así que puede ser realizada por operadores no especializados. Esta herramienta se conecta a una estación hidráulica mediante una manguera hidráulica.

Los tamaños de las mordazas de sujeción y montaje varían, estos están en función del tamaño de los tubos que se van a unir



Figura 12. Herramienta hidráulica de montaje LOKRING. Fuente: vulkan.com

2.13.5 Estación hidráulica

La estación hidráulica (figura 13) produce la presión que es necesaria para la herramienta hidráulica de montaje. Esta estación tiene la característica de ser transportable y dependiendo del uso para el que se tenga destinado, se puede transportar a cualquier lugar de trabajo. Las herramientas se conectan a la estación hidráulica mediante conectores rápidos y mangueras hidráulicas.

Para accionar la estación solo es necesario de pulsar el botón que se encuentra en la herramienta hidráulica de montaje. El control de la presión hidráulica se controla mediante un interruptor, un engranaje de control y válvulas de control para las herramientas.



Figura 13. Estación hidráulica R2.5 VULKAN. Fuente: vulkan.com

2.14 Soldadura por alta frecuencia

También conocida como soldadura por inducción; este tipo de soldadura resulta innovador y moderno gracias a que su desarrollo se logró gracias a los avances en la electrónica. Esta se identifica principalmente por su calentamiento a la temperatura necesaria.

Esta se puede describir específicamente como:

Proceso por el cual las superficies de los componentes que van a ser unidos son selectivamente calentados a la temperatura de soldeo mediante la energía eléctrica

suministrada por un equipo de inducción (generador de corriente de alta frecuencia).
[3]

Este tipo de soldadura se basa en el calentamiento mediante inducción, El calentamiento por inducción es un método de calentamiento de piezas eléctricamente conductoras, basado en la generación de campos magnéticos variables que generan corrientes de Foucault en la pieza, que a su vez la calienta por efecto de Joule. Este tipo de calentamiento genera calor sin hacer contacto directo con la pieza. Además, el calor se genera de forma rápida, al no necesitar transmitir el calor a la pieza por conducción térmica.

Esto es posible mediante la corriente alterna que se encuentra fluyendo a través de la bobina inductora, que está a su vez es la encargada de generar un campo magnético. Si en medio de esta corriente electromagnética colocamos el material a unir, las corrientes se inducirán en el material, a lo cual el material reacciona con resistencia a esta corriente; a razón de esta resistencia se crea calor, calor que es distribuido en la región del material por donde están fluyendo las corrientes electromagnéticas.

La característica más sobresaliente de estos equipos de soldadura es que tienen la capacidad de lograr la soldadura en un tiempo muy reducido, ya que la inducción logra el calentamiento a una temperatura muy alta en un tiempo muy pequeño.

En este proceso la fusión se realiza entre el material base y material de aporte, al ser calentados, estos materiales alcanzan temperaturas por arriba de los 450°C, el material aporte se funde por conducción, y se dirige hacia los materiales base, el proceso de fundición provoca el cambio de estado sólido a líquido de los materiales,

que logra que estos se corran y fluyan entre las superficies de los tubos ensamblados mediante el fenómeno de capilaridad.

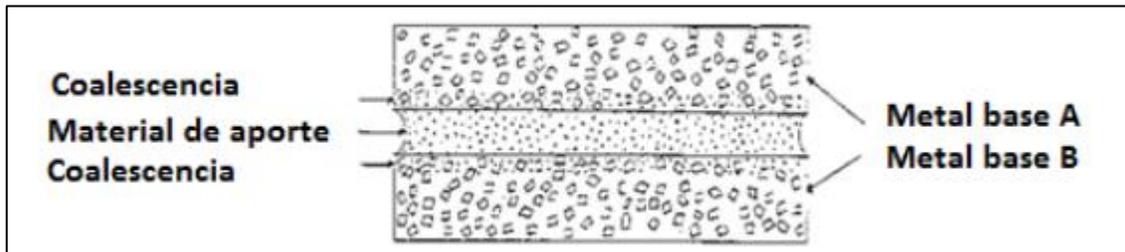


Figura 14. Distribución del material de aporte, entre gap de los materiales bases. Fuente [3]

Una aleación de tipo brazing, debe guardar compatibilidad para poder unirse químicamente con los metales base, debido a que, en el proceso de fusión se crea una tercera aleación, donde los átomos de la aleación de aporte llenan los espacios existentes entre los átomos de los metales base, se rellenan los huecos existentes y se logra el sellado entre ambos tubos.

2.14.1 Características relevantes de la soldadura por alta frecuencia

Claro que, como señas particulares, este tipo de soldadura tiene características que la hacen una buena elección para situaciones específicas. A continuación, se enlistan las características más relevantes que cuenta particularmente la soldadura por alta frecuencia y así deducir la aplicación es correcta, resolviendo la necesidad que se proponga:

- Uniones con alto grado de resistencia, en ocasiones llega incluso a ser mayor su grado de resistencia que la de los metales bases.
- Es considerablemente más económica que otros procesos de soldadura, puntualmente por su mínima necesidad de material de aporte, en otro tipo de

soldaduras, el material de aporte llega a ser de combinaciones que elevan mucho el costo de la soldadura.

- Es capaz de soldar metales diferentes, con distinto punto de fusión.
- Es un proceso de soldadura demasiado rápido; es suficiente que llegue a una temperatura de soldadura, que ronda poco por encima de los 450° C, pero temperatura que es menor a la temperatura de fusión de los metales.
- Mantiene una alta homogeneidad en la sección de unión, lo que se traduce en hermeticidad interna, baja tasa de fuga. [3]

2.14.2 Diseño de la unión.

Una unión que se puede considerar completamente sólida cuando el 100 % del área de la unión es mojada por el material de aporte y además está distribuida de manera uniforme en toda la superficie donde existe el espaciado. En la práctica lo cierto es que esta condición es difícil de cumplir de manera precisa, ya que una soldadura que cumpla con las características mencionadas son raramente obtenidas fuera del laboratorio, donde existen condiciones controladas y un escenario óptimo para realizar la operación, la puesta en práctica debido a diferentes causas variabilidad y deja fuera la posibilidad de las condiciones ideales.

Las uniones más típicas utilizadas para la soldadura fuerte son las traslapadas, ya sean planas o tubulares, también se pueden realizar a tope con poca área de contacto y con una baja resistencia, a tope-traslapadas y finalmente con bordes muescados, que poseen mayor resistencia, pero requieren también de más preparación y por tanto son más caras. [3]

Para entender las características de una unión traslapada, mostramos la figura 15, es importante considerar el GAP que corresponde a la distancia entre los tubos una

vez ensamblados, esta cavidad debe ser la adecuada, para que la soldadura pueda fluir mediante capilaridad, entre las paredes de los materiales cuando estos estén sometidos al calor.

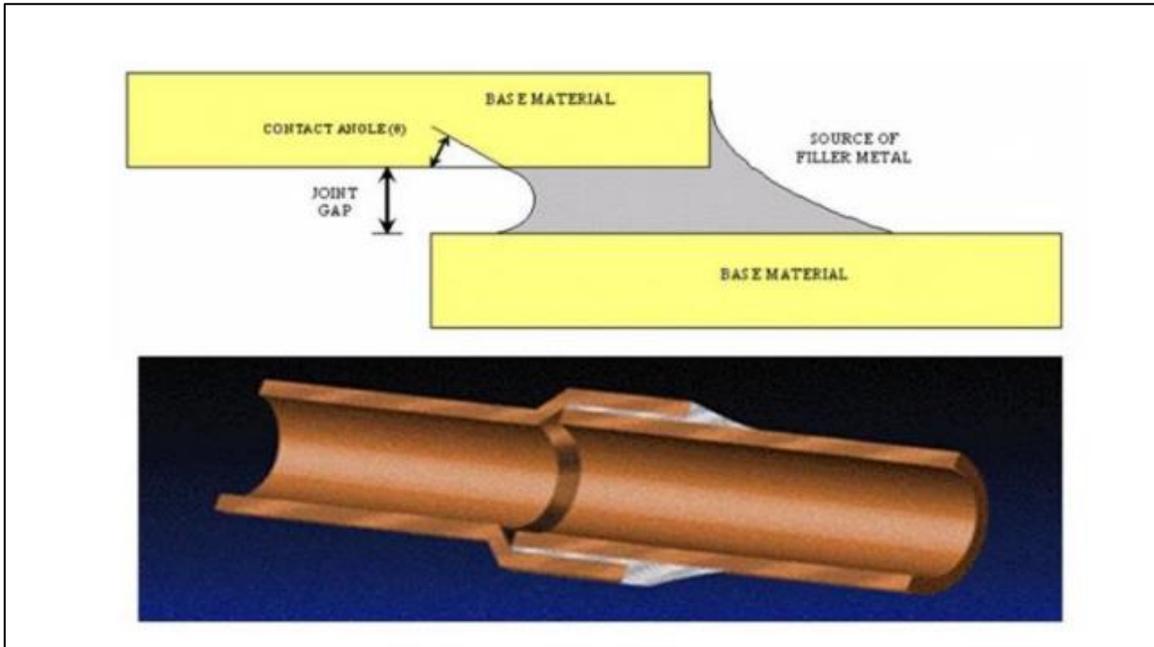


Figura 15. Vista en corte lateral de una unión traslapada, análisis de espacio GAP. Fuente [3]

Hay dos consideraciones que son principalmente importantes en el diseño de la unión a soldar:

1. Grado de Traslape. Un grado de traslape que podemos considerar como el más ideal para una unión plana es de $3t$ a $4t$, siendo t el espesor del material más delgado que se encuentra en los materiales a unir.
2. Holgura de la Unión. El efecto de la holgura tiene un profundo impacto en la resistencia de la junta. Si el gap es muy pequeño, se puede llegar a inhibir la distribución del material de aporte entre el conjunto a soldar, reduciéndose la resistencia de la unión, y si este es demasiado ancho se reduce la acción

capilar, lo que no favorece el llenado en la junta, lo que da lugar a la disminución de la resistencia a valores propios del material de aporte. Es por tanto fundamental mantener una holgura adecuada y uniforme a lo largo de la unión [3].

Se debe de tener especial atención en considerar la rugosidad superficial estándar, que se manejen en los materiales base, debido a que en el caso de no tener la suficiente cantidad de rugosidad entre las superficies no será posible poder entregar el efecto capilar adecuado asegurando la correcta distribución del material en el proceso de fusión.

Este proceso de soldadura se puede considerar como una pequeña fundición, así que durante la solidificación se generan cavidades debido a la contracción del material, efecto natural que causara en reacción a la fundición. “Cuanto mayor sea el volumen de material de aporte mayores serán las cavidades formadas”. [3]

Es evidente, por tanto, que una pequeña holgura encerrará menor volumen de material de aporte y los vacíos producidos serán de menor tamaño durante la solidificación, en una holgura mayor, veremos el escenario contrario. Entonces para lograr una holgura acertada, se den tener en consideración las variables que pueden resultar dependientes de este aspecto, como podría ser principalmente la fluidez del material de aporte, temperatura de soldeo, entre otras más. Y en frío, deberán estar compensadas para absorber la expansión producida por los materiales base, particularmente si estos tienen diferentes coeficientes de expansión.

Tener el espacio correcto entre los metales base es fundamental. Un espacio demasiado grande puede minimizar la fuerza capilar y generar uniones débiles y porosidad. La expansión térmica implica que los espacios deben calcularse para los

metales a temperatura de braseado más el material de aporte, no a temperatura ambiente. El espaciado óptimo típico será de 0,3 mm a 1 mm. [3]

2.14.3 Material de aporte

La mayoría de los materiales de aporte son aleaciones que se funden a través de un rango de temperaturas, durante el proceso de fundición, logran mezclarse con los metales bases logrando el sellado que se persigue. Es relevante mencionar que debido a las variables de producción no se puede garantizar la completa fusión del material en la unión.

Durante la selección del material de aporte, debemos de tener las consideraciones primeramente de nuestro material base. Existen materiales o aleaciones que son considerados por sus propiedades, en uso común como materiales de aporte, entre esos, son aquellos con un alto contenido en plata, debido a su fácil fluidez, combinan una baja temperatura de soldeo junto con un estrecho rango de temperaturas de fusión.

Tabla 3. Rangos de fusión de materiales de usos común para aleaciones de materiales de aporte. Fuente [3]

Rango de fusión	Ag0	Cu	Zn	Sn
(A) 630-660°C	55	21	22	2
(B) 680-800°C	24	43	33	-

Una soldadura con el material de aporte de la aleación A tiene más disolución que B ya que fluirá más fácilmente, sin embargo, B permite holguras mayores y su costo será inferior al tener menor contenido en plata.

B es ampliamente usada en el mundo aeroespacial, se presenta en varilla, hilo, pasta y en forma de lámina. Tiene propiedades mecánicas mayores, (resistencia al cizallamiento y la rotura) algo mayores que A, pero menor resistencia a la corrosión.

Entonces de lo anterior se observa que las características de cada aleación tienen sus particularidades positivas, a partir de eso, y de un análisis de la aplicación y grado de exigencia que se solicita a la unión. Las uniones de estudio están involucradas con materiales como cobre y hierro, por lo cual la tabla aporta información con respecto a materiales de aporte que encajan en esta aplicación.

Tabla 4. Composición de aleaciones de materiales de aporte. Fuente: [3].

Soldadura fuerte	Composición			Intervalo de fusión	Temperatura de trabajo	Resistencia a la tracción	Peso específico	Normas	Principales aplicaciones
	Ag	Cu	P	°C	°C	N/mm ²	g/cm ²	DIN EN 1044 ISO 3677	
AgF os 15	15	80	5	645-805	700	250	7,6	CP 101 BCu80 Ag P	Soldadura para piezas que trabajan hasta temperaturas de 200°C
AgF os 5	5	89	6	645-815	710	250	8,2	CP 104 BCu89 P Ag	
AgF os 2	2	91,7	6,3	645-825	740	250	7,18	CP 105 BCu92 P Ag	

2.14.4 Selección de frecuencia

Existen características que se deben de considerar para poder obtener la frecuencia que mejor se adaptará a las condiciones particulares que tendrá el escenario de aplicación, entre ellas podemos encontrar: tipo de material a unir (acero, cobre, latón, etc.), las dimensiones de la pieza, producción planeada por hora, temperatura final deseada, cálculo de necesidad de energía. A continuación, la tabla 5 muestra

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

un rango de frecuencias que logran la temperatura más óptima para los respectivos materiales:

Tabla 5. Frecuencias aproximadas para el calentamiento de algunos materiales comunes. Fuente: EFD INDUCTION.

Material					Frecuencia
Acero no magnético	Acero magnético	Latón	Cobre	Aluminio y aleaciones de aluminio	
Final temp. 1200°C Ø mm	700°C Ø mm	800°C Ø mm	850°C Ø mm	500°C Ø mm	Hz
150-500	27-75	110-	50-	50-	50
60-250	8-35	35-440	22-800	22-800	500
40-175	6-25	30-300	15-600	15-600	1,000
25-100	3.5-14	15-180	9-360	9-350	3,000
20-85	2.5-10.5	10-130	7-260	7-260	5,000
14-60	2-8.5	8-100	5-180	5-180	10,000
10-40	1.5-5.5	6-75	3-125	3-125	20,000
5-22	0.7-3.0	3.5-40	2-75	2-75	60,000
4-17	0.5-2.0	2.5-30	1.5-60	1.5-60	100,000
1.8-8	0.2-1.0	1.2-15	0.6-20	0.6-20	500,000

Además, es importante recordar el principio de funcionamiento, ya que el campo magnético se concentra en el área que forma el contorno de la bobina, y la magnitud, depende de la fuerza de la corriente y el número de espiras de la bobina. Así que, si se incrementa la fuerza del campo magnético también se incrementará el efecto de calentamiento. Sin embargo, el efecto total del calentamiento, está influenciado, además por, las propiedades magnéticas del objeto y la distancia que exista entre el objeto y la bobina.

Las corrientes de Foucault se encargan de generar su propio campo magnético, el cual se opone al primer campo que es producido por la bobina, tal oposición provoca

que el campo original logre una penetración hasta el centro del objeto a calentar y las corrientes de Foucault están más activas cerca de la superficie del objeto que se está calentando, más, su actividad se debilita cuando se avanza hacia el centro del objeto.

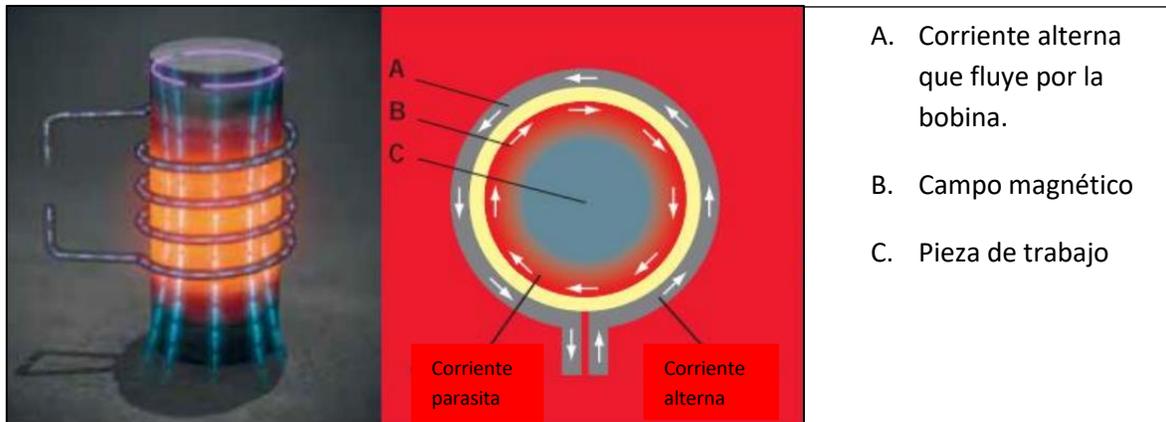


Figura 16. Efecto de calentamiento influenciado por las propiedades magnéticas. Fuente: EFD INDUCTION.

La profundidad de penetración es la distancia que existe desde la superficie del objeto calentado hasta la profundidad donde la densidad de la corriente decae al 37%, la profundidad de penetración aumenta conforme se disminuye la frecuencia.

Así que, a la hora de seleccionar la frecuencia, y que se pueda hacer de manera correcta, se debe de tener en cuenta la profundidad de penetración deseada.

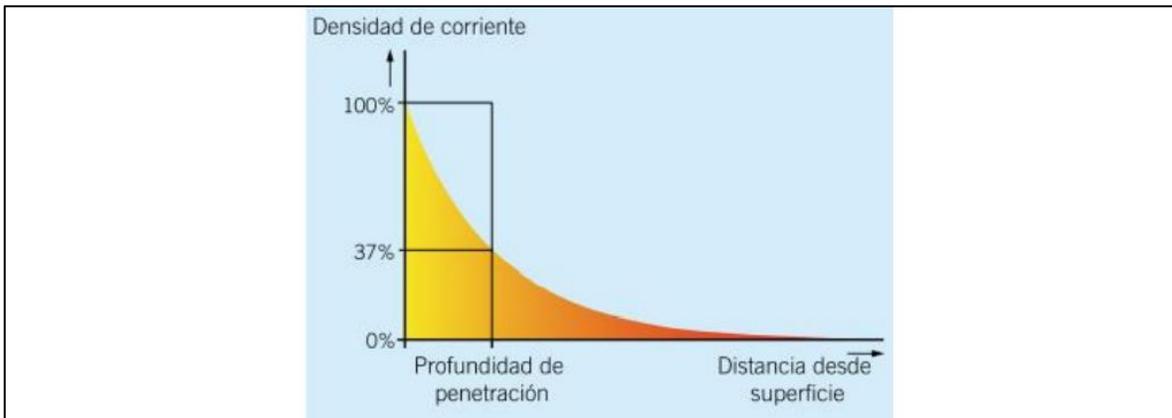


Figura 17. Gráfico profundidad de penetración. Fuente: EFD INDUCTION.

2.14.5 Problemas de optimización para el calentamiento por inducción.

La optimización de un proceso de calentamiento por inducción necesita revisarse desde el punto de vista necesario de una teoría de control óptimo moderno, ya que este debe de considerarse como un proceso bajo control. Y debe de entenderse que para llegar a la optimización deben de tenerse en cuenta términos como lo son salidas controladas, entradas de control, perturbaciones y hasta restricciones. Existen restricciones creadas por los mismos procesos que son importantes de considerar.

Lo que se busca con un proceso de calentamiento por inducción, es tener la capacidad de controlar el proceso de calentamiento, la capacidad de influir en el campo de temperatura producido, expuesto de esta manera, la distribución de la temperatura se define como una salida controlada en función del proceso. Pero esa misma salida controlada que es la distribución de temperatura está afectada por un conjunto de entradas, las entradas son las encargadas de formar las condiciones de trabajo para el proceso de calentamiento, en cada instante el valor de entrada

tiene la capacidad de modificar la distribución de la temperatura y el comportamiento del sistema de calentamiento por inducción.

Así que como objetivo se busca tener la requerida distribución de temperatura por diferentes medios que incluyen desde los modos de funcionamiento de los sistemas de calefacción, bobinas, especificaciones de diseño, entre otros.

La función de control que se busca obtener objetivamente se puede nombrar como control óptimo. “Para obtener soluciones prácticas más adecuadas desde la perspectiva de la ingeniería, es necesario aplicar una formulación exacta de un problema de control óptimo”. [7]

Para poder realizar la formulación de las entradas de control, es indispensable tener en cuenta las posibilidades de la implementación práctica. Para lograr esto se necesita tener la relación de control entre entrada y salida. “A menudo, un ingeniero está limitado en su elección de controles por el conjunto de restricciones que define el conjunto de entradas de control admisibles”. [7]. A lo anterior se agrega que la tecnología de calentamiento por inducción impone una serie de requisitos que son variables durante el proceso de calentamiento, esas variables se traducen en limitaciones tecnológicas y agregan complejidad a las soluciones de problemas de control.

Entradas de control. En una aplicación de calentamiento masivo, la distribución de temperatura final representa la principal función de salida controlada. Esta principal función debe de tener una relación de control espacio-tiempo. Aplicado a un modelo matemático de un sistema de calefacción en forma de ecuaciones diferenciales. “Tales funciones de control en muchos casos son demasiado complejas para ser aplicadas en la práctica. Por tanto, es importante desarrollar un conjunto de

entradas de control particulares que puedan implementarse con relativa facilidad en la práctica de la ingeniería.” [7]

Así que, para lograr traducirlo en la implementación relativamente sencilla, se toma un proceso relativamente simple que requiere de la potencia de calentamiento total consumida como entrada de control, y el voltaje aplicado a una bobina de inducción se considera como una función de control requerida.

Cuando las fuentes de alimentación tienen una capacidad de ajuste de frecuencia considerablemente limitada, está definida únicamente por la ley de la propagación de ondas electromagnéticas en metales. En casos como esos, no es posible controlar una distribución espacial de las fuentes de calor internas durante un intervalo de calentamiento.

2.15 Detector de fugas multigás Ecotec E3000

Ecotec E3000 es un equipo para la detección de fugas de gas, que se aplica principalmente en los sectores de la refrigeración y el aire acondicionado, y en la producción de semiconductores y de automóviles. Y funciona acercando la sonda de rastreo (sniffer) a los puntos de inspección, la tasa de fuga se visualiza en el sniffer y si se detecta una fuga emitirá varias alarmas.

2.15.1 Aparato básico

Este equipo consta de un aparato básico y de un conducto de aspiración. Mediante un espectrómetro de masas, tiene la capacidad de registrar y cuantificar los gases que aspira a través de un conducto de aspiración. El denominado aparato básico se encuentra en la figura 18.



Figura 18. Aparato básico o aparato de Ecotec E3000. Fuente: inficon.com

De la figura 18 obtenemos las partes que se observan en una vista frontal:

1. Pantalla.
2. Estrechamientos de sujeción y orificios de ventilación.
3. Altavoz
4. Fuga calibrada ECO-Check
5. Conector Lemo del conducto de aspiración.

En la parte posterior, además podemos encontrar:

1. Conexión de auriculares para jack de 3,5 mm
2. Entradas/salidas (I/O Port)
3. Conexión RS-232

4. Interruptor de red
5. Fusibles tapados por la cubierta
6. Conexión a la red
7. Placa de características.

2.15.2 Conducto de aspiración

El conducto de aspiración o manguera del sniffer es necesaria para el manejo del equipo a distancia del aparato básico, las distancias de los conductos disponibles existen en cuatro distancias disponibles: 3 m, 5 m, 10 m y 15 m. Este conducto consta de un tubo flexible (cable multifuncional), un mango con elementos de control (mango de aspiración) y una punta de aspiración.

La pantalla del mango de aspiración muestra la información del proceso de medición y detección de fugas. Además, cuenta con dos pulsadores que pueden manejar las funciones que se necesitan con más frecuencia durante la detección de fugas.



Figura 19. Conducto de aspiración o sniffer. Fuente: inficon.com

La figura 19, además señala los componentes del sniffer:

1. Pantalla
2. Ajuste CERO
3. Diodos LED.
4. Altavoz (parte posterior).
5. Mando de I-Guide

El sniffer es el modulo con el que se interactúa directamente para detectar fugas, su punta se acerca a las tuberías donde se podría ubicar una fuga, se guarda una corta distancia y mediante la succión de aire y el viaje de este hasta el aparato básico para entonces poder detectar el gas refrigerante.

2.15.3 Funcionamiento

Su sistema de funcionamiento trabaja mediante los siguientes componentes: Un espectrómetro de masas con cuadrupolo como sistema de detección, un sistema de bombeo de alto vacío, un sistema de entrada del caudal de gas, subcomponentes eléctricos y electrónicos que lo alimentan eléctricamente y realizan un tratamiento de la señal.

El espectrómetro de masas trabaja en condiciones de alto vacío, por lo que la presión en él tiene que ser siempre menor de 10⁻⁴ mbar. Este vacío es generado por la bomba turbomolecular apoyada por una bomba de membrana. [6]

Este equipo se utiliza en las pruebas finales de refrigeradores, es un equipo robusto diseñado para entornos de producción exigentes. Entre sus principales características se encuentra que detecta fugas incluso a una cierta distancia del punto de fuga y la punta del rastreador se puede mover de forma rápida sin saltarse fugas, haciendo que sea muy tolerable en las variaciones de uso que se pueda dar por parte del operador.

Cuenta con un algoritmo de supresión de gas interferente (IGS), lo que lleva a que ignore todos los gases de fondo, como lo son los gases de agentes espumantes, para que no causen un ruido en el momento de inspección. Además, el equipo cuenta con un espectrómetro de masas de alta velocidad, que aplica algoritmos inteligentes para distinguir claramente entre gas R600a (gas refrigerante preferentemente usado en la fabricación de refrigeradores) y concentraciones típicas de ciclopentano e isopentano.

Las múltiples funciones de alarma aseguran que no se puedan omitir fugas, ya que son múltiples indicaciones que hacen casi imposible que se pase por alto cuando

una fuga exceda un índice pre ajustado de rechazo. Primeramente, el color de fondo en la pantalla de la sonda rastreadora (sniffer) cambiara de color verde a color rojo, y vibrara el mango sujetador, los leds que se encuentran en la punta del sniffer empezaran a centellear, además el equipo Ecotec suena una alarma acústica. Notificando con todas estas señales al operador de la presencia de una fuga en la unidad inspeccionada en ese momento.

Las especificaciones técnicas del equipo se pueden visualizar en la tabla 6:

Tabla 6. Especificaciones técnicas del equipo ECOTEC E3000. Fuente: inficon.com

DETECTOR DE FUGAS MULTIGÁS ECOTEC E3000		
ESPECIFICACIONES		
Tasa de fuga mínima detectable	R134a R600a Helio	0,05 g/a (0,002 oz./yr.) 0,05 g/a (0,002 oz./yr.) 1×10^{-9} mbar l/s
Escala de medición		0,05-999,99 g/a (0,002-99,999 oz./yr.)
Tiempo de respuesta del sensor		0,3 s
Tiempo de respuesta incl. línea de rastreador		0,8 s
Número máximo de gases que se pueden detectar simultáneamente		4
Unidades de tasa de fuga		g/a; oz./yr.; mbar l/s; Pa m ³ /s; ppm
Tiempo de arranque		< 2 min
Dimensiones (L × Al × An)		610 × 370 × 265 mm (24 × 14,6 × 10,4 in)
Peso		34 kg (75 lb)
Flujo de gas		160 sccm
Rango de temperatura ambiente		10-45 °C (50-113 °F)

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1. Identificación.

Los defectos dentro de las unidades producidas se posicionan en un número más alto del promedio esperado, a razón de esto, se busca la reducción de defectos en los equipos de operación, así como en los equipos de inspección, buscando reducir el defecto un 10% de lo englobado en cifras actuales, y con esto desarrollar una mejora que se pueda estandarizar en las tres líneas de producción de la empresa Samsung Electronics Digital Appliances Mexico planta refrigeradores.

3.2. Justificación.

Este proyecto plantea controlar y fijar factores de operación óptimos que ayuden a cumplir con los requerimientos de calidad solicitados por el cliente, que aseguren la hermeticidad del producto y sus funciones planeadas.

Los intentos por lograr un número cercano a cero en defectos se ven frustrados por demás responsabilidades y cargas de trabajo a cumplir, además los factores de variabilidad dentro de un proceso hacen que las condiciones de trabajo oscilen continuamente, sin mantener una linealidad entre operaciones. Además, el desgaste por uso de los equipos, condiciones naturales y extraordinarias provocan fallos en el funcionamiento de equipos, que provocan por ende fallas en la realización de la operación correspondiente mediante ellos.

Es por eso que este proyecto se centra en el desarrollo de estandarizaciones de trabajo, arreglo y mantenimiento para todos estos equipos, sus operaciones de trabajo y operaciones de mantenimiento y limpieza. El desarrollo de estas estandarizaciones será auxiliado por todos los involucrados directos para en

conjunto lograr el mayor alcance de mejora en la producción directamente de las unidades, estas áreas son producción, procesos, mantenimiento y automatización.

El resultado como objetivo a alcanzar es: mediante la implementación de las estandarizaciones, lograr un mejor desempeño mediante condiciones óptimas de los equipos a cargo del área de ingeniería, y, por ende, reducción de defectos causados por condiciones deficientes de los equipos.

3.3. Alcance.

Las estandarizaciones se plantearán y desarrollarán en un modo de propuesta inicial, para ser analizado por el personal competente, con la finalidad de implementar las acciones directamente en la línea de producción.

Una vez que estas puedan ser aprobadas, se introducirán en un periodo corto de prueba, monitoreando su eficacia y aportación real a la mejora de la producción. Generando evidencias de resultados por los recursos y tiempo que se invirtieron en su desarrollo.

Al comprobar resultados positivos, implementar la estandarización en las tres líneas de producción, con un monitoreo constante y análisis de los resultados implementados, sujetos a cambios realizados por parte de la gerencia y dirección de SAMSUNG ELECTRONICS, además con objeto de mejorar aún implementadas en las tres líneas de producción, para lograr la reducción de defectos a grado cada vez menor.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales.

Desarrollar un proyecto de mejora en base a la estandarización de operación de los equipos a cargo del área de ingeniería, dentro de línea de producción y así reducir la cantidad de defectos un 10% de lo registrado de forma global en tales operaciones.

4.2. Objetivos específicos.

- Identificar cual es la operación que más genera defectos, dentro de los equipos a cargo del área de ingeniería.
- Generar una propuesta de reducción de defectos. Tal desarrollo puede involucrar el desarrollo de un herramental, sistema y/o mecanismo específico, la implementación de un equipo, cambio de materiales, nuevos proveedores, modificaciones en los equipos, etcétera
- Implementar estándares de trabajo para el manejo correcto de los equipos.
- Generar antecedentes y diagnósticos de fallas presentadas en equipos durante la estadía de residencias.
- Crear planes de mantenimiento a equipos para mantener en estado óptimo de trabajo.
- Reducir 10% de la cantidad de defectos registrados en la operación seleccionada.

- Estandarizar el proyecto de mejora para poder implementarlo en las tres líneas de producción.

Capítulo 5

Metodología

Idealmente, se espera que, en la fabricación de un producto, los defectos no existan, y en caso de que se presenten, estos sean los mínimos posibles, en la práctica esto sigue siendo imposible, los defectos siguen apareciendo, y las causas de estos son muy diversas. La fabricación de un producto, conlleva un número considerable de operaciones, en las cuales cada uno de estas puede presentar variaciones, lo que entrega como resultado no realizar la operación de manera óptima y este a su vez, en un defecto directamente en el producto.

Aunque dentro de Samsung Electronics Digital Appliances Mexico el porcentaje de defecto es mínimo, se tiene la filosofía de mejora continua, Ishikawa dijo: Es posible desarrollar calidad en todos los pasos de todos los procesos y lograr una producción 100 por ciento libre de defectos. Esto se hace mediante el control de procesos. No basta encontrar los defectos y fallas y corregirlos. Lo que hay que hacer es encontrar las causas de los defectos y fallas. [2] Compartiendo ese pensamiento, se procede al desarrollo del presente proyecto, con el fin de reducir los defectos en alguna de las operaciones realizadas con equipos a cargo del área de ingeniería.

El lugar donde fue realizado este proyecto, es la empresa Samsung Electronics subsidiaria Querétaro, la cual tiene el nombre asignado de SEM-P (Samsung Electronics Digital Appliances Mexico), que es una empresa dedicada a la fabricación y ensambla de refrigeradores, lavadoras y secadoras. Para este informe las residencias profesionales se llevaron a cabo en la planta refrigeradores. Dentro de esta podemos encontrar el siguiente organigrama de los departamentos que se encuentran dentro de la planta:

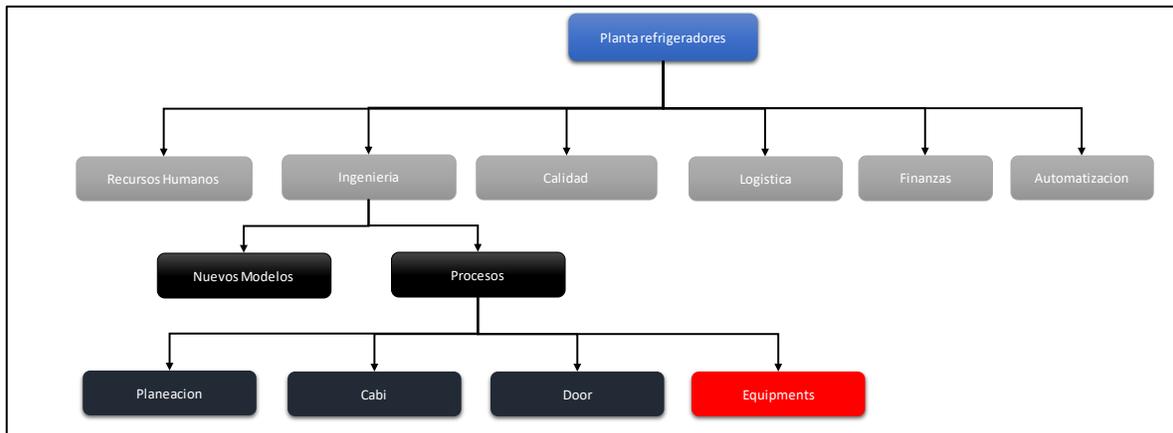


Figura 20. Organigrama de áreas en planta refrigeradores.

En la figura 20 podemos observar que el área de ingeniería (PE) se subdivide en dos secciones, proceso y nuevos modelos, el área específica de trabajo, se encuentra en la sección de procesos, en el grupo denominado: equipos y pruebas de inspección (recuadro rojo en figura 20). Así que el desarrollo de este proyecto se realizó dentro de este grupo puntualmente, y en relación con las actividades y equipos que se encuentran a cargo de este grupo ingenieril.

Atacar una situación como la planteada, la reducción de defectos, requiere de un análisis bien pensado. “Cuando queremos dar una definición de calidad, si el método es vago, nada se logrará.” [2] Ante esta premisa que corresponde a la misión de este proyecto es indispensable una formulación de metodología bien definida y estructurada, que cumpla con el nivel de profesionalismo requerido, además, frente a la necesidad de una solución no superficial, se tiene que lograr atacar al problema de raíz, ante tal escenario, se necesita sentar las bases de una metodología bien estructurada.

5.1 Enfoque

Debido a la alta demanda en la producción de los refrigeradores se da prioridad a los procesos requeridos para el avance de la línea, al presentarse problemas, se necesita de soluciones remedio que sean rápidas y efectivas para no llevar a paros de línea en un tiempo prolongado, por el contrario, sean cortos y no afecten en los

números de producción. Mas, sin embargo, aunque este tipo de soluciones son efectivas, se debe de realizar algo más que la acción inmediata, evitando así que esa situación dispersa se convierta en algo eventual y repetitivo.

Así que muchas de las situaciones y resultados expuestos son en su mayoría cualitativas, pero manteniendo un enfoque cualitativo, sobre todo en una situación en la que se prestó especial atención, y después de la investigación correspondiente, se identificó como la operación con mayor tasa de generación de defectos. Ese enfoque cualitativo se utilizó en la recolección y el análisis de datos para dar respuesta que se tenía a preguntas relacionadas con la investigación, haciendo uso de la estadística para así establecer con exactitud patrones de comportamiento en esa operación específicamente (alta tasa de generación de defectos).

El enfoque cualitativo también estuvo basado en la recolección de datos, aunque sin medición numérica, sino más bien inclinado hacia las descripciones y las observaciones.

5.2 Modalidad de la investigación

Ante los diferentes escenarios que se presentaron, se hizo uso de los siguientes tipos de investigación:

De campo. Esta se utilizó en la mayoría de las aplicaciones, debido a ser problemas sin antecedentes, presentados en equipos de nueva aplicación, mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones que son controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causas se presentaron registros de defectos en dichas operaciones o escenarios.

De esta manera se obtuvieron nuevos conocimientos de aplicación en el campo, con el propósito de diagnosticar necesidades y problemas en las operaciones que involucren equipos responsabilidad del área de ingeniería.

La investigación se realizó en el propio sitio donde se encontraba el equipo de estudio, que también es conocida como investigación in situ. Esto permitió un conocimiento a fondo para la investigación, identificación de componentes, equipos, aditamentos y el fin de los mismos, obteniendo datos en tiempo real, así uso de los mismo con mayor seguridad. Con la posibilidad de proponer alternativas y propuestas experimentales, bajo una situación previamente controlada, bajo supervisión y consulta de ingenieros expertos en el campo.

Bibliográfica. El involucramiento con equipos que resultaron de primer descubrimiento, conlleva la necesidad de informarse y familiarizarse con tales equipos y operaciones, se requirió de acudir a investigaciones en libros, manuales, fichas técnicas, textos, catálogos de productos e internet, todas en aportación a estructurar correctamente el tema de investigación.

Experimental. Este tipo de investigación fue la más requerida en el desarrollo del proyecto, ya que los factores que se involucraron se pueden distribuir en factores internos y externos, procesos mecánicos, hidráulicos, químicos y manuales, en las operaciones con los equipos objeto de estudio. Mediante la observación, experimentación, análisis y estandarización, se logró establecer los efectos que tuvieron las acciones correctivas en la producción de refrigeradores, dando validez a los objetivos planteados.

5.3 Recolección de datos

La obtención de la información debe de ser real y confiable acerca de los problemas presentados, para eso, se utilizó la observación y análisis directo de los procesos, operación y funcionamiento de los equipos, desempeño y habilidad del operador, manejo de herramientas e inconvenientes que se generan durante el uso de los equipos.

Los instrumentos que fueron de ayuda en la recolección de datos fue hojas de datos, diagramas de flujos, instructivos de trabajo, y el apoyo de áreas que se ven de igual

forma involucradas y que igualmente recaban información desde su enfoque y conveniencia, como fue ingeniería de procesos.

5.4 Procesamiento y análisis de la información

La información capturada antes, durante y después de las implementaciones de reducción de errores, se clasificó en función del tipo de información que se proporcionó y la aportación que tuvo. Para la presentación de esta se utilizó la representación escrita, tabular, gráfica, entre otras, resaltando el valor que agregan a la investigación.

Tal información va de acuerdo con las necesidades que se presentaron en el grupo de equipos y pruebas de inspección, tanto para las funciones de los ingenieros del equipo, como para áreas que sea de incumbencia, como es ingeniería de procesos, y producción, operadores que no se pueden dejar de lado, ya que son los que se involucran directamente en el proceso.

Realizando una comparación de la producción, registro de defectos, y desempeño de los equipos después de la implementación de la acción propuesta.

5.5 Metodología de trabajo

Los equipos que se encuentran a cargo del área de ingeniería dentro de línea de producción, se dividen en dos tipos: equipos de operación y equipos de inspección. Los equipos de operación tienen una aportación a las unidades fabricadas, dentro de esta sección se encuentran tres tipos diferentes que son: soldadura, bombas de vacío y carga de gas. Y los equipos de inspección son encargados de verificar las condiciones de trabajo de las unidades en diferentes aspectos como puede ser funcionamiento, consumo de energía y pruebas de seguridad, o la prueba de un proceso recién realizado como en salida de espumado.

Por la naturaleza de su trabajo, se pensaría que los equipos de inspección no pueden ser de interés en el presente proyecto, ya que no logran causar ningún

defecto en la fabricación de las unidades, la mala operación de estos equipos da como resultado una inspección insuficiente, pero no genera defectos que afecten en el funcionamiento, más si no se realiza correctamente la operación de inspección, se generan los “falsos defectos”, ya que una prueba de inspección ineficiente, señalará un negativo en el refrigerador, por lo cual esa unidad será desviada, y en área de reparación se descubre que no existe ningún problema con esa unidad, más bien se realizó una mala inspección. Por esa razón es que los equipos de inspección entran en el marco de investigación del presente proyecto, ya que estos equipos también son víctimas de fallas y requieren de estandarización de trabajo y operación.

En busca de lograr una estandarización en las líneas de producción, sobre los equipos que están a cargo del área de ingeniería, se generan distintas propuestas, dependiendo de la situación que se presentó, el equipo que estuvo involucrado y la acción remedio que conllevo. A continuación, se presentan todos estos escenarios, que se presentaron durante el periodo de residencias y hubo una participación directa o colaborativa, y como resultado una acción de estandarización:

5.5.1 No detección de fugas.

Una vez que todos los sistemas de tuberías del refrigerador están unidos mediante sus procesos de soldadura correspondientes, se le procede hacer su vacío y posterior a eso, su carga de gas. Para que se compruebe que efectivamente el refrigerador no presente fugas del gas refrigerante en algunos de los puntos de unión o puntos de soldadura, que son lugares donde se tiene una posibilidad alta de fuga. Se realiza una inspección para detección de fugas, mediante el equipo Ecotec E3000.

Durante un periodo de dos semanas se registraron casos donde los refrigeradores tenían fugas de gas, pero estos no fueron detectados durante sus inspecciones correspondientes.

Tal situación es realmente crítica, ya que es inaceptable que no se detecten fugas, ya que, en el peor de los escenarios, tal unidad podría salir de fábrica con tal defecto, a tal tipo de defectos se les denomina “defectos de mercado” los cuales se hace un gran esfuerzo por mantenerlos en lo más mínimo.

Así que se procede a realizar un diagnóstico de los equipos y descubrir la causa de la indetección de fugas, y las acciones que se deben de realizar a fin de evitar que la situación se repita.

5.5.2 Plan de acción por desabasto de consumibles para soldadura ultrasónicas.

El equipo de soldadura ultrasónica trabaja con dos elementos consumibles que son indispensables, el sonotrodo y el anvil, ya que podemos mencionar que son las partes que están en un contacto directo y causantes de la acción de soldadura ultrasónica. Debido a la alta aplicación de esta soldadura, debido a que todos los refrigeradores involucran a este tipo de soldadura, el cambio de estos consumibles principales es constante, haciendo el cálculo de ciclos con las unidades fabricadas en promedio diariamente, se requiere aproximadamente de un cambio de los consumibles cada 5 o 6 días.

Durante el periodo de estadías para prácticas profesionales, se presentó una situación bastante crítica: hubo desabasto del consumible sonotrodo y anvil. Por razones ajenas a la empresa, no se pudo tener la adquisición de los consumibles planeados y contemplados para un periodo establecido de semanas.

Ante tal situación tal situación se diseñó un plan de acción y atención de maquinaria, mantenimiento de consumibles y resolución de fallas que se cumplió estrictamente, para poder seguir en curso con el trabajo de las soldadoras ultrasónicas, aun en falta de las refacciones del sonotrodo y anvil.

Los consumibles son comunes para las cuatro soldadoras ultrasónicas disponibles en las tres líneas de producción, así que el plan fue aplicado para los cuatro equipos,

y en las tres líneas, durante los dos turnos de trabajo ya que la condición afectaba a toda la clase de estos equipos. Así que la atención era necesaria durante los dos turnos laborales e involucramiento de todo el equipo de ingenieros, ya que de presentarse el peor de los casos, que sería que un consumible se volviera inservible, el paro de línea sería inminente, ya que todos los refrigeradores necesitan de esta operación forzosamente y hablamos de un periodo de días, en lo que se soluciona el abasto de consumibles

El resultado del plan de acción, se muestra en la sección 6.2 de resultados.

5.5.3 Falta de registros en prueba de consumo de potencia.

Dentro de la línea de producción existen equipos que están diseñados para realizar una prueba en específico, la prueba de consumo de compresor, esta prueba consiste en mantener conectado el refrigerador a la toma de corriente eléctrica y hacer un arranque del compresor y pasado un tiempo medir el consumo que el compresor genera individualmente como componente, así, se comprueba que el trabajo del mismo es correcto, y que se cumple con el consumo entregado como especificación al cliente final.

Se presentó una situación en la que estos equipos no registraban los datos de las pruebas realizadas con los mismos, así que, para atender esta situación se tuvo que realizar un diagnóstico profundo y así determinar la causa raíz del problema, para seguido diseñar un plan y resolver la causa y regresar a la normalidad el trabajo de estos equipos.

Los resultados del diagnóstico y plan de acción se muestran en la sección 6.3 de resultados.

5.5.4 Pistolas LOKRING pegadas

Por su función, la herramienta hidráulica de LOKRING, que se le asignó el nombre de “pistola LOKRING”, contrae sus tenazas para poder realizar la acción de recorrer

el anillo, ese accionamiento es gracias a la fuerza hidráulica que transmite la estación hidráulica hacia la pistola de LOKRING, la cantidad de fuerza es considerable, se habla de contraer el diámetro de una tubería de metal para que este se encapsule dentro del anillo. Cada unidad requiere de distintos tipos de anillos y la cantidad también es variante dependiendo de las prestaciones que ofrezca, pero todos los refrigeradores llevan por lo menos dos uniones mediante soldadura LOKRING, lo que lo convierte en un equipo de alta aplicación.

En el transcurso de unas semanas durante la estadía de prácticas profesionales, se presentó la situación de que la pistola LOKRING se “pegaba”, es decir, se realizaba su accionamiento, pero las tenazas se quedaban cerradas, incluso en ocasiones, la pistola se quedaba sujeta a las tuberías de los refrigeradores, situación bastante indeseada, en primer lugar, porque debido a la aplicación de fuerza hidráulica la pistola se queda pegada de una forma que requiere de demasiada fuerza para ser despegada, además, esto se traduce en un desgaste considerable en las piezas y por último, un paro de línea, aunque se cuenta con repuestos de cada pistola, el abastecimiento a línea C y la repetición de esta situación, lleva a que se necesite atender esta situación más allá de solo tener repuestos disponibles, sino en atender de manera que se evite que las pistolas se sigan pegando.

Es por esto que se llevó a la atención colaborativa de atender a las pistolas despegadas y en el diseño de un programa de limpieza y mantenimiento que se delegó al área de producción, los resultados de esto, se presenta el capítulo 6, en la sección 6.4.

5.5.5 Falla en prueba de DRAIN TESTER

La prueba de Hose Drain consiste en hacer una prueba de succión a los refrigeradores saliendo de las cámaras de espumado para verificar que el sistema de los ductos libres, que no fueron obstruidos por alguna fuga de espuma.

Este equipo se encarga de hacer la succión y hacer un cálculo de la presión de aire succionada y entonces así saber si se encuentra dentro de un rango especificado, que corresponde a la cantidad de presión que se tendría con los ductos totalmente libres, si la presión que resulta al final del cálculo de la prueba sale de la especificación, entonces se entiende que es una unidad tapada y se tiene que atender.

Se presentó el problema que se tenía una alarma que indicaba una presión baja, por posibles filtros sucios. El mensaje indicaba que la presión baja registrada no era a causa de refrigeradores que tengan sus ductos tapados, sino más bien que el equipo desde el principio no es más capaz de enviar la suficiente presión de succión, por eso se sugiere revisar si los filtros están tapados.

Se realizó la revisión del filtro y efectivamente se encontraba tapado, esta es una situación que se repetía constantemente, inclusive llegó a pasar 3 veces por día, provocando un avance lento de salida de espuma, retrasando los números de producción, una condición que no debe de suceder, ya que el propósito del equipo es agilizar la producción no hacerla más lenta, así que se tomaron medidas al respecto para contrarrestar este problema de producción, lo cual se menciona en la sección 6.5.

5.5.6 Fallas en pruebas de inspección

Una de las pruebas que se realizan para verificar las condiciones óptimas de los refrigeradores fabricados es la prueba de diferencia de presión, que se encarga de realizar una verificación del circuito de tuberías internas en el refrigerador mediante una inyección de aire a presión y midiendo la diferencia entre la presión de entrada y salida.

Se reportaron constantes defectos registrados en la prueba de diferencia de presión, pero con un comportamiento peculiar, que solo uno de los varios equipos con los que se cuenta, presentaba esta situación, así que se realizó una prueba

recirculando las unidades que se inspeccionaron en ese equipo, para ser inspeccionadas por otros equipos, y verificar que el error se encontraba en el equipo y no en las unidades inspeccionadas. Y después de las pruebas de re inspección en otros equipos, se comprobó que el problema se presentaba en el equipo, ya que las unidades tenían resultados aprobatorios al ser inspeccionados por otro equipo, así que se procedió a hacer un diagnóstico y la solución del problema, los resultados de esta acción se presentan en la sección 6.6 del capítulo 6.

5.5.7 Baratron semanal

Las bombas de vacío también fueron objeto de aplicación para este proyecto, debido a que dentro de las actividades asignadas para cumplir en el proceso de prácticas profesionales se solicitó realizar un procedimiento de medición y registro a las bombas de vacío mediante un manómetro de capacitancia Baratron.

Esta actividad cumplía con un propósito: mantener las condiciones más óptimas en las bombas de vacío. Mediante la toma de mediciones y posteriormente generar un reporte en base a los valores entregados por la bomba, diseñar un plan de atención y mantenimiento. Las bombas representan un proceso crítico que depende del óptimo desempeño de los refrigeradores fabricados, es por eso que se tiene especial atención a estos equipos y se asignó como una responsabilidad a cumplir.

Durante la realización de esta actividad se midieron los resultados de esta actividad y el impacto generado en las bombas de vacío. Los resultados se presentan en el capítulo 6, bajo la sección 6.7.

5.5.8 Reducción de defectos en la operación con la tasa más alta de generación de defectos.

Además de todas las situaciones ya presentadas, como objetivo de este proyecto se persiguió la reducción de defectos, así que, para esto, se requirió primeramente de un estudio que llevó a tener la información de cuál es la operación junto con el

equipo que tiene la tasa más alta de generación de defecto en el momento de desarrollo de este proyecto.

Para evitar un “método vago”, se procede a utilizar una metodología basada en el uso de las herramientas de calidad, el ciclo PHVA y los ocho pasos para solución de problemas.

Los ocho pasos a seguir son:

Paso 1: Definir y analizar la magnitud del problema.

Paso 2: Buscar todas las posibles causas

Paso 3: Investigar cuál es la causa más importante

Paso 4: Considerar las medidas de remedio

Paso 5: Poner en práctica las medidas de remedio

Paso 6: Revisar los resultados obtenidos.

Paso 7: Prevenir la recurrencia del problema

Paso 8: Conclusión.

El resultado de estos pasos realizados se encuentra en la sección 6.8 de resultados.

Capítulo 6

Resultados

En el capítulo anterior se describieron los casos de defectos que fueron objetos de estudio, en este capítulo, se exponen las acciones como resultado de la atención hacia resolver tales situaciones, y de planes creados y aplicados, además de su monitoreo, para ver la efectividad en la disminución de presentarse tales situaciones, y, por tanto, reducir los defectos.

6.1 Diagnóstico en Ecotec por nula detección de fugas y plan de mantenimiento.

Debido a la situación de no detección de fugas, por parte del equipo dedicado especialmente para tal situación, Ecotec E3000, se procedió a realizar un diagnóstico del equipo, identificar la causa, y proponer un plan preventivo, evitando que se repita tal situación. En la tabla 7 se registró la recurrencia de tal situación, las casillas en rojo y con una “x”, señalan días que se tuvo registro de indetección de fugas.

Tabla 7. Registro de días en que fugas no fueron detectadas.

Situaciones de indetección de fugas					
No. de semana	Días de la semana				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
W04			x		
W05	x			x	

Primeramente, se accede a la información del equipo, seleccionando el icono señalado dentro del círculo rojo en la figura 21.

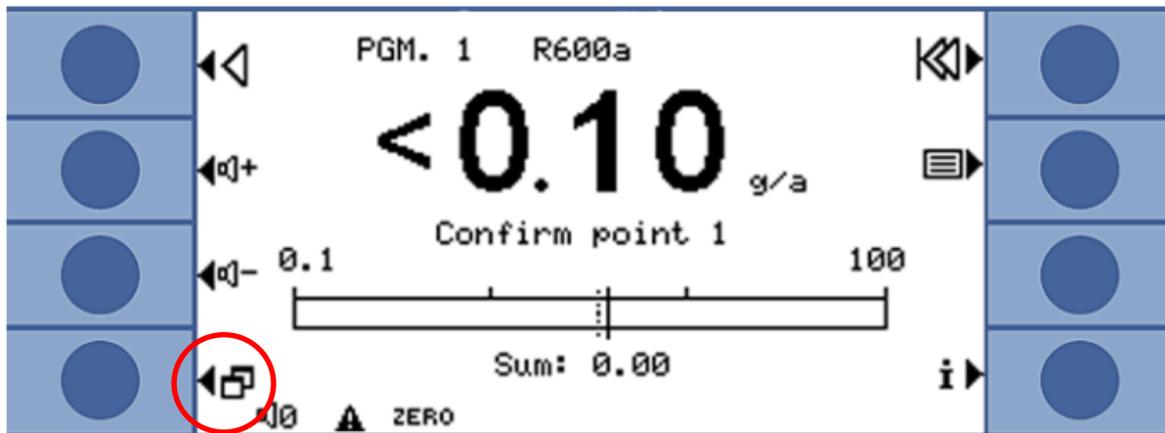


Figura 21. Pantalla principal de equipo Ecotec E3000. Fuente: inficon.com

Presionando esa opción se accede al menú principal, dentro del menú principal, se encuentra la sección de información, esta sección es la encargada de mostrar el valor de ciertos parámetros, entre ellos se encuentra el caudal.

El caudal es la cantidad de aire que atraviesa por el conducto de aspiración y cuenta con un límite inferior y superior, como el mostrado en la figura 22.

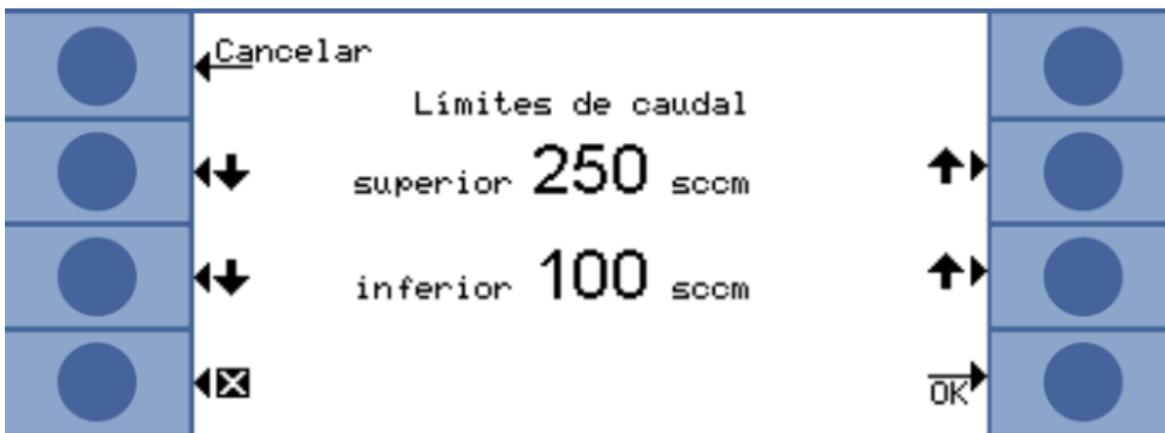


Figura 22. Límites de caudal para Ecotec E3000. Fuente: inficon.com

Al igual que en la figura 22 el límite inferior se marca en 100 sccm, al acceder al menú y revisar la cantidad de caudal, se encontró un número por debajo: 97 sccm. Cuando se presenta un valor tan bajo en el caudal real, solo puede ser causado por dos escenarios: una obstrucción de los filtros, o una obstrucción del conducto de aspiración. Así que se procedió a revisar si alguna de las dos situaciones era real,

y efectivamente los filtros mostraban una obstrucción considerable, ya que al retirar la punta donde estos se ubican el caudal regresó a un valor dentro de los límites asignados, 122 sccm. En otro de los días que fue registrada una situación de indetección de fugas, se encontró la misma causa.

Más en el tercer escenario similar, se presentó una situación diferente, se dio diagnostico siguiente el mismo procedimiento, pero en tal ocasión, se presentaba un valor de caudal crítico: 29 sccm. Se procedió a retirar y revisar los filtros, pero estos no mostraban obstrucción y aun al retirarlos el caudal no incrementaba. Así que la opción restante es que se tuviera una obstrucción en el conducto de aspiración. Se hizo una prueba para verificar esta situación desconectando el conducto de aspiración, y dejando únicamente el puerto de conexión del aparato básico, de inmediato se elevó el valor del caudal, afirmando la suposición, el conducto de aspiración se encontraba obstruido.

Tanto la obstrucción de filtros como la obstrucción del conducto de aspiración, son causados por la misma situación, algunos de los puntos de soldadura a inspeccionar, tienen un proceso de soldadura por LOKRING, y las uniones comúnmente tiene residuos líquidos de LOKPREP, que, debido a la succión realizada por el Ecotec, este se ubica en los filtros, para después pasar a su estado sólido, lo que obstruye el paso de aire y su captación, y reduce el valor de caudal. Hay ocasiones, que, debido a la continua succión y el mal estado de los filtros, el LOKPREP se infiltra hacia el conducto de succión, el cual tiene un diámetro mucho menor en comparación con la boquilla del sniffer, por lo cual, se tapa con facilidad, y resultando en un caudal tan bajo.

6.1.1 Plan de mantenimiento

La falta de un estricto plan de mantenimiento llevó a la presencia de las situaciones críticas presentado situaciones con opción a evitarse, el seguimiento de un plan de mantenimiento, se vuelve un plan preventivo de igual forma, por lo cual se procedió

Capítulo 6. Resultados.

a diseñar y ejecutar dicho plan. El plan de mantenimiento para cambio de filtros en la punta de aspiración diseñado por el proveedor se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Plan de mantenimiento incluido en manual para Ecotec E3000. Fuente: inficon.com

¹ En entornos de medición muy contaminados puede ser necesario cambiarlo antes.

Mantenimiento	Descripción del material	N.º de pieza	Horas de funcionamiento			Periodo	Nivel de manten.
			500	2000	10.000		
Revisar el filtro sinterizado de la punta de aspiración y reemplazarlo en caso necesario.	Filtro sinterizado de la punta de aspiración	200 03 500	X ¹				I
Reemplazar los elementos filtrantes del filtro capilar y de la punta de protección contra el agua.	Filtro del filtro capilar	200 001 116		X			I

La nota 1, especifica que, si el entorno de trabajo tiene un alto nivel de contaminación, los filtros pueden ser cambiados antes, la planta refrigeradores, trabaja las 24 horas del día, regularmente seis días de la semana. Los sniffers cuentan con punta de protección contra el agua, así que, realizando el cálculo de horas, para revisar el filtro sinterizado, corresponde cada 21 días y los filtros de la punta cada 83 días. Debido a la exigencia de los equipos, el requerimiento de trabajo optimo, la presencia del escenario indeseado de equipos con filtro y conductos de succión tapados, se diseñó un nuevo plan de mantenimiento, con tiempos mucho más reducidos, mostrado en la tabla 9.

Capítulo 6. Resultados.

Tabla 9. Plan de mantenimiento para Ecotec E3000, diseñado por Equipments.

Mantenimiento	Descripción del material	N.º de pieza	Horas de funcionamiento		Periodo	Nivel de manten.
			144	500		
Revisar el filtro sinterizado de la punta de aspiración y reemplazarlo en caso necesario.	Filtro sinterizado de la punta de aspiración	200 03 500	X ¹			I
Reemplazar los elementos filtrantes del filtro capilar y de la punta de protección contra el agua.	Filtro del filtro capilar	200 001 116	X			I
Calibración	Fuga calibrada externa		Diariamente			I

El plan de mantenimiento fue diseñado y consultado en apoyo de los ingenieros del grupo Equipments, y aplicado una vez terminado, teniendo como principal objetivo evitar la obstrucción de filtros y conductos de succión por el contacto con restos de LOKPREP en puntos de soldadura a inspeccionar. Cálculo de horas realizado mientras se hacía experimentación y verificación de estado de filtros en periodos de tiempo diferentes.

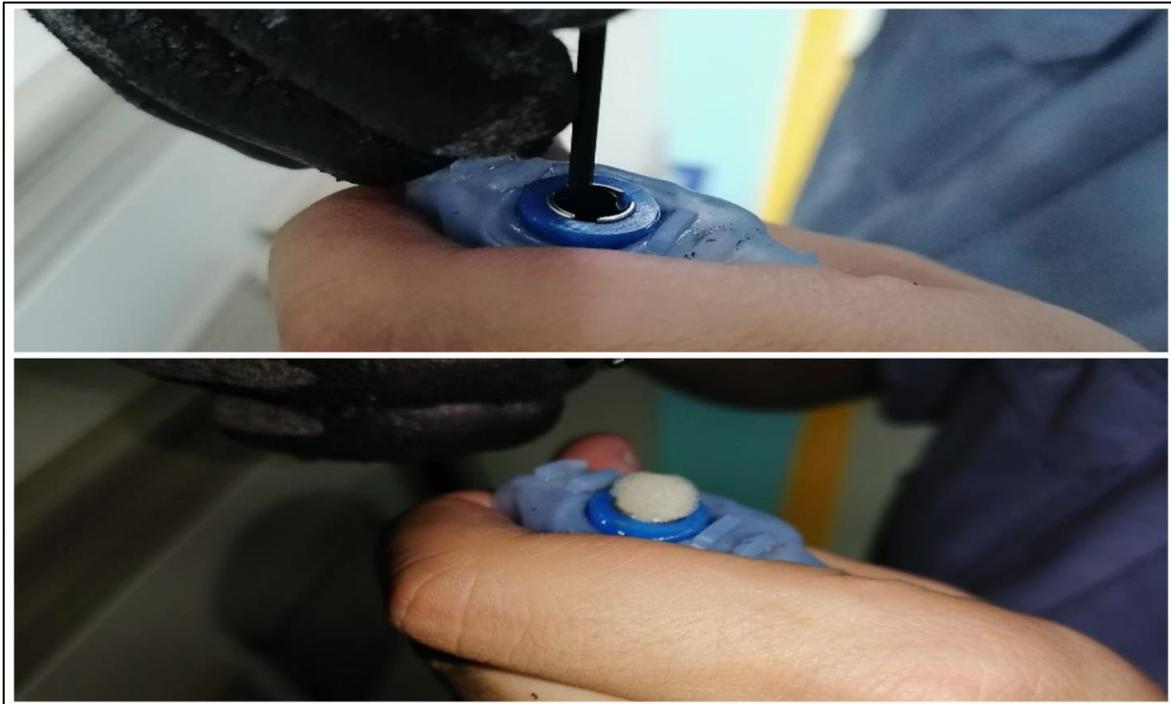


Figura 23. Cambio de filtros capilares en punta de protección contra el agua.

Además, se agregó al mantenimiento la calibración diaria de los equipos Ecotec, esto con el fin de mantener un valor de fuga siempre estable, debido a que este se va desajustando con el paso de días, el fabricante sugiere calibración cuando se realiza un cambio de filtros, puntas o conductos de succión. Más aún, el plan de mantenimiento, lo postula como una actividad diaria, que apoyara a las óptimas condiciones para la detección de fugas.



Figura 24. Calibración de equipos Ecotec de forma diaria a partir de la aplicación del plan de mantenimiento.

Aplicado tres semanas continuas después de su creación, se tiene el siguiente registro de incidencias con indetección de fugas, mostrado en la tabla 10.

Tabla 10. Registro de indetección de fugas W07-W09.

Situaciones de indetección de fugas					
<i>No. de semana</i>	Días de la semana				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<i>W07</i>					
<i>W08</i>					
<i>W09</i>					

Se puede observar la ausencia de casillas rojas y marcas “x”, lo que prueba de la indetección de fugas no se presentó ni una sola vez, después de haber creado y aplicado estrictamente el plan de mantenimiento. Además de esto, las condiciones de los filtros mejoran notablemente, ya que el grado de suciedad y acumulación de

LOKPREP es mínimo, dejando al mínimo la posibilidad de obstrucción de filtros y conductos de succión, tal condición se puede observar en la figura 25.

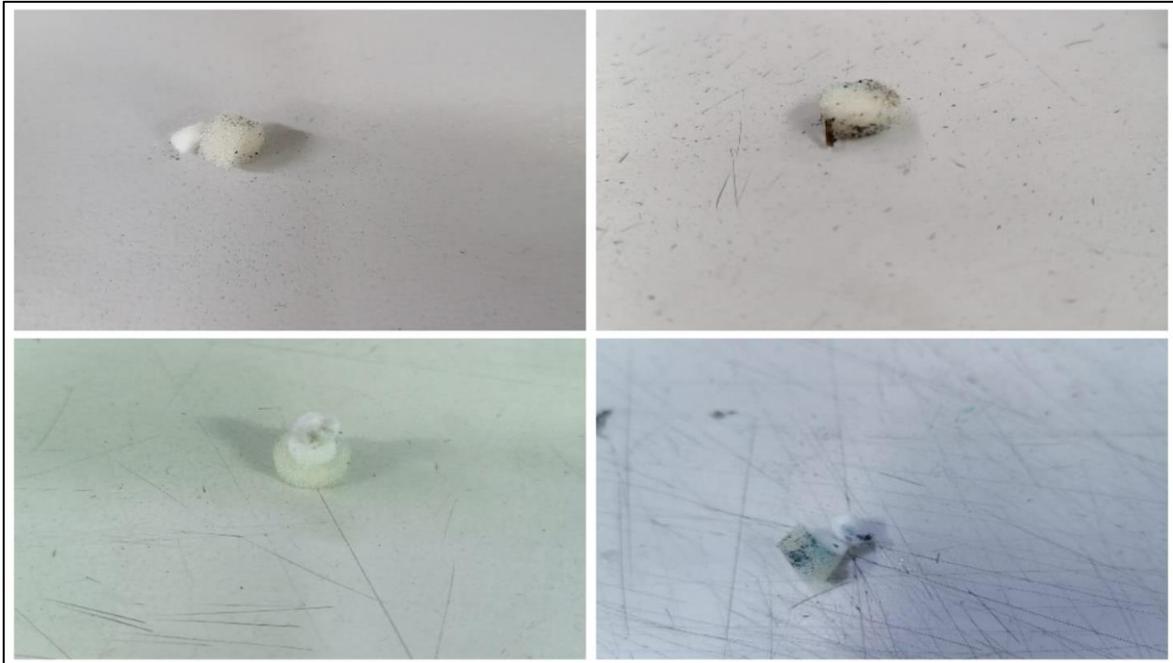


Figura 25. Condición de filtros después de la aplicación del plan de mantenimiento.

Los valores del caudal se mantienen dentro de los límites superior e inferior, en todos los equipos Ecotec, una vez arrancado el plan de mantenimiento, véase figura 26.

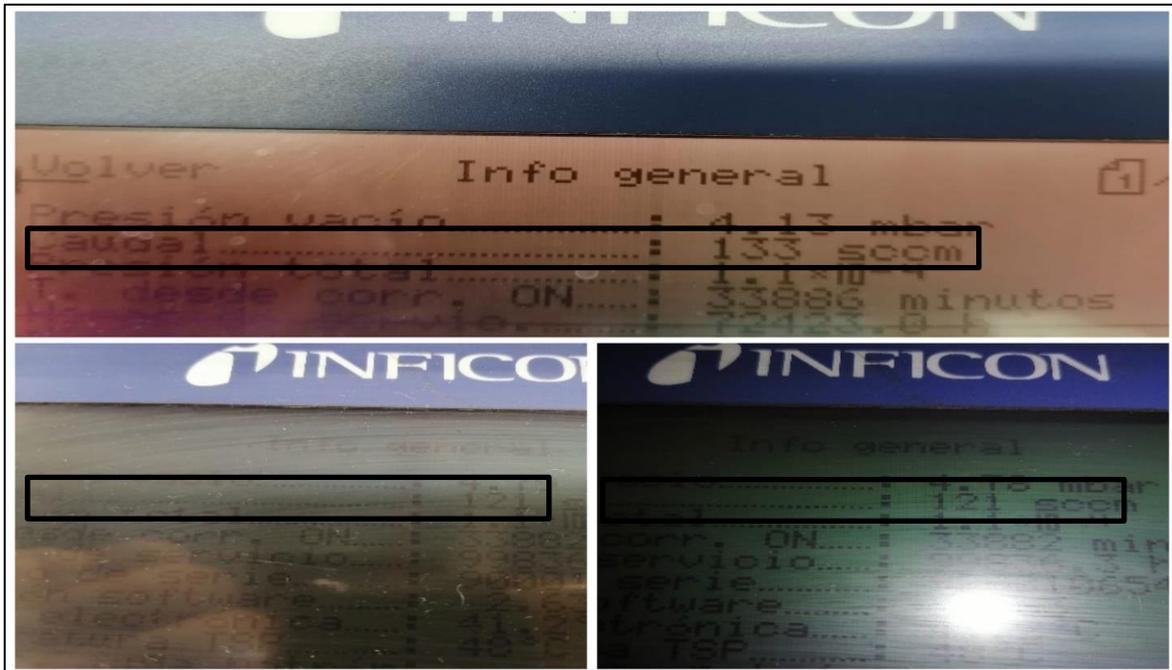


Figura 26. Valores de caudal en Ecotec con implementación de plan de mantenimiento.

6.2 Plan de acción ante desabasto de consumibles para equipos de soldadura ultrasónica.

El equipo de soldadura cuenta con un controlador bastante sofisticado, que registra los datos de trabajo, número de ciclos, altura alcanzada, energía, presión, entre demás parámetros de operación, durante cada ciclo (cada accionamiento de aplicación de soldadura) el equipo realiza un cálculo de potencia requerida y la altura de inicio y altura final una vez terminada la operación.

El cálculo de la altura es importante, ya que se debe de cumplir con un parámetro de altura en la acción de soldar un tubo, debido a que, si la altura es menor, se refiere a que el tubo está sufriendo un aplastamiento, por lo tanto, el material está siendo sometido a esfuerzos muy grandes, que lo hace muy propenso a una falla,

ese aplastamiento contrario de ser un beneficio al pensar que provoca una mejor unión, lo pone en una situación de dudosa fiabilidad, ya que el punto está más propenso a la fuga, debido a esa aplicación extra de fuerza innecesaria, exponiéndose a una fatiga o hasta fractura. Una altura mayor a la registrada, implicaría que se aplica menos fuerza estática y por lo tanto el tubo no está preparado para recibir el corte mediante el ultrasónico, lo que causa que ni siquiera se realice la acción de soldadura, por el espacio tan grande que queda en la junta.

El sonotrodo tiene un número de ciclos establecido como tiempo de vida útil, 6000 ciclos por cada posición de guía, la guía puede moverse en tres posiciones, lo que da un total de 18.000 ciclos de acción, esta cantidad es para un lado del sonotrodo, ya que cuenta con dos posiciones, del otro lado puede aplicarse la misma configuración de movimiento de guía y número de ciclos para cada posición, dando otros 18.000 ciclos de trabajo, sumando ambos nos da un total de 36 000 ciclos de vida útil para cada sonotrodo y su pieza compañera, el anvil.

Ante el escenario de desabasto de los consumibles se diseñó un plan de acción, mantenimiento y atención a los equipos, manejando así la situación como emergencia y prioridad, debido a las consecuencias que se podrían presentar de no atender con esa prioridad.

La atención común que se le da a los equipos de soldadura ultrasónica, se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Mantenimiento y revisión comúnmente realizado a equipos de soldadura ultrasónica.

Mantenimiento y revisión a equipos de soldadura ultrasónica		
Acción	Cantidad de ciclos de trabajo	Frecuencia de realización
Revisión de funcionamiento óptimo y cantidad de ciclos	N/A	Cada arranque de turno

Cambio de guía	6,000	Cumplimiento de ciclos
Giro de sonotrodo	18,000	Cumplimiento de ciclos
Cambio de anvil y sonotrodo	Cumpliendo 18,000 en cada lado de sonotrodo	Cumplimiento de ciclos

El plan de acción como caso especial, fue planeado para mantener en las condiciones más óptimas los equipos, con el propósito de que la atención especial prolongue la vida útil de los consumibles, ya que los instalados eran los únicos disponibles, durante un periodo indefinido, hasta que nuevamente se tuviera el abasto y la disponibilidad del sonotrodo y anvil.

Entre las acciones extras a realizar, se encuentra una revisión muy continua y atenta de las condiciones de la máquina. El movimiento más frecuente de la guía para herramental, evitando así que el desgaste sea puntual, en una sola zona para el sonotrodo, más bien con el ajuste constante, lograr un desgaste más uniforme y menos riesgoso para el sonotrodo, ya que cuando la aplicación de la soldadura se realiza durante mucho tiempo en la misma posición de la guía, el estar concentrando esfuerzos en un solo punto puede llegar a causar la fractura del sonotrodo. También se incluye la limpieza profunda del anvil y ajuste constante, todo se resume en la presentación del plan en la tabla 12.

Tabla 12. Plan especial de atención a equipos de soldadura de alta frecuencia, ante desabasto de consumibles.

Plan especial de atención a equipos de soldadura ultrasónica		
Acción	Cantidad de ciclos de trabajo	Frecuencia de realización
Revisión de funcionamiento óptimo y cantidad de ciclos	N/A	Cada 2 horas
Inspección de visual de calidad de corte	N/A	Cada 2 horas

Capítulo 6. Resultados.

Limpieza de anvil con cepillo de alambre	N/A	Cada 6 horas
Calibración de altura	N/A	Al presentarse registros de falla.
Cambio de guía	1,500	Cumplimiento de ciclos
Giro de sonotrodo	Sujeto a extensión de vida útil	Cumplimiento de ciclos
Reinicio de contadores	18, 000	Cumplimiento de ciclos

Durante el curso del plan especial, se presentó la situación de que los equipos registran fallos de operación debido a altura final fuera de especificación, mostrado en la figura 27.

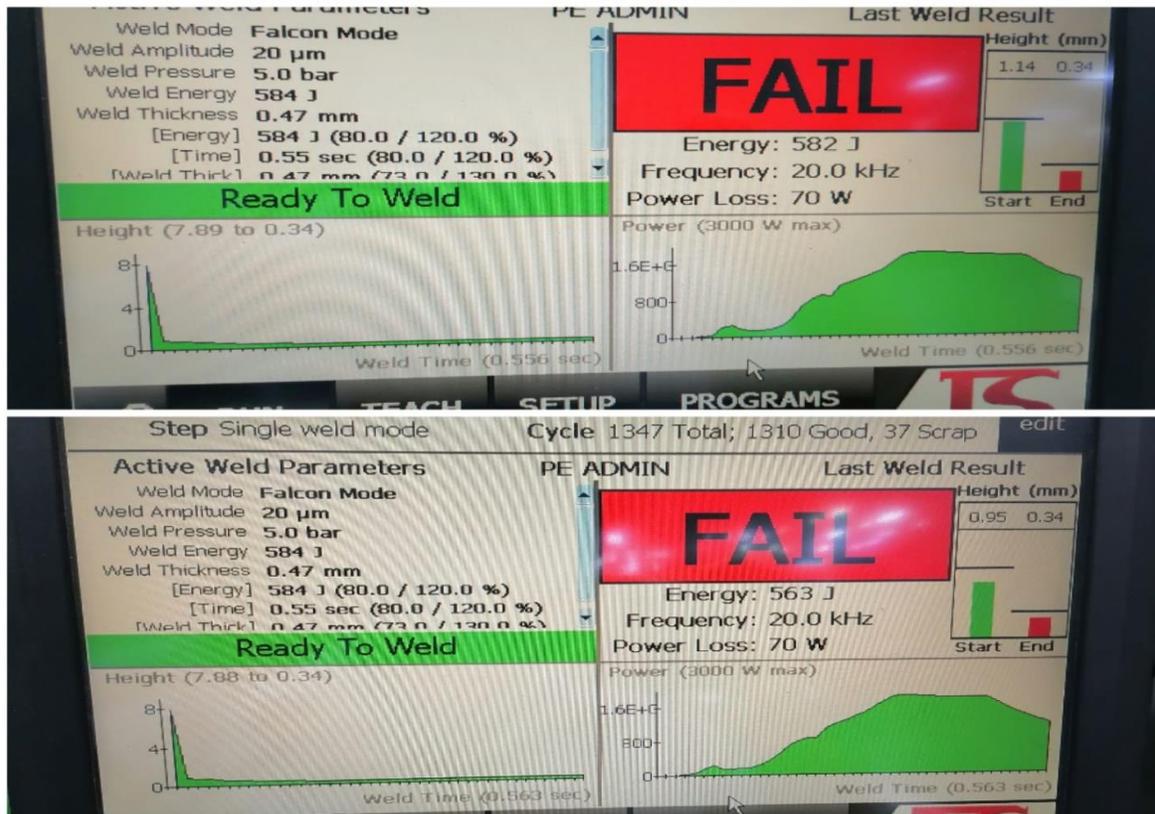


Figura 27. Pantalla de registro de FAIL, debido a altura fuera de especificación.

La situación de la figura 25 es causada por un desajuste que sucede en el equipo, debido a su constante aplicación de ciclos de trabajo, generando una descalibración

de la altura final proporcionada al ajuste del equipo. Así que para la atención a este escenario se procede a hacer una calibración de la altura del sonotrodo contra el anvil. Para esto se utilizan laines de calibración, figura 28.



Figura 28. Laines de calibración.

Mediante el modo de calibración encontrado en el mando de control, es como se realiza el ajuste y calibración de la altura, se selecciona esa opción, y así es posible determinar el valor indicado para la altura, dependiendo de las dimensiones del tubo, en el caso de los tubos que corresponden a la unión por esta soldadura corresponde un valor de 0.65, una altura estándar con la que se debe de cumplir. Se inició el modo de calibración, el equipo necesita de tres registros de altura para crear una base con los datos obtenidos de esos tres accionamientos que funcionan como una referencia para definir valores de fondo. Después del ajuste se realizan soldaduras de pruebas de soldadura en tubería de cobre, simulando su escenario real de trabajo (figura 29). De esta manera, y nuevamente calibrada la altura del equipo, se eliminan los mensajes de FAIL y ahora registra una altura final dentro de especificaciones.



Figura 29. Calibración con laines a equipo de alta frecuencia. Muestra de soldadura realizadas después de calibración.

Una vez aplicado este mantenimiento y ajuste al equipo se soluciona el registro de fallas (figura 30), fue primordial atender esa situación, porque el equipo de soldadura ultrasónica tiene una configuración, que después de un número repetido de registros en falla, el equipo se bloquea y detiene su funcionamiento, lo que causaría el mismo escenario que se busca evitar, paro de línea.

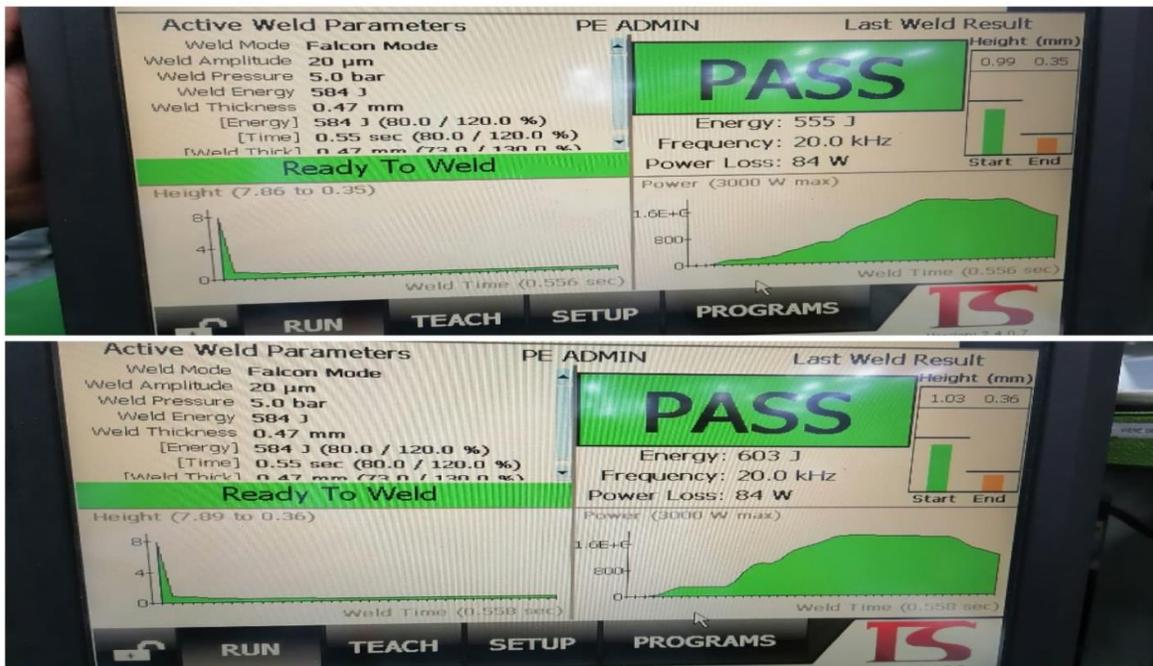


Figura 30. Ajuste de altura termina con registro de fallas en operación de equipo de soldadura ultrasónica.

Siguiendo con el plan de mantenimiento, se llegó al punto en que un lado del sonotrodo presentaba un desgaste demasiado evidente, figura 31, además la acción de corte y unión de soldadura, ya no presentaba las condiciones óptimas de operación.



Figura 31. Desgaste de sonotrodo por operación.

Así que se procede a realizar el ajuste, para eso es necesario primeramente desmontar la guía para poder tener completo acceso al sonotrodo, una vez retirada la guía, deben de aflojarse los opresores laterales, que son los encargados de dar tensión y lugar al sonotrodo.

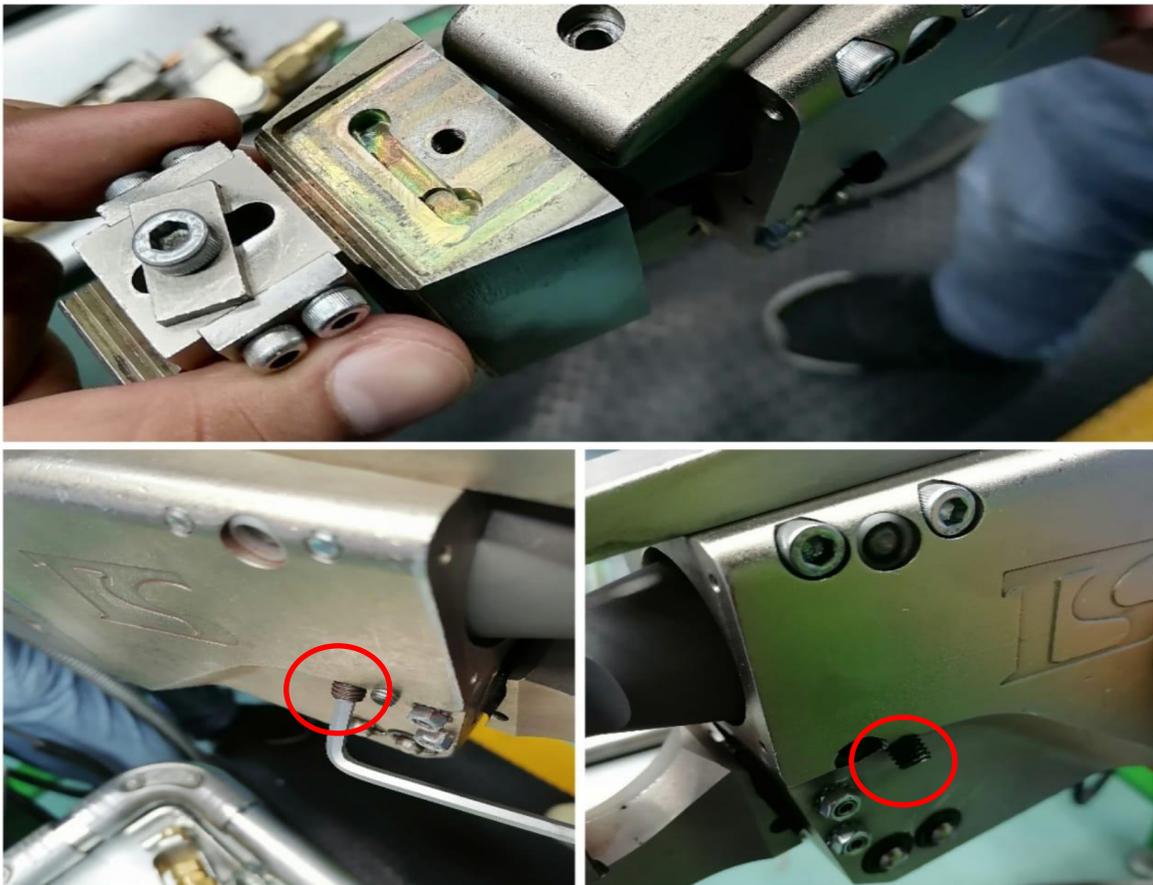


Figura 32. Parte superior: retiró de guía. Parte inferior: señalado en círculo rojo los opresores laterales del sonotrodo.

Seguido a lo anterior, se procede a dar giro al sonotrodo esto en posición a 180° con la que se encontraba, dejando alineado el filo del sonotrodo con el anvil (figura 32), una vez posicionado el sonotrodo se hace el ajuste de los opresores laterales, esto con atención de que el ajuste sea repartido de manera uniforme para lograr la posición correcta del mismo, ya que los opresores guían su posición y esta debe de mantener una pequeña separación con respecto al anvil, de ser una distancia muy cerrada, podrían colisionar, de ser una distancia muy abierta, no habría la distancia entre los tubos, por lo que no se realizaría la acción de soldadura.

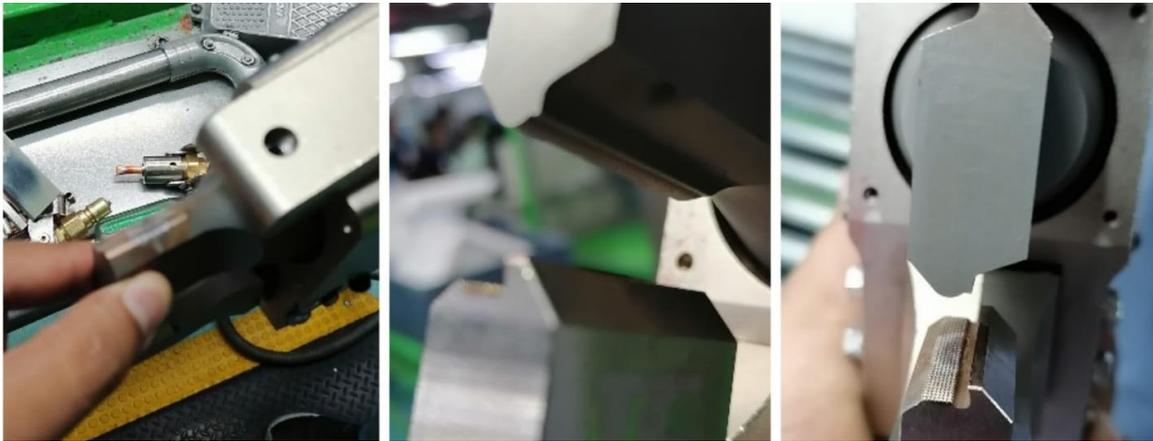


Figura 33. Giro de 180° grados al sonotrodo, alineación del nuevo filo con el anvil.

Al hacer el giro de sonotrodo, su ajuste de opresores laterales y colocación de guía, se debe de realizar la calibración de la altura como en paso anteriores se mostró, el procedimiento es exactamente el mismo, esto a razón de todo el movimiento de componentes que se realizó por realizar el giro del sonotrodo, haciendo la calibración de altura, se tiene completamente habilitado el equipo de soldadura ultrasónica.

Las dos situaciones anteriores, fueron acciones y ajustes con los que se tuvo mucha atención y cuidado debido a la situación que se estaba manejando, gracias a esas acciones y el desarrollo y el cumplimiento cabal del plan de mantenimiento especial, después de una semana y media de desabasto, se tuvieron a disposición nuevamente los elementos consumibles y se hizo el cambio en todos los equipos de soldadura ultrasónica, aunque se alargó la vida útil de los consumibles, estos ya estaban en un punto crítico, y en forma de mantener en condiciones óptimas los equipos, se realizó sus cambios por nuevos consumibles en cuanto se tuvieron disponibles.

El plan de mantenimiento especial cumplió con su propósito, el mantenimiento prolongó el número de ciclos posibles en los equipos, realizando soldadura de calidad y dentro de especificaciones, esta fue una situación fuera de lo normal, pero

gracias a la atención y colaboración, se pudo evitar los paros de línea potencial y en todo caso, demasiado críticos, y el diseño de un plan de contingencia para un futuro no esperado donde se pueda repetir tal situación, dejando evidencia y un plan como estandarización para una situación crítica como esa.

6.3 Eliminación de falla en prueba de consumo de energía

Los equipos de pruebas de consumo de compresor son equipos móviles que se desplazan a ritmo de la línea de producción en un tramo de esta. Debido a que esta prueba es de un tiempo de duración bastante prolongado como para mantenerse en un punto fijo detenidas las unidades durante esta prueba, estos equipos son desplazables. Por su tipo de funcionamiento la manera en que entregan los resultados de sus pruebas una vez terminados es mediante conexión wifi, estos equipos se conectan directamente al servidor que registra estas pruebas, en conjunto con el número de serie de la unidad para que así se realice el registro de que la unidad realizó la prueba de consumo de compresor y además la paso o en caso negativo, no cumplió con los parámetros establecidos para el consumo, y por lo tanto tiene que ser rechazada. La situación del problema se podría definir puntualmente de la siguiente manera: servidor no recibe dato de prueba de equipos para prueba de consumo compresor.

La situación se presentó particularmente en un solo equipo, los equipos que se tienen disponibles son cerca de cuarenta en una de las líneas de producción, que es donde se estaba presentando únicamente esta situación, otras líneas utilizan equipos diferentes para tal prueba. Mas sin embargo al paso de los días la situación se repetía en el resto de los demás equipos, dando como resultado un aumento exponencial en el problema de registros, ya que, al no tener un registro del consumo del compresor, la unidad no podía ser aprobada por el servidor de línea y se desviaba como una unidad rechazada, al presentarse el problema en más equipos, la cantidad de unidades rechazadas, crecía considerablemente.

Se hizo un inspección y registro en el comportamiento de los equipos y se encontró otra situación de la misma naturaleza: los equipos realizaban sus pruebas en un inicio, pero al paso de un tiempo y distancia en su recorrido, se perdía los datos de la prueba o los datos de la unidad a la que se estaba realizando la prueba en curso.

Así que se pueden resumir los inconvenientes presentado en las dos siguientes situaciones:

1. Se detecta una falla aleatoria en algunos de los equipos de prueba de consumo de compresor, ya que no se envía la información del resultado de la prueba mediante wifi.
2. Se detectan casos en los que los equipos de prueba pierden los datos de la prueba de consumo de compresor en el recorrido en conjunto con los datos de la unidad inspeccionada en ese momento.

Después de un análisis profundo del equipo, de la interacción de sus componentes internos, su forma de trabajo, conexiones y una serie de pruebas, se descubrieron las causas de las fallas de los equipos, las cuales se enlistan a continuación en la tabla 13.

Tabla 13. Causas en falla de registros prueba de consumo de compresor.

Análisis de causas en falla de registros de prueba consumo de energía.	
Causa 1	Equipos vienen de proveedor con problema de aterrizaje de tierra
Causa 2	Línea de tierra incompleta, secciones de equipos no aterrizados
Causa 3	Proveedor no valido falsos contactos y ensamblajes de partes con aislamiento.

Se llegó a las causas de falla debido a que se observó que los equipos si realizaban las pruebas correctamente, pero al momento de hacer él envió de información al servidor, no existía tal comunicación, se hizo un análisis de la red wifi, la cual se

encontraba en buenas condiciones, ya que su uso es exclusivo para esos equipos. El servidor es fijo, por lo que su conexión a internet es estable, así que los equipos son los que no realizaban envío de información, al ser equipos móviles su fuente de energía también es móvil, y al energizar los refrigeradores para el arranque del compresor, estos también son fuentes de alimentación a la vez, así que la alimentación de corriente y la distribución de su alimentación con la distribución para la energización del refrigerador era indispensable revisar. Y fue en ese estudio de la distribución de las líneas de energía eléctrica, cuando se dio con una condición: los equipos tenían una fuga de voltaje de 60V AC en toda su estructura.

Esta fuga de voltaje tiene un valor considerable y era responsable por las fallas de comunicación, debido a que la tarjeta wifi, que es la encargada de realizar la transmisión de datos, se encuentra ubicada muy cerca de la estructura del equipo, y las tarjetas electrónicas son elementos muy delicados, los cuales no pueden estar expuestos a la presencia de corrientes eléctricas, ya que generan fallas en ellas, o incluso consecuencias más catastróficas como la quema de algunos de sus elementos o la descarga eléctrica sobre uno de estos, volviéndola inservible.

El diagnóstico estaba terminado y las causas de la falla estaban descubiertas, así que se procedió a realizar un plan a fin de eliminar las fugas de voltaje culpables de las fallas de comunicación.

Para empezar con el diagnóstico, se verifican las conexiones a tierra con las que cuentan los equipos desde fabricante, y se descubrió que debido a la naturaleza del trabajo de los equipos y su capacidad de alimentar eléctricamente a los refrigeradores tiene la distribución de estos circuitos mediante sistemas de seguridad eléctrica, debido a esos equipos y la forma de interacción que tienen, son capaces de crear una discontinuidad de la tierra, negando su punto de escape el cual debería tener por diseño, pero al ser interrumpido, la tierra y corriente eléctrica busca su forma de transporte, y en este caso es a través de la estructura de los equipos.

Así que se propone una nueva ruta de distribución de tierras, en la que no importe el uso del equipo y de si este está realizando prueba o no, o la configuración con la que esté trabajando, siempre tenga un aterrizaje a tierra para evitar la fuga de voltaje. Que la tierra este distribuida correctamente y tenga sus puntos de aterrizaje específicos y por lo tanto no se fuguen por la estructura de los equipos. Esta nueva ruta de distribución de tierras se diseñó estudiando qué elementos no tiene continuidad en tierra, descubriendo el punto de discontinuidad y crear un puente entre esos dos puntos para que se mantenga la continuidad de toda la tierra por la estructura de los equipos.

El diseño de esta nueva ruta de continuidad de tierra se realiza en un solo equipo para verificar si es correcta, y efectivamente, se realiza el nuevo enrutamiento de tierra y se procede con su funcionamiento normal, se inspeccionan los puntos donde se encontraban las fugas de voltaje y el resultado con el nuevo aterrizaje son lecturas inferiores a 0.5V AC.

Comprobado la teoría de la ruta de continuidad de tierra se crea un programa de acción correctiva para que así todos los equipos puedan ser acondicionados a esta nueva condición necesaria.

Este reacondicionamiento se realizó pensando en no afectar el ritmo de producción por lo cual se atendía de 10 a 15 equipos diarios, para en un periodo no máximo a 4 días, todos los equipos ya contarán con su reacondicionamiento y por ende correcto funcionamiento, el plan se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. Plan de reacondicionamiento de equipos de consumo de energía.

Plan de reacondicionamiento a equipos de inspección para asegurar aterrizaje a tierra				
Prioridad: No afectar el ritmo de producción.				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Cantidad de equipos a reacondicionar	10	10	10	10

Todos los equipos fueron reacondicionados y revisados posteriormente, validando su eliminación de fuga de voltaje de 60V, como resultado final, los equipos trabajan en condiciones normales, se disminuyen los errores de envío de información, por lo cual los desvíos de unidades se disminuyen y los registros de defectos disminuyen por igual.

6.4 Atención colaborativa a pistolas LOKRING y desarrollo de plan de mantenimiento para delegar a producción.

La figura muestra una posición cuando las pistolas se encuentran en posición de abiertas y cerradas, cuando una pistola de LOKRING se queda pegada se queda en la posición cerrada, y aunque se accioné no realizará ningún movimiento. Aun si se intenta mover o despegar con las manos, resulta imposible, porque la fuerza hidráulica aplicada provocó una gran presión entre las piezas que componen toda la parte de las tenazas, es por eso que despegar una pistola LOKRING conlleva un trabajo complicado.

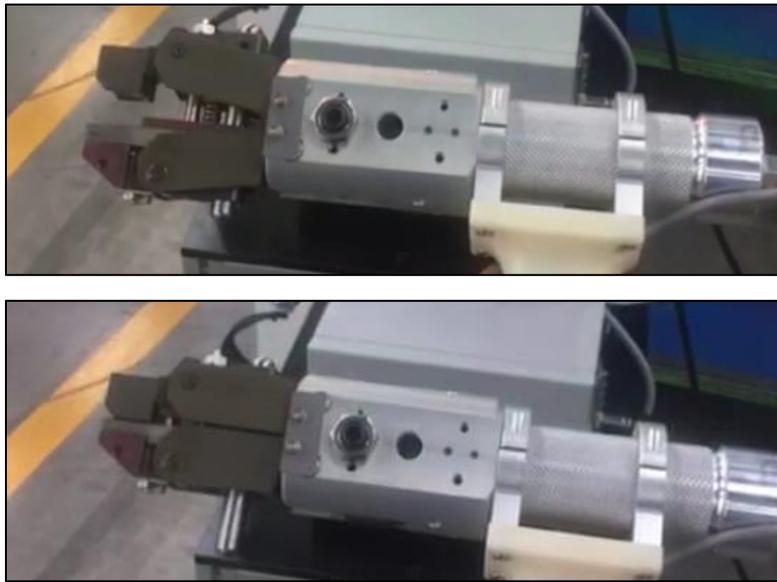


Figura 34 Arriba: Pistola LOKRING posición de abiertas. Debajo: Pistola LOKRING posición cerrada.

Para poder “despegar” una pistola LOKRING, es necesario desarmar una gran mayoría de sus piezas y pernos sujetadores, para así liberar la presión acumulada entre componentes y estos se suelten, estos pernos están señalados en la figura 35.

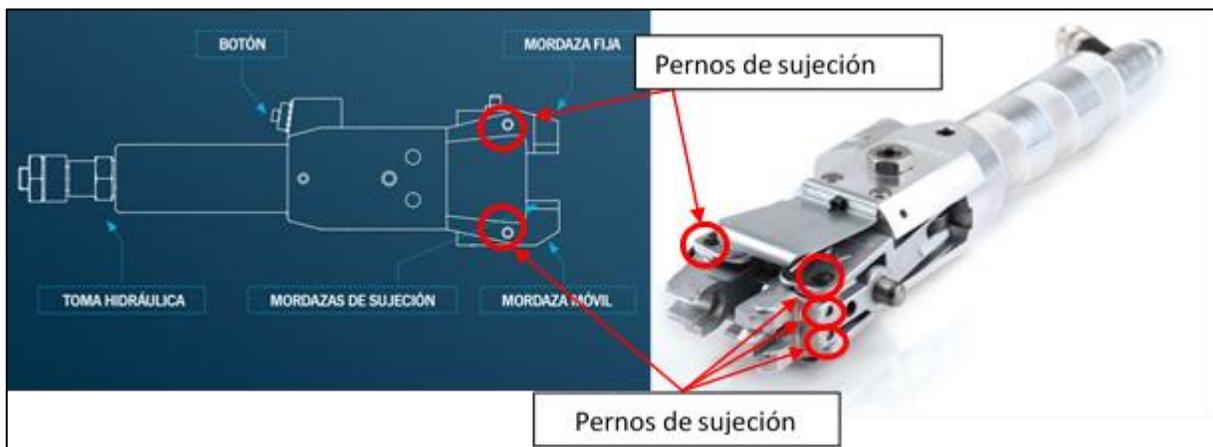


Figura 35. Ubicación de pernos de sujeción. Fuente: vulkan.com

El proceso para retirar los pernos, no puede realizarse de una forma más sencilla, que aplicando fuerza sobre ellos, están generando una presión sobre los demás

componentes, y en conjunto generan que la pistola se quede “trabada” en esa posición sin poder moverse, la fuerza la aplicamos con algunos golpes sobre el perno, para que este se vaya recorriendo de su posición hasta que pueda salir completamente, y de esta manera liberar la presión y permitir el movimiento, se puede observar esto en la figura 36.



Figura 36. Retiro de pernos para despegar pistola LOKRING.

Hay ocasiones que, si es necesario retirar los pernos de la mordaza móvil y la mordaza fija para poder liberar la pistola de posición de cerrada, pero en otras ocasiones las mordazas tienen los sujetadores pegados, y entonces es necesario también retirar esos pernos para liberar los sujetadores. En la figura 34 se puede observar esta última situación, ya se logró liberar la mordaza móvil y la mordaza fija, más los sujetadores aún permanecían pegados, es por eso que se necesitó retirar también esos pernos. La duración de este proceso fue de 20-25 minutos, ese tiempo correspondió a un paro de línea, ya que no se tenían disponibles repuestos de esta medida de pistola.

Ante las consecuencias por el incidente se llegó a un acuerdo entre el grupo de ingenieros para realizar un mantenimiento de la pistola LOKRING a fin de evitar nuevamente paros de línea. Los pernos centrales que son los que posibilitan el

movimiento de las mordazas, necesitan mantener un grado de deslizamiento, para esto, se lubrica esta zona con aceite para tener un mejor deslizamiento, además, la contaminación que se presenta en los sujetadores, como estos mantienen contacto directo la unión, y sobre la unión se agrega el LOKPREP, el sobrante del LOKPREP puede escurrir sobre los sujetadores y las mordazas, y esto también impide el deslizamiento de los elementos, por lo cual se requiere de una constante limpieza y lubricación.

Se llegó a la decisión de que el mantenimiento será realizado por el personal de producción, debido a que ellos no estén tan familiarizados con el sistema de funcionamiento de la pistola LOKRING, con las partes que la conforman, se realizó un estándar de trabajo, para realizar la limpieza y humectación.

El estándar de trabajo se realizó e implementó para las tres líneas de producción, buscando así que el equipo de soldadura LOKRING no solo no se pueda pegar, si no que tenga la finalidad de lograr una extensión a la vida útil de las pistolas LOKRING, un mejor desempeño, un mejor sellado de los anillos y que esto se traduzca en un registro de menos defectos en los puntos de soldadura.

Se hizo una tabla de la cantidad de incidentes con pistola de LOKRING pegada antes de aplicar el mantenimiento por parte de producción, en comparación con semanas después de aplicar el estándar de trabajo, se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Registro de incidentes de pistola LOKRING pegadas antes y después de aplicación de estándar de trabajo.

Comparativa de incidentes de pistola pegada					
Pistolas en funcionamiento normal		Pistola pegada			
					
Semanas antes de aplicar instructivo de trabajo					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes

Semana 1					
Semana 2					
Semana 3					
Semanas después de aplicar instructivo de trabajo					
Semana 1					
Semana 2					
Semana 3					

Se puede observar que la tabla en la semana 3 después de aplicar el instructivo de trabajo, se tuvo un incidente con una pistola pegada, la cual después de realizar la investigación, se descubrió que el segundo turno, no había realizado su mantenimiento correspondiente, el resultado de no haber realizado el mantenimiento correspondiente por parte del proceso de producción, más, si el mantenimiento, se hubiera realizado, no se habría presentado la incidencia, y se tendría el 100% de efectividad en contra de provocar incidentes.

6.5 Estandarización de operación para evitar fallas de DRAIN TESTER.

El equipo de Hose drain tenía una alarma de baja presión por posibles filtros sucios. Al revisar el valor de presión, el valor se encontraba por debajo del parámetro de especificación (tabla 16), por lo cual se puede realizar entonces la revisión y determinar la causa de la alarma.

Tabla 16. Valores de presión NG en Hose Drain.

Spec	Value	Result
3100-4100	2970	NG

El equipo está montado sobre dos robots que realizan la acción de conectar las mangueras directamente hacia los gabinetes, así que el diagnóstico se realizó en apoyo del área de automatización.

Se realizó la evaluación equipo Hose Drain y se encontró que las causas de la baja presión en el flujo de succión, y se encontró la siguiente causa: Se encontró suciedad y partículas de poliuretano en las mangueras y filtros del equipo, la válvula direccional tenía trozos de esponja.

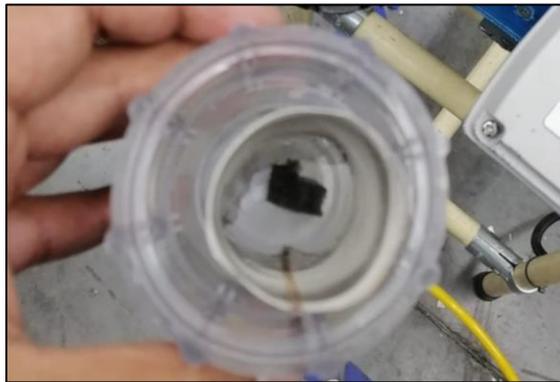


Figura 37. Resto de esponja en filtro en equipo DRAIN TESTER.

La solución al problema fue:

1. Limpiar los filtros y retirar los restos de esponja.
2. Sopletear mangueras, filtros y blower retirando restos de poliuretano
3. Desmontar válvula direccional y remover toda la suciedad que bloqueaba a los elementos de la presión de aspirado.

Aunque la solución fue completa y correcta, solo unos días después se volvió a presentar, volviendo a realizar el mismo proceso y arreglando la solución, más nuevamente se vuelve a presentar más constante y con más recurrencia, llevando al equipo a alarmarse tres veces al día por la misma situación. Debido a esta situación se necesitó de plantear una solución que eliminara la recurrencia del problema en el equipo.

La forma de solucionar la recurrencia era hacer una limpieza constante del equipo para así quitar cualquier elemento que pueda entrar por las mangueras y entonces disminuir el flujo de succión. Pero debido a la carga de trabajo, resulta difícil que en todas las ocasiones se pueda atender a la limpieza de estos filtros, fue por eso que la responsabilidad de hacer la limpieza de los filtros se le delegó al área de producción, más, sin embargo, se requiere de un estándar de trabajo para poder realizar la limpieza de los filtros, debido a la rotación de personal y a su desconocimiento de cómo realizar tal acción. Así que se procedió a realizar el estándar de trabajo, la tabla 17 muestra un aproximado del estándar de trabajo que se realizó.

Tabla 17. Estándar de trabajo para limpieza de filtros equipo HOSE DRAIN.

Estándar de trabajo para limpieza de filtros en EQUIPO HOSE DRAIN		
Se debe de realizar DIARIAMENTE, 3 VECES POR TURNO		
<p>1.- Identificar los dos filtros, ubicados en la parte de abajo en los lados de la máquina.</p> 	<p>2.- Retirar los filtros tomando la tapa transparente y girando hacia la izquierda.</p> 	<p>3.- Sacar el cilindro de malla de la tapa transparente.</p> 
<p>4.- Sopletear cada cosa por separado para retirar toda basura que pueda tener.</p> 	<p>5. Con ayuda de una herramienta de gancho retirar restos que no se quitaron sopleteando.</p> 	<p>6.- Volver a armar el filtro poniendo el cilindro de malla en la tapa transparente y volver a enroscar en su base.</p> 

Haber realizado este estándar es con el propósito de lograr que el personal de producción que se encuentre en la operación tenga la capacidad y el conocimiento para realizar tal limpieza, este equipo solo se encuentra dentro de las líneas de producción, más, sin embargo, sigue el propósito del presente proyecto, lograr la estandarización en líneas producción.

A partir de aplicar el estándar de trabajo y gracias al apoyo del personal de producción, se logró reducir a cero la frecuencia de la alarma por baja presión del flujo de succión, debido a la obstrucción de filtros o mangueras, teniendo un gran resultado en la creación y aplicación de la estandarización.

6.6 Análisis de causa de falla en equipos pressure.

Se tuvo un periodo continuo donde las unidades que entraban a pruebas de inspección por diferencia de presión tenían resultados negativos. Y se detectó que ese comportamiento si era causado por el equipo y un trabajo deficiente por su parte.

Los equipos para pruebas de diferencia de presión, funcionan haciendo una inyección de aire a presión y midiendo la diferencia entre la presión de entrada y salida, se observó el problema: La presión entregada por el equipo está por encima de la especificación. La especificación se debe de encontrar en un parámetro de 0.300-0.500 para la presión entregada por el equipo pressure. La figura muestra que la presión entregada se encontraba en 0.603 (figura 38), muy por encima de la especificación, lo que causaba que las unidades resultaran negativas en su prueba de inspección.



Figura 38. Valor de presión fuera de especificación entregada por equipo pressure.

6.6.1 Acción inmediata.

Una vez que se identificó que la causa de los rechazos en las pruebas de las unidades era la entrega elevada de presión, se procedió a realizar la regulación de la presión entregada (figura 39), bajando así el valor de presión entregada y que este pudiera entrar en la especificación, la regulación se hizo mediante una válvula manual que tiene el quipo y regula la entrega por parte de las bombas generadoras de presión hacia los gabinetes. La válvula tiene un ajustador de roscado, así que solo basto con girar la perilla de la válvula y verificar que se redujo el valor de presión, para así tener una correcta entrega de presión y por ende un correcto funcionamiento del equipo y las pruebas que realizaba.

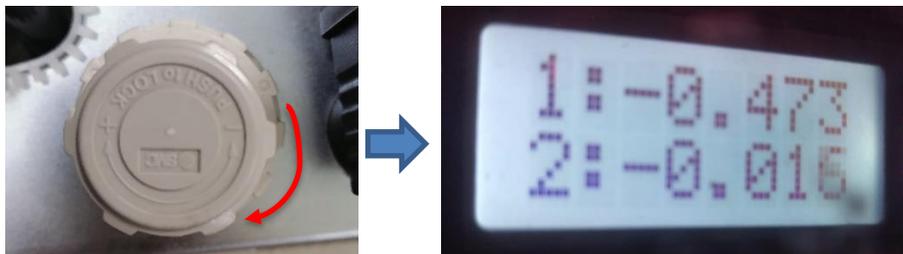


Figura 39. Regulación de presión entregada mediante válvula manual.

6.6.2 Diagnóstico profundo.

Aunque la situación de las fallas de inspección por diferencia de presión se solucionó con la acción correctiva mencionada en el punto anterior, al paso de unos

días se volvió a presentar la misma situación. Los equipos inspeccionados con ese equipo pressure volvían a salir negativos en la prueba de diferencia de presión.

La recurrencia en este problema y el haberse presentado en la nueva línea de producción, llamó la atención de los gerentes del área de ingeniería, por lo cual exigieron que se hiciera una búsqueda a fondo cuáles eran las causas de la falla de los equipos pressure, debido principalmente a que las unidades al tener un fallo en la prueba de diferencia de presión se detectan automáticamente como defectos en las unidades fabricados, cuando la realidad era que el equipo pressure era el culpable de realizar la falla en la prueba.

Primeramente, pidieron que al observar la acción que se realizó, primeramente, que fue el ajuste de la válvula manual, se agregara una ayuda visual a manera de observar cuál era la correcta posición de la apertura de esa válvula y como saber que se estaba manipulando correctamente. Ya que debajo de esa válvula se encuentra un manómetro análogo que muestra la salida de presión dependiendo de la posición de la perilla de la válvula. Se procedió a realizar esa ayuda visual, y el resultado se muestra en la figura 40.

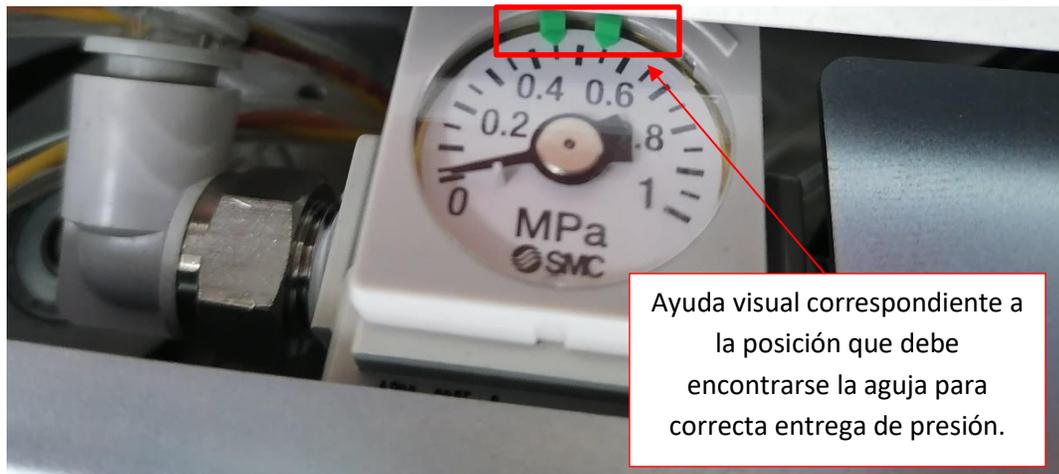


Figura 40. Ayuda visual en manómetro para válvula de equipo pressure.

Después de realizar la ayuda visual, se procedió a hacer un diagnóstico profundo al equipo pressure. Y el resultado fue el siguiente: se detectó un componente en la tarjeta pcb del equipo, se muestra en la figura 41.

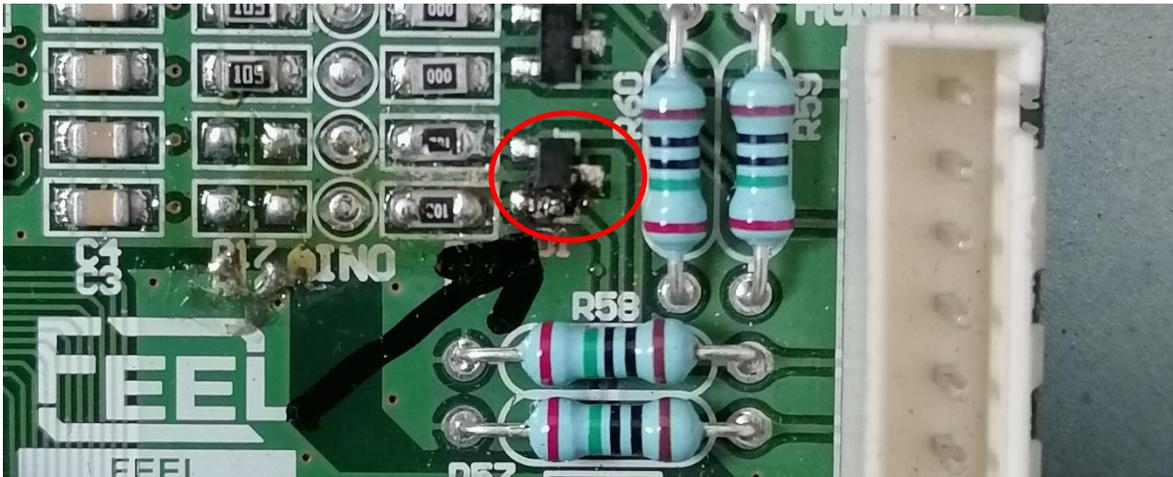


Figura 41. Ubicación de componente quemado en tarjeta pcb de equipo pressure.

El elemento quemado que se señala en la figura 41 es un elemento que protege los demás elementos de la tarjeta contra sobretensiones y picos de voltaje, bloqueando el voltaje que viaje simultáneamente con la alimentación de la tarjeta, y este por encima del que debe de recibir, presentando un riesgo para los elementos. Cuando se supera el voltaje de alimentación este elemento se encarga de hacer un desvío del voltaje extra, se pone en cortocircuito con el voltaje de tierra o se puede bloquear. Este elemento de voltaje es un diodo zener.

El diodo zener está diseñado para mantener un voltaje constante en sus terminales, al conectarlo en polarización inversa este funciona como un regulador de voltaje y así mantener un valor estable específico de voltaje deseado, pero cuando se excede de la corriente máxima soportada este se sobrecalienta hasta quemarse, abriéndose o poniéndose en corto y así protegiendo al circuito en su último intento, que es lo que se observa en la figura 41, el diodo recibió una corriente que excedió su capacidad, llevándolo a sobrecalentarse hasta quemarse.

La tarjeta quedó afectada en la sección encargada del control de las entradas y salidas del equipo pressure. A razón de eso no se tenía un óptimo control de los

valores entregados por el equipo y existía la variación de la presión entregada en parámetros fuera de especificación.

Una vez detectada esta condición se procedió a realizar un reporte de fallas en equipo, que fue enviado a la gerencia del área de ingeniería informando las causas del problema y que se detectó la irregularidad en el comportamiento del equipo.

6.6.3 FTA para analizar causas de tarjeta quemada.

El reporte anterior, una vez recibido por la gerencia del área de ingeniería, fue expuesto hacia el presidente de la planta SEM-P, debido a que estaba atento de la situación tan alarmante de defectos generados en la prueba de diferencia de presión. Una vez que la situación fue expuesta ante el presidente, este pidió que se realizará una investigación de las causas que llevaron a la quema de la tarjeta, con el propósito de que no vuelva a repetir y que una vez identificada se tomarán medidas al respecto.

Ante la petición del presidente se decidió realizar un FTA, exponiendo así todas las posibles causas que llevaron a que la tarjeta madre del equipo pressure se quemara. El FTA completo se encuentra en la sección de anexos, corresponde al anexo 1. Una vez realizado se presentó y explicó a la gerencia de Ingeniería demostrando que estaban satisfechos con los resultados y el desarrollo de análisis realizado, el FTA tuvo un resultado positivo y cumplió con todo lo requerido, de igual manera se presentó al presidente de la planta SAMSUNG ELECTRONICS para su análisis, respondiendo de igual forma de manera positiva.

6.7 Baratron Semanal y mejora de atención a bombas de vacío.

La realización de la actividad semanal de tomar medida a las bombas de vacío para verificar su capacidad de realizar el vacío requerido para los refrigeradores se hizo mediante un manómetro de capacitancia tipo Baratron, conectado a un equipo especial desarrollado por SAMSUNG, con el fin de usar tal equipo para el fin de saber datos precisos de vacío generado por las bombas, aunque las bombas en su

sistema interno tienen una función para medir el caudal de vacío generado, este resulta ser lento e inexacto, es por eso que el equipo se usa para obtener lecturas precisas y confiables de la capacidad y desempeño de trabajo de las bombas.

En un inicio esta actividad solo se realizaba en dos de las líneas de producción, pero al paso de unas semanas se implementa de igual manera en la tercera y nueva línea de producción, que aunque pareciera algo innecesario debido a que las bombas instaladas eran completamente nuevas, se esperaba un desempeño excelente de su parte, el propósito de la actividad era detectar un comportamiento inusual como primer síntoma a una posible falla, y entonces atenderlo de manera sencilla, y no posponerlo hasta que ese síntoma se convirtiera en una falla grave, que llevara a tener que realizar un arreglo mayor, más costoso, y principalmente, que involucre un mayor tiempo de reparación, que llevaría a un mayor tiempo de la celda deshabilitada donde se encuentre esa bomba, provocando un avance más lento en la línea y creando afectación en los números de producción. Así que se puede definir que el propósito de esta actividad era meramente preventivo.

Así que por la naturaleza de esta acción se espera que las bombas se mantengan en óptimas condiciones y los resultados sean un trabajo estable y funcional de todas ellas en las tres líneas de producción, reduciendo la cantidad de gabinetes registrados con una falla de vacío, ya que esta falla, aunque en veces era causado por las condiciones de la tubería de los gabinetes.

Algunas ocasiones podía ser resultado del trabajo ineficiente de las bombas, debido a que, si la bomba no tenía la capacidad de realizar el vacío después de varios intentos, esta se desviaba de la línea hacia su revisión y re trabajo, pero en ocasiones no tenían causa de falla, si no, la bomba en sus varios intentos no fue capaz de hacer un correcto trabajo. Así que otro de los resultados es disminuir ese número de desviaciones y registros de defectos a causa de las condiciones de las bombas de vacío.

Y ambos resultados se obtuvieron, en el transcurso de las semanas de implementar la toma de medida semanales de la calidad de vacío en las bombas, se pueden observar en la tabla 18.

Tabla 18. Registro de resultados en Baratron semanal.

Registro de atención a Baratron semanal			
Semana	Cantidad de bombas con valores deficientes, y requieren de atención preventiva.		
	Línea A	Línea B	Línea C
W09	3	4	0
W10	2	2	0
W11	1	2	0
W12	0	2	0
W13	0	0	1
W14	1	0	0
W15	0	1	0
W16	0	0	0
W17	0	0	0

6.8 Reducción de defectos en la operación con la tasa más alta de generación de defectos.

El desglose de los ocho pasos en propósito de la reducción de defectos para la operación que más generó defectos, en las operaciones con equipos a cargo del área de ingeniería, se presenta a continuación:

6.8.1 Paso 1: Definir y analizar la magnitud del problema.

La hoja de registro de datos, indica los defectos presentados en las tres líneas de producción, en las semanas correspondientes a las seleccionadas para recolección de datos. La cantidad de cada uno correspondientemente, se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Defectos registrados en las tres líneas de producción (W06-W10).

DEFECTOS LINEA A						
Tipo de defecto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Total por defecto
Defecto de vacío	52	68	68	64	77	329
Material externo	0	0	0	0	9	9
Mal ensamble	0	1	0	0	10	11
Tubería fisurada	0	0	0	0	1	1
TOTAL	52	69	68	64	97	
DEFECTOS LINEA B						
Tipo de defecto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Total por defecto
Defecto de vacío	10	37	27	17	21	112
Material externo	0	0	0	0	0	0
Mal ensamble	0	8	2	1	0	11
Tubería fisurada	0	0	0	0	0	0
TOTAL	10	45	29	18	21	
DEFECTOS LINEA C						
Tipo de defecto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Total por defecto
Defecto de vacío	100	154	293	99	80	726
Material externo	0	0	0	0	1	1

Capítulo 6. Resultados.

Mal ensamble	0	1	0	0	0	1
Tubería fisurada	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100	155	293	99	81	

La información presentada en la tabla 19, nos muestra una clasificación de cuatro defectos que se presentan en los equipos a cargo de ingeniería (Defecto de vacío, material externo, mal ensamble, tubería fisurada), este comportamiento es común en las tres líneas de producción.

Por lo tanto, en vista del comportamiento similar del defecto presentado, se procede a realizar una estratificación y posteriormente un diagrama de Pareto, desglosando puntualmente los defectos de vacío, ya que esta sección es la que tiene el mayor número de defectos registrados, y así analizar la categoría de defectos dentro de esta sección.

La estratificación mostrada en la tabla 20, 21 y 22 corresponde a la ubicación específica del defecto de vacío, la estratificación se realizará para cada línea individualmente, para así observar el comportamiento que muestra cada una y determinar si se tiene similitud entre ellas.

En la tabla 20, 21 y 22 se muestra la estratificación correspondiente a los defectos de vacío, de las tres líneas de producción. Los defectos de vacío son considerados aquellos defectos en los que se tiene alguna abertura o punto de fuga en el sistema de refrigeración, esto a su vez genera, durante la operación de vacío del refrigerador, un vacío de forma ineficiente o incompleta, inclusive incapaz de realizar, y/o fugas de gas refrigerante. A razón de lo anterior, el defecto se genera en una operación que involucra la unión del sistema de tuberías para el gas refrigerante de cada unidad. Dentro de estas operaciones, se encuentra soldadura. Y acertadamente se puede observar en la tabla 20, 21 y 22 ya que la mayoría de ubicaciones corresponde a puntos de soldadura.

Capítulo 6. Resultados.

Tabla 20. . Estratificación de ubicación de defectos Línea A.

LINEA A (W09-W10)				
Ubicación de los defectos	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
p10	103	33.33%	103	33.33%
p20	67	21.68%	170	55.02%
p18	46	14.89%	216	69.90%
p8	33	10.68%	249	80.58%
p4	31	10.03%	280	90.61%
p6	29	9.39%	309	100.00%
TOTAL	309	100.00%		

Tabla 21. Estratificación de ubicación de defectos Línea B.

LINEA B (W09-W10)				
Ubicación de los defectos	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
p4	125	53.88%	125	53.88%
p9	34	14.66%	159	68.53%
p10	23	9.91%	182	78.45%
p6	22	9.48%	204	87.93%
jig	14	6.03%	218	93.97%
p21	14	6.03%	232	100.00%
TOTAL	232	100.00%		

Tabla 22. Estratificación de ubicación de defectos Línea C.

LINEA C (W09-W10)				
Ubicación de los defectos	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
p6	232	31.74%	232	31.74%
p4	145	19.84%	377	51.57%
p10	107	14.64%	484	66.21%
p28	102	13.95%	586	80.16%
p9	86	11.76%	672	91.93%
p16	59	8.07%	731	100.00%
TOTAL	731	100.00%		

La ubicación específica de cada lugar donde se realiza la operación de soldadura, se le da el nombre de “punto de soldadura”, seguido de esto se le asigna un número,

esto a manera de asignar un código de identificación a cada ubicación específica, ya que, dentro de las unidades, existen diversos puntos de soldadura, además las unidades no cuentan con los mismos puntos de soldadura, esto varía dependiendo del modelo, especificaciones, capacidad, performance, entre otros.

Así que podemos afirmar que la mayoría de defectos de vacío, resultan de la operación de soldadura. Se busca ser más específico en la ubicación de los defectos, reduciendo a las ubicaciones que abarcan la mayor cantidad de defectos generados, así que, se procede a realizar un diagrama de Pareto, para el análisis de la estratificación de la tabla 20, 21 y 22 respectivamente.

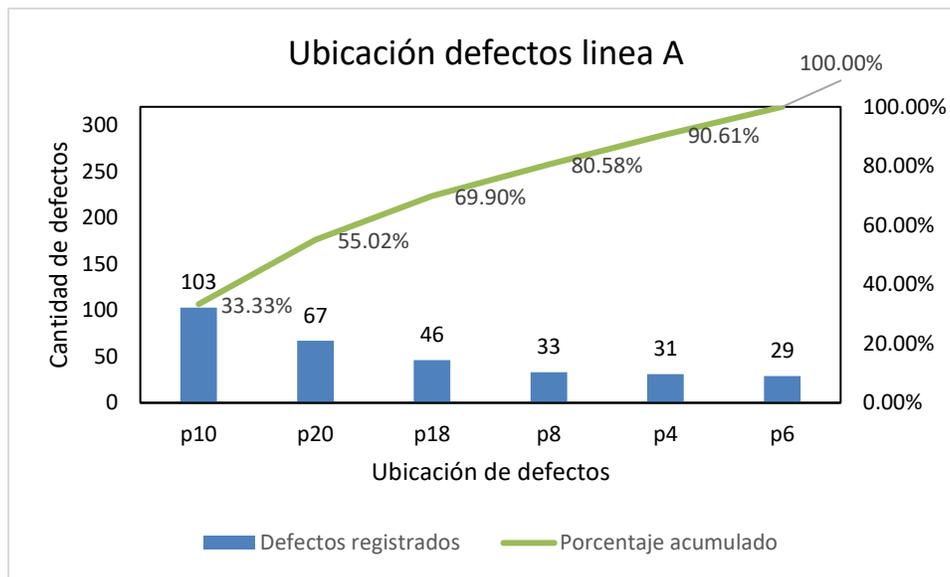


Gráfico 1. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea A.

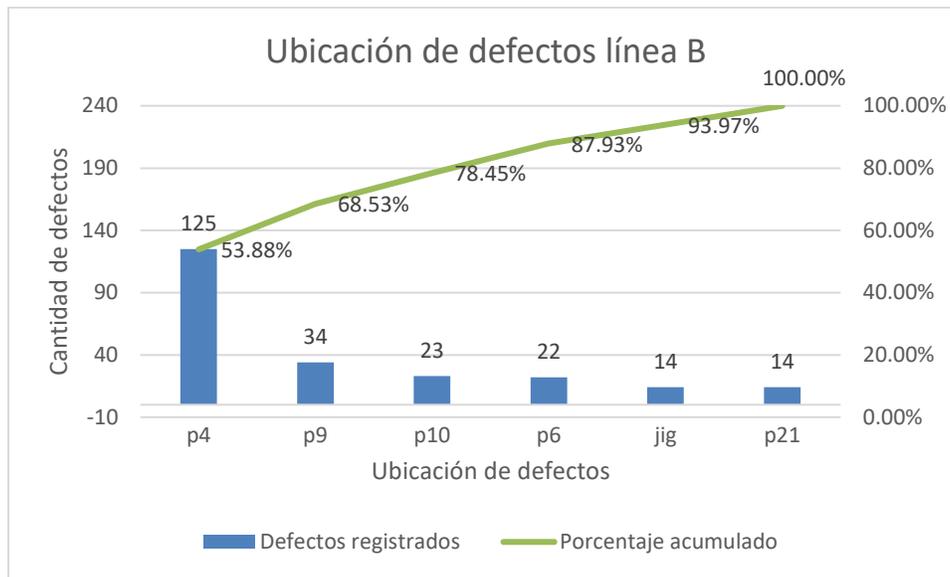


Gráfico 2. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea B.

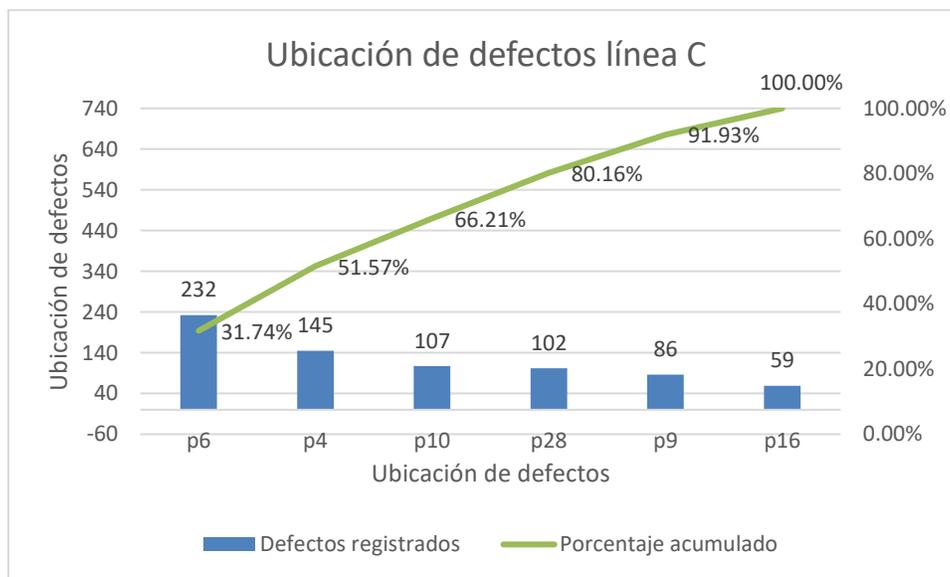


Gráfico 3. Diagrama de Pareto: Ubicación de defectos línea C.

Los diagramas de Pareto correspondientes a la estratificación, dan una visión individual de cada línea de producción, y se puede observar un comportamiento peculiar, ya que las ubicaciones no se repiten, cada línea de producción tiene

ubicaciones distintas para sus valores más altos de defectos registrados, ante esta situación, es claro como existe una ventana de oportunidad para lograr la estandarización que se busca en las tres líneas. Se puede observar en la grafico 1, como la mayoría de los defectos se ubican en el p10, mientras que en línea B (gráfico 2), se ubica en la tercera posición de mayor registro, y en línea C (gráfico 3) en su tercera posición. En línea B (gráfico 2), la ubicación de defecto con mayor incidencia es p4, mientras que en línea A (gráfico 1) se encuentra en quinta posición y en C (grafico 3) en segundo lugar. Y para línea C su ubicación más repetida en generación de defectos es p6, mientras que en línea B (gráfico 2) se encuentra en la cuarta posición y en línea A (gráfico 1) hasta su sexta posición.

A manera de lograr la estandarización de las tres líneas, se procede a hacer un análisis de manera global para las tres líneas, con las ubicaciones de los defectos presentados en la información anterior. Primeramente, se realiza una estratificación con las ubicaciones de defectos de vacío para seguido a eso realizar un Pareto de segundo nivel y entonces obtener las ubicaciones críticas en un entorno que involucra a las tres líneas en un conjunto de manejo de datos y así trabajar simultáneamente con las tres líneas de producción. La estratificación correspondiente a este paso se muestra en la tabla 23 y su Pareto correspondiente en el gráfico 4.

Tabla 23. . Estratificación: Ubicación de defectos del conglomerado de las tres líneas de producción.

Ubicación de defectos	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
p10	573	35.11%	673	38.86%
p4	341	20.89%	1014	58.55%
p6	323	19.79%	1337	77.19%
p9	82	5.02%	1419	81.93%
p28	80	4.90%	1499	86.55%
p20	67	4.11%	1566	90.42%
p16	59	3.62%	1625	93.82%
p18	46	2.82%	1671	96.48%
p8	33	2.02%	1704	98.38%

p21	14	0.86%	1718	99.19%
jig	14	0.86%	1732	100.00%
TOTAL	1632	100.00%		

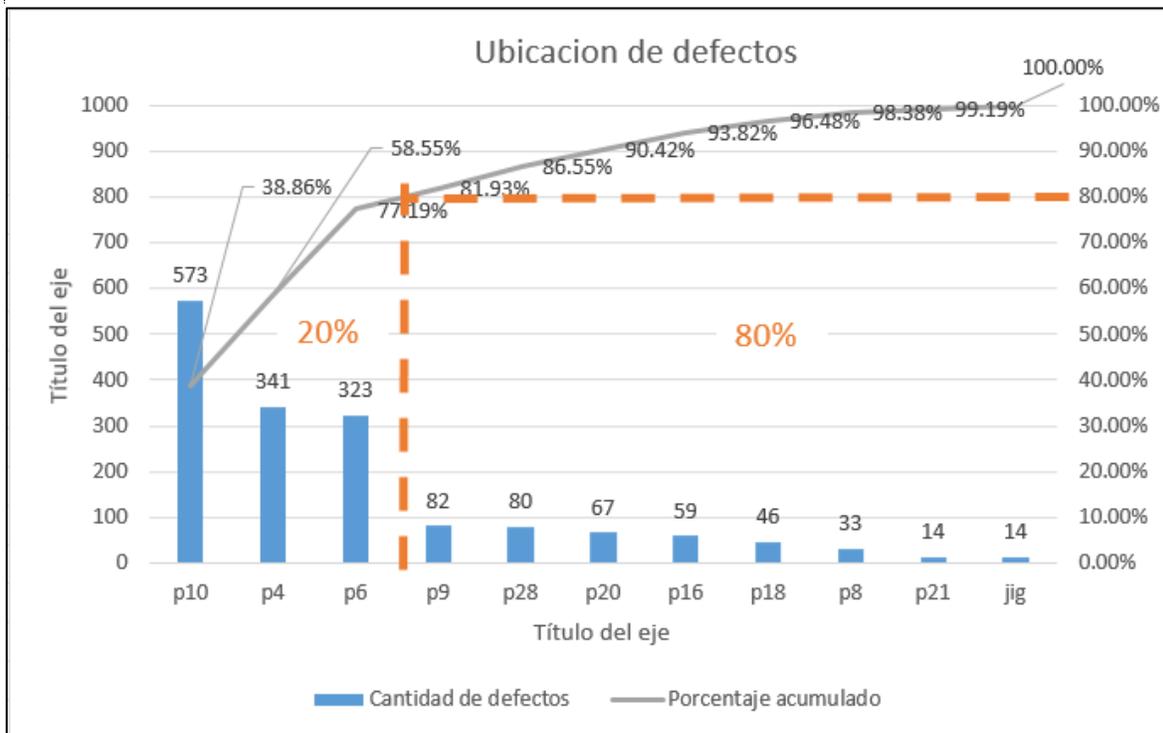


Gráfico 4. Diagrama de Pareto de segundo nivel: Ubicación de defectos del conglomerado de las tres líneas de producción.

El análisis del diagrama de Pareto del gráfico 4, arroja las ubicaciones que aglomeran el mayor número de defectos, hablando en el entorno donde se trabaja con las tres líneas en conjunto, por tanto, deben ser las ubicaciones a trabajar en este proyecto de mejora, y estas corresponden a puntos de soldadura: p10, p4, p6.

A continuación, se realiza un análisis de los puntos seleccionados para tener su ubicación física dentro de los refrigeradores y así poder obtener el equipo que es utilizado para la realización de la operación en ese punto en específico.

La figura 46 muestra las ubicaciones de los puntos p10, p4 y p6.

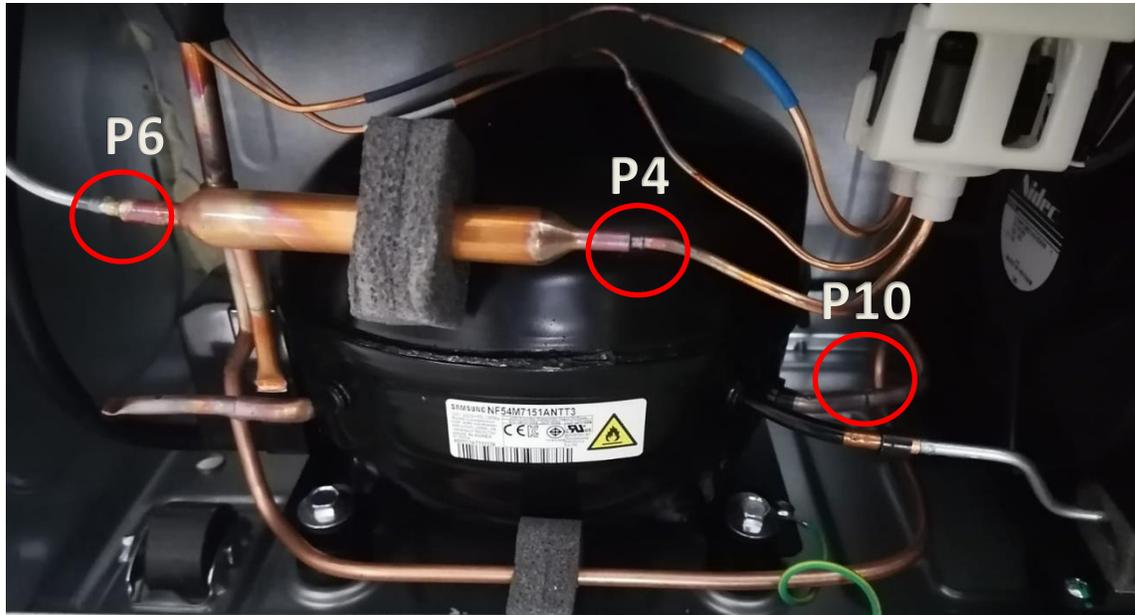


Figura 42. Ubicación de los puntos de soldadura p10, p6 y p4.

Ahora con los puntos identificados visualmente, podemos definir cuál es el equipo que se utiliza para realizar la unión en esos puntos en específico, y en conjunto, los tres puntos comparten que son realizados con equipos de soldadura de alta frecuencia, así que todo el análisis realizado lleva a que la operación que será candidata en este proyecto es soldadura de alta frecuencia en esas tres ubicaciones específicamente.

6.8.2 Buscar todas las causas posibles.

Para la atención en la realización de este paso, se procede a hacer un análisis de la operación de soldadura realizada con el equipo de alta frecuencia, esto corresponde a realizar la observación del problema y así completar el escenario de la operación. Aunque la visualización es limitada, debido a la imposibilidad de mostrar los equipos, se presentaran ayudas visuales que ejemplifica con la mayor exactitud el proceso.

La operación de soldadura por alta frecuencia se realiza de la siguiente manera:

1.- Se verifica que la máquina de alta frecuencia se encuentre encendida.

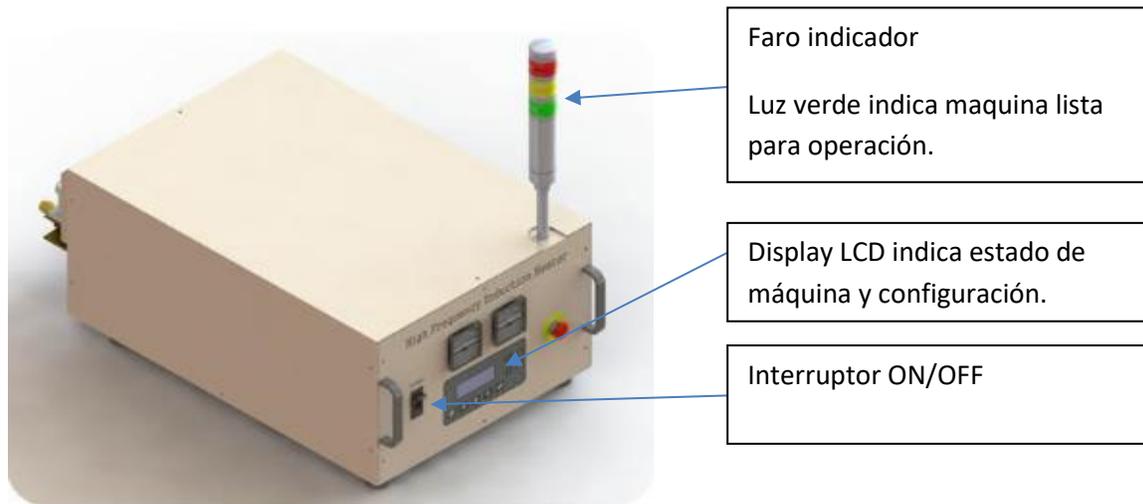


Figura 43. Generador para máquina soldadora de alta frecuencia. Fuente: OSUNG HITEC

En caso de no encontrarse encendida, se enciende accionando el interruptor señalado en la figura 47 y ubicando en la posición ON, y esperar a que el equipo logre la carga

La figura 47 muestra un ejemplo de un módulo generador para la estación de soldadura de alta frecuencia, en la carátula frontal se puede encontrar el interruptor de encendido/apagado, el módulo de ajustes que está enlazado a una pequeña pantalla LCD y así realizar distintas configuraciones y ajustes al equipo. Un botón de paro de emergencia. Una torre luminosa que sirve como un indicador visual al operador de la máquina, la cual cuenta con tres colores, verde indica condiciones favorables por tanto se puede realizar operaciones, amarillo indica un estado de espera o ajuste y rojo indica un error o advertencia por lo tanto no puede soldar en esa condición.

2.- Que el indicador de READY se muestre en pantalla, esto debido a que el equipo debe de alcanzar un valor de voltaje y amperaje para que pueda iniciar su proceso

de operación, si el equipo recién se enciende, requiere de un momento para alcanzar ese valor.

3.- Revisar que el herramental de soldadura se encuentre en buenas condiciones y que sea del color correspondiente.

Existe un código de colores para el workcoil. El workcoil son las bobinas encontradas en la punta del herramental y tienen un contacto con la tubería y son las encargadas de llevar el calor capaz de llegar hasta el grado de fusión. Como cada estación de soldadura es responsable de realizar los puntos que se le asignen, la máquina tiene un color previamente asignado, así que este debe de ser el mismo, a menos de que se presente una situación extraordinaria.

4.- Colocar manguera de nitrógeno para realizar barrido de nitrógeno (figura 48).

Se realiza un barrido de nitrógeno como un método que se utiliza para remover la oxidación que se forme al momento de soldar, el nitrógeno evita la corrosión dentro del tubo. De no realizarse el barrido de nitrógeno la capa de oxidación se acumula siendo un factor de obstrucción en la tubería.

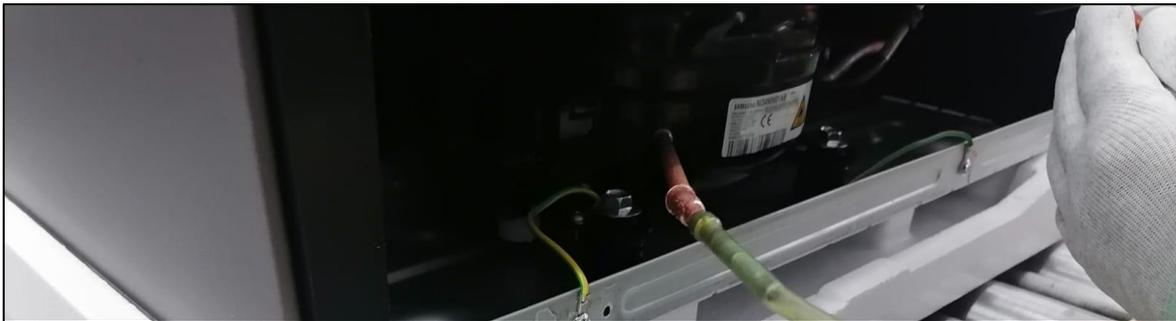


Figura 44. Conexión de tubería para barrido de nitrógeno.

5.- Tomar la pistola de alta frecuencia y colocar el workcoil hasta topar con el punto a soldar.

Se debe de revisar que el anillo de soldadura, que es el material de aporte, debe de encontrarse en la posición cercana a la unión y cercana a la guía, para que pueda

estar en el rango de calentamiento y así ser fundido con el metal base. La figura 49 muestra un ejemplo de cómo es una pistola de alta frecuencia.

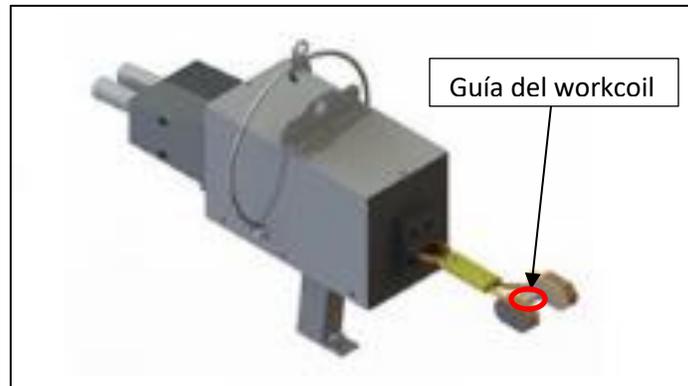


Figura 45. Pistola de Alta frecuencia. Fuente OSUNG HITEC.

Todos los workcoil cuentan con una guía en ellos mismos que sirve para poder reconocer cual es el punto óptimo de distancia y posición con respecto al punto a soldar, por eso es ideal que exista el contacto entre el tubo a soldar y la guía del workcoil.



6.- Presionar el switch de la pistola y calentar hasta que el anillo de soldadura (material de aporte) se funda en el punto de soldadura.

7.- Repetir los pasos 4,5 y 6 en los puntos restantes del conjunto de los tres puntos a soldar (p10, p4 y p6), cual sea de los tres que falte por soldar.

8.- Finalizar el barrido de nitrógeno retirando la manguera del tubo.

Los pasos anteriores describieron la operación de soldadura, claramente se pueden presentar variaciones en la realización de los pasos, aun con el detalle de la descripción de cada uno, esto debido a la variabilidad que se presenta normalmente en los procesos de producción.

En conocimiento de la operación, que dentro de esta se presenta el fenómeno de variabilidad y las causas detectadas en origen de tal defecto, es necesario identificar las causas que provocan que, en la aplicación de la soldadura de alta frecuencia, ocurre la generación de defectos, para obtener tal información se hace uso de otra herramienta de la calidad: la lluvia de ideas. La lluvia de ideas fue realizada en cooperación con expertos de la operación, entre ellos se encontraban el grupo completo de ingenieros perteneciente al departamento de equipos y pruebas de inspección, ingenieros encargados de la operación a nivel procesos del departamento de producción y algunos de los operadores con mayor antigüedad y experiencia en la soldadura de esos tres puntos específicamente.

La pregunta que se realizó a todo este grupo de personas fue la misma, con el fin de obtener la información puntual que se buscó, sin divagar hacia otros aspectos que no fueran necesariamente relevantes para la investigación, la pregunta fue: ¿Qué causa que la soldadura en p10, p6 y p4, genere tanto defecto?

Las respuestas a este cuestionamiento, se expone en la figura 49.



Gráfico 5. Lluvia de ideas: Causas de generación de defectos en p10, p6 y p4.

Se sintetizaron las respuestas en un conjunto de las más similares entre sí para dar resultado a las 6 respuestas que se muestran en el gráfico 5. Aunque las respuestas obtenidas son claras y concisas, muestran un poco de dispersión entre sí, atribuyendo a aspectos diferentes la generación de defectos.

Entonces se procedió a realizar una agrupación a las respuestas para entender el alcance de cada una de ellas, estas se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Causas y área de oportunidad en causas de la generación de defecto por soldadura de alta frecuencia.

Causa	Área encargada	Posibilidad de acción
Falta de inspección	Acciones realizadas en estación de soldadura, operador directamente involucrado	Implementar una herramienta que facilite la inspección en zona difícil de acudir

Mala posición de pistola		Idear un complemento que facilite la posición de la pistola en distintos ángulos
Operadores no capacitados	Capacitaciones y estándares a cargo de Ingeniería (Equipments) en conjunto con Producción	Elaborar un plan de capacitaciones
Tiempo incorrecto de estandarización		Revisar el tiempo de operación y actualizar en estándar de operación
Incapaz control de temperatura	Directamente en equipo de soldadura de alta frecuencia	Hacer modificaciones a los parámetros de trabajo del equipo
Forma de tubería	Diseño de tubería y unión en Performance	Trabajo en conjunto con Performance para proponer cambio de ingeniería

6.8.3 Investigar cuál es la causa más importante.

En busca de la causa más importante entre todos los factores posibles que la convierten a soldadura en una operación generadora de defecto, se hace estudio de un registro de defectos suministrado por producción, en tal se documenta, además de registrar los defectos de soldadura, se lleva un registro de la condición que se observó en el defecto y por lo tanto se realiza una estratificación, a manera de describir más detalladamente el defecto. Tales condiciones son de relevancia en esta sección de la investigación, así que tal información fue seleccionada y sintetizada en la siguiente tabla.

Tabla 25. Causas detectadas que provocan soldadura defectuosa en p10, p6 y p4. Fuente propia.

Condiciones en defectos de soldadura		
Ubicación	Condición generadora de defecto	Cantidad

p10	Falta de calentamiento	26
	Exceso de calentamiento	10
	Fisura en tubería	9
	Tapado	3
p6	Exceso de calentamiento	23
	Falta de calentamiento	17
	Tapado	5
	Exceso de soldadura/3ro consumo	2
	Tubería tapada por exceso de soldadura	1
p4	Falta de calentamiento	3
	Exceso de calentamiento	36

Se realiza un análisis de la información obtenida en la tabla 25, presentándose gráficamente en conjunto para los tres puntos de soldadura, agrupando las causas comunes.

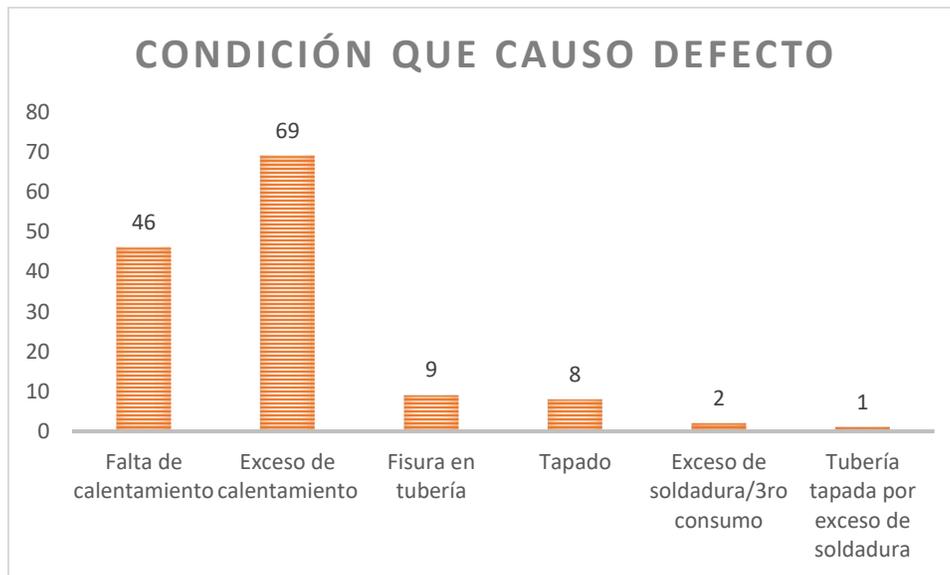


Gráfico 6. Tabla generalizada de condición causante de defectos en soldadura para p10, p6 y p4.

Se puede observar mediante el gráfico 6 que entre las causas que generan los defectos en soldadura de alta frecuencia sobresalen evidentemente dos causas, la falta de calentamiento y el exceso de calentamiento. Así que la variación entre los dos extremos en el control del equipo para la correcta aplicación de la temperatura, es lo que definimos como la causa más importante.

6.8.4 Considerar las medidas remedio

En base a la tabla 24 y los datos obtenidos en el paso anterior, se va a realizar un plan de mejoramiento gradual, poder abarcar todos los campos de las áreas de oportunidad en fines prácticos, resulta bastante abrumador, las actividades y el grado de atención, requiere de un tiempo prolongado, por lo que lo más correcto fue diseñar el plan de medidas remedio en etapas.

Seleccionando algunas de las causas del gráfico 5 con un énfasis a cumplir en el desarrollo del presente proyecto y su trabajo a futuro, aunque lo ideal es contemplar todas las causas identificadas, se va a enfocar a las presentadas en el gráfico 5, debido a ser una área de aplicación que tiene la posibilidad de observar los

resultados de manera más rápida y oportuna, esto con el fin de hacer una evaluación preliminar del efecto logrado con la metodología de este proyecto en base a los resultados entregados, y así desarrollar la continuación de las etapas del plan, evitando así emplear recursos y tiempo en acciones que no presenten un resultado significativo.

Tabla 26. Etapas del plan de acción para reducción de defectos en soldadura de alta frecuencia.

Etapas de plan de acción para reducción de defectos en soldadura			
No. de etapa	Causa a atacar	Acciones a realizar	Fechas de aplicación
ETAPA 1	Operadores no capacitados	Impartir capacitaciones de soldadura a operadores	Marzo-Mayo 2022
ETAPA 2	Incapaz control de la temperatura	Hacer una evaluación a los rangos de trabajo de los equipos de soldadura de alta frecuencia y evaluar conforme a cálculos obtenidos de trabajo óptimo y ajustar en conformidad. Mediante pruebas hacer análisis de resultados	Mayo-Julio 2022
ETAPA 3	Tiempo incorrecto de estandarización	A partir de ajustes realizados en etapa 2, hacer un nuevo cálculo del tiempo de operación y actualizar estándar de trabajo.	Julio 2022

Se observa en la tabla 26, que algunas de las fechas escapan de las fechas presentables en este documento, la propuesta se creó en el desarrollo de la presente metodología, por eso se mencionan, pero su aplicación y resultados no podrán ser expuestos en este documento, es por eso que se presentaran más detalles de esas etapas, en el plan de su desarrollo en el capítulo 8, sobre el tema de trabajo a futuro, obedeciendo a lo planteado en este proyecto.

6.8.5 Poner en práctica las medidas remedio

Correspondiente a la etapa 1, se diseñó información relevante para la capacitación de soldadura, debido a que es considerada una operación crítica, todos los operadores ubicados en soldadura cuentan con la certificación correspondiente de soldadura. Para lograr esta soldadura son evaluados en conocimiento práctico y teórico. El conocimiento práctico una vez recibido es reforzado en gran manera por su misma persona, debido a que el estar de manera constante realizando la operación adquieren habilidad con mucha rapidez.

Mas, sin embargo, su conocimiento teórico se va rezagando, este es de vital importancia, porque los involucra con todo el entorno que engloba a la soldadura, desde el principio de funcionamiento de la máquina, evaluación del equipo y su desempeño, posicionamiento, identificación de materiales, escenarios incorrectos, seguridad, entre otros.

Debido a eso, se realizó una serie de capacitaciones cubriendo todos los aspectos mencionados, primeramente, se realizaron a personal de nuevo ingreso, para evaluar la claridad de la información para personas que nunca habían tenido contacto con la soldadura de alta frecuencia, el grado de comprensión y la aportación real en beneficio que obtenían por la capacitación.



Figura 46. Capacitación de soldadura a personal de nuevo ingreso.

Junto con soldadura se hicieron capacitaciones donde se involucran a equipos del área de ingeniería, esto con el fin de mediar la comprensión adquirida gracias al curso, y medirlo en la aplicación práctica de lo aprendido teóricamente, la capacitación se realizó a equipos de inspección y bombas de vacío, y los resultados observados fueron positivos, ya que tenían conocimiento de la operación, su desempeño, su importancia y su realización.

De esa manera y en conjunto se procedió a seguir con las capacitaciones de soldadura, evaluando la comprensión de la información y el entendimiento de la importancia del conocimiento adquirido para desempeñarse de mejor forma en la operación.

Regularmente se abren convocatorias internas para que el personal pueda aplicar a la operación de soldadura por alta frecuencia, así que se implementará la capacitación teórica fusionada con la práctica en esa situación, para así lograr una selección más detallada del nuevo personal soldador.

Además de las capacitaciones, se prestó especial atención a las máquinas de soldadura por alta frecuencia para mantenerlas en óptimas condiciones, este plan se aplicó dándole mantenimiento tanto a los controladores, como a las pistolas de aplicación y a sus elementos consumibles. Además, hubo condiciones extraordinarias presentadas como el sistema de enfriamiento que presentó un par de deficiencias y tuvo repercusiones directas con el equipo, debido a las altas temperaturas que guarda en su sistema interno de bobinas, la regulación de temperatura es indispensable. Mas todas esas situaciones se atendieron y se aprovecharon para no solo reparar los daños presentados, si no para atender la máquina en un mantenimiento profundo de demás elementos, ajuste y calibración de sus parámetros, así logrando un punto de trabajo mejor que el anterior a las situaciones de falla.

6.8.6 Revisar los resultados obtenidos

Para la revisión de los resultados obtenidos en la etapa 1, y medir el grado de éxito en la aplicación de la estructura de metodología se realizó una comparativa de los datos obtenidos durante la búsqueda de la operación que mayor número de defectos género, a los datos obtenidos después de la aplicación de la etapa 1, y la atención especial a la maquinaria de soldadura por alta frecuencia.

La implementación y medida de resultados se obtuvo en un periodo de dos semanas, los datos expuestos en la tabla corresponden a cinco semanas debido a las actividades de monitores, cuantificación y análisis para selección, así que, para realizar un análisis balanceado, se hará uso de los datos correspondientes a las dos semanas de monitoreo y cuantificación de los defectos generados por defectos críticos, que corresponde a la semana 1 y 2 mostradas a continuación en la tabla 27.

Tabla 27. Defectos registrados en soldadura, semanas 1 y 2.

Defectos registrados en Soldadura		
Tipo de defecto	Semana 1	Semana 2
Línea A	52	69
Línea B	10	45
Línea C	100	155
TOTAL	162	269

Y a continuación se presentan los resultados correspondientes a las semanas de captura de datos en las semanas 18 y 19.

Tabla 28. Defectos registrados en soldadura, semanas 18 y 19.

Defectos registrados en Soldadura		
Tipo de defecto	Semana 18	Semana 19
Línea A	62	95
Línea B	28	37
Línea C	39	37
TOTAL	129	169

Podemos hacer una comparación de la tabla 28 con la tabla 27 y podemos observar como la disminución de defectos es evidente. Entonces se puede afirmar que el desarrollo de la Etapa 1, seguida de la atención especial prestada a las condiciones de los equipos de soldadura resultó en la reducción de los defectos.

Gráficamente se puede observar en la gráfica 7.

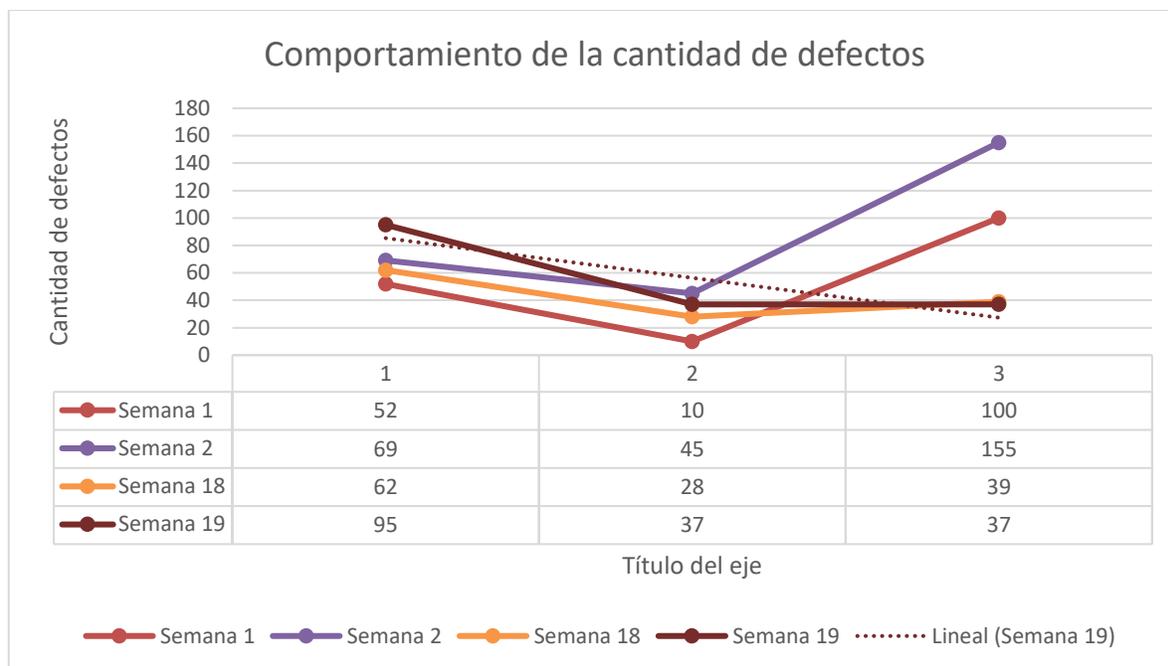


Gráfico 7. Comparación de la cantidad de defectos antes y después de aplicar metodología y plan de acción a equipos.

Podemos observar en el gráfico 7 la línea de tendencia (lineal punteado) que el comportamiento de la cantidad de defectos tiende al descenso, comportamiento que de igual forma se presenta en la semana 18 (línea naranja). Demostrando que, gracias a la implementación de la metodología de trabajo y los esfuerzos conjuntos del grupo de ingenieros por la atención a los equipos, el resultado es el esperado, la reducción de los defectos de manera similar en las tres líneas de producción, logrando una estandarización del trabajo en esta área, obteniendo así el comportamiento uniforme en las tres líneas de producción.

6.8.7 Prevenir la recurrencia del problema

Aunque el conocimiento práctico aumenta cada día con la acción repetitiva de soldar, es indispensable mantener el conocimiento teórico para así lograr el mayor desempeño del equipo, el mejor grado de realización de la operación, y de los parámetros involucrados en tal operación. Así que se diseñó un plan de capacitación constante que va en conjunto con la renovación de credenciales para certificación de operación y los exámenes certificadores que deben de ser aprobatorios. Exponiéndolo en la tabla 29.

Tabla 29. Plan de acción para evitar recurrencia de defectos en soldadura.

Acciones para evitar la recurrencia de defectos en soldadura	
Plan de capacitación a personal de soldadura	
Actividad	Tiempo en que debe realizarse
Capacitación	Planear una capacitación cada 6 meses a titulares y suplentes o máximo a renovación de certificados.
Evaluación de desempeño	Semanal, revisión de su técnica de soldado y cuidado de equipo.
Evaluación escrita	Para renovación de certificado, o si es requerida.
Renovación de certificación	Anual
Plan de capacitación a personal de nuevo ingreso	
Capacitación	Dependiendo de la solicitud por el área de producción, 1 o 2 veces por semana.
Evaluación escrita	A solicitud de producción o a grupos selectos.

Atención a condiciones y funcionamiento de equipo	
Revisión y funcionamiento de las estaciones de soldadura a alta frecuencia	Diario, parte del llenado de checklist y arranque de líneas de producción.
Reposición de refacciones y consumibles	
Inventario de consumibles disponibles, cálculo de utilizados en el transcurso del mes. Revisión de disponibilidad por proveedor y acorde a presupuesto	Mensualmente, revisión en almacén y con apoyo del Ingeniero a cargo de compras.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

Los equipos presentados en este documento y que se mantienen bajo la atención de ingeniería sin duda guardan un grado de complejidad y sensibilidad a sus condiciones de uso y con sus componentes son maquinarias altamente complejas y con sistemas elaborados en su interior, la falla en estos llevara a la falla en la operación con la que se realizan, es por eso que todo el conjunto de acciones, planes y mantenimiento que se les dio en el transcurso de prácticas profesionales, resulto en el mejoramiento de estos equipos, llevando a mejoras en sus operaciones y reducir considerablemente los defectos que pudieran surgir por las condiciones contrarias.

En el caso del equipo Ecotec nos muestra la tabla 9 que a partir de diseñar y aplicar el plan diseñado por Equipments resultó en una mejor condición de trabajo y evitar la situación indeseable de no detectar las fugas, condición inaceptable. En visión de costos es verdaderamente considerable, porque el costo por cambio de filtros tan constante no tiene comparación con el costo que resultaría de una tubería tapada e inservible, hasta el grado de tener que cambiarla, o en el peor de los casos, que la contaminación llegara hasta el interior del aparato básico y dañar las bombas, causando un daño irreversible en el aparato básico, significando un gasto mucho mayor y verdaderamente considerable. A razón de esto y como se observa en la figura 26, el mantener los valores de caudal en el rango de trabajo correcto es la señal de condiciones adecuadas en el equipo Ecotec E3000.

En la sección 6.2 relacionado con el plan de acción ante el desabasto de consumibles para equipos de soldadura ultrasónica expuesto en la tabla 11, este plan se diseñó ante una situación considerada como extraordinaria, pero a la vez, por distintas situaciones como disponibilidad del proveedor, aduanas e imprevistos, sea más repetible de lo que se piense. De esta manera este plan queda como un antecedente e instructivo de lo que se debe de realizar en situaciones como estas,

el alargamiento de la vida útil de los consumibles, se mencionó de 5 a 7 días de alargamiento en su vida útil, aunque esto no es recomendado, la situación lo amerite y con una atención especial a que la soldadura fuera eficiente y libre de presentar fugas, considerando de esta manera los resultados ante esta acción, fueran los necesarios, aunque en esta ocasión fueron positivos, en un futuro es muy posible que los resultados no se repitan debido a la inestabilidad de los factores que influyen en los equipos, fuera de la especial atención prestada a prolongar la durabilidad de sus consumibles. El plan de acción especial de la tabla 11 no es recomendado para prolongar el tiempo de cambio de consumibles, sólo debe aplicarse en casos muy extraordinarios como el causante de su origen.

El análisis profundo de las fallas en los equipos de prueba para consumo de energía presentado en la sección 6.3 sigue a una filosofía de resolución de problemas que se precisa como deseada, muchas veces en la ideología de trabajo, se persiguen soluciones rápidas. Misma filosofía que fue aplicada en situaciones posteriores, el análisis de las fallas de este equipo no dio solo como resultado encontrar el problema que a simple búsqueda se encontraría, sino en conjunto una forma de trabajo con más especialidad y resultados más concretos, tomando como punto de partida para un estilo de análisis y trabajo que será necesario para seguir aplicando.

Relacionado con la atención a las pistolas LOKRING debido a que estas se quedaban pegadas durante su ciclo de trabajo, la tabla 14 muestra evidencia de como la reducción de este incidente disminuyó considerablemente en relación con las semanas anteriores a aplicar el estándar de trabajo para realizar la limpieza de la pistola, de no haberse omitido el plan como estaba planteado, el incidente en la semana 3 después de aplicar el instructivo, no habría sucedido, pero se debe de tener en cuenta las situaciones como esa, donde por razones externas al plan diseñado, la pistola aun así puede pegarse, así que debe de tener conciencia que aun en la aplicación del plan, la situación es potencialmente posible, y eso aún debe de guardar un registro, para mejoras al plan de acción.

El estándar de trabajo generado en la sección 6.5 para el equipo DRAIN TESTER atiende a una situación recurrente debido a la función que debe desempeñar el equipo, pero delegar esta atención tan recurrente al área de producción, sin duda, resultó en un plan mucho más eficiente, la decisión de este trabajo en conjunto entre áreas es más que necesaria en situaciones como estas. La suciedad se mantiene constante en esos filtros, es su función y la razón de su implementación, pero la limpieza constante mediante el estándar de trabajo, entregó como resultado mantener la presión en los niveles adecuados, un flujo de avance más rápido en salida de espumado y menos registros de equipos defectuosos por incorrecta operación del sistema.

El FTA mostrado en el anexo 1, da como evidencia a una situación que puede representar un riesgo potencial no solo para los equipos pressure, sino para todos los demás equipos instalados en línea. Así que un resultado como este, diagnostica un síntoma que puede llevar a la temprana solución de un problema que no está en el radar de atención. Condiciones tan poco recurrentes y que a la vez encienden una alarma de atención hacia la condición especial, requirieron de un análisis igual de especial. La consulta con especialistas del tema y los equipos fue clave en lograr obtener un análisis a ese grado de detalle.

El plan de mantenimiento preventivo a las bombas de vacío mediante el equipo Baratron, que se recalca en la tabla 17, es otro ejemplo de los resultados entregados en un trabajo conjunto con otras áreas, aunque el equipo de bombas de vacío está a cargo del área de ingeniería, su reparación y mantenimiento está a cargo del área de mantenimiento, por eso se maneja la forma de trabajo en conjunto, donde ingeniería se encarga de hacer el monitoreo semanal de todas las bombas presentes en líneas de producción, y mantenimiento, en base a los datos entregados mediante las lecturas de la capacidad de vacío de las bombas genera la atención necesaria correspondiente, evitando que lleguen a un fallo considerable. Se puede observar en la tabla 17 que el desarrollo de este trabajo colaborativo tuvo

resultados bastante positivos, logrando en la semana 16 y 17 una cantidad de cero bombas con niveles ineficientes de vacío.

La metodología de los ocho pasos utilizada en la búsqueda de la reducción de defectos de la operación con la mayor tasa de generación de defectos, tuvo un resultado bastante positivo, en razón de que solo se aplicó la primera etapa dentro del lapso de presentación de este proyecto. Pero toda la investigación y desarrollo dejan las bases para continuar con el desarrollo de las demás etapas ya planteadas y que resultan de una investigación profunda, consiente y con el apoyo de expertos en la materia.

El resultado a perseguir era reducir un 10% de la cantidad global de defectos registrados en la operación que resultara ser la operación con la mayor tasa de registro de defectos. La tabla 26 nos muestra el número correspondiente a esta cantidad, el total de defectos entre las tres líneas en el periodo de la semana 1 y 2 asciende a 431 defectos registrados en la operación de soldadura por alta frecuencia, el 10% correspondiente a la cantidad total es 43.1 unidades, este resulta el número a cumplir en la reducción de defectos en el mismo periodo de tiempo de registro, dos semanas. La tabla 27 nos muestra que el resultado total en la cantidad de defectos en un periodo de dos semanas correspondiente a la semana 18 y 19 asciende a 298 defectos registrados en soldadura. Haciendo el cálculo correspondiente, no solo se cumple la reducción del 10%, sino que incluso se eleva por encima del porcentaje definido.

El resultado positivo de la reducción de defectos no se atribuye únicamente a las acciones realizadas dentro de la metodología de trabajo que se implementó, sino también, al plan de atención a la maquinaria, cambio de consumibles, y mantenimiento preventivo que se desarrolló durante el mismo transcurso de tiempo. Aspectos que pueden ser mejor estructurados si se consideran dentro de la metodología en un inicio, pero quedando fuera en esta ocasión, más esta acción se realizó gracias al equipo de ingenieros que apoyaron el desarrollo de la propuesta del proyecto, gracias al trabajo en conjunto se obtuvieron las cifras tan

considerables y los resultados fueron positivos, se logró la reducción del 10% de la cantidad registrada en la operación con la tasa más alta de generación de defecto

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

8.1 Conclusiones

Realizar prácticas profesionales dentro de la empresa SAMSUNG ELECTRONICS apporto un gran conocimiento al desarrollo profesional, conocimiento práctico que resulta de gran aporte a la comprensión de conocimientos teóricos previamente adquiridos y otros que son auxiliares a la formación integral, los cuales se enlistan a continuación:

1.- La resolución de problemas en el ámbito profesional, como el escenario propuesto de reducción de defectos, es mejor atacado, cuando se tiene en consideración el desarrollo del proyecto mediante una metodología bien estructurada y previamente comprobada.

2.- La investigación profunda en búsqueda de causas que provocan situaciones poco frecuentes en los daños de maquinaria y/o equipos, promueve una cultura de prevención y trabajo más organizado y preciso.

3.- La aplicación de las herramientas de la calidad establecen una vía de análisis rápida y asertiva en cualquier escenario de aplicación.

4.- La estandarización de operaciones de trabajo, limpieza y mantenimiento optimiza las condiciones de trabajo de los equipos, así como la extensión de la vida útil de sus componentes consumibles.

5.- Las principales causas de fallos son provocadas por falta de mantenimiento preventivo.

6.- La frecuencia de fallos es baja en la mayoría de los sistemas, pero se presentan debido principalmente a variabilidad en el desarrollo de la operación, de ahí la importancia de la estandarización de formas de trabajo.

7.- La comunicación y trabajo en conjunto con áreas y especialistas incrementa el grado de eficiencia en la resolución de problemas de grandes dimensiones.

8.- Previo a la aplicación de cualquier propuesta de mejora es necesaria una consulta y revisión con todas las áreas involucradas y directamente afectadas por la propuesta de mejora, para así obtener una revisión y/o corrección previa a su implementación.

8.2 Trabajo a futuro

El calentamiento por inducción es una combinación compleja de fenómenos electromagnéticos, de transferencia de calor y metalúrgicos. La densidad de la corriente se ubica en la superficie del conductor y está disminuyendo desde la superficie del conductor hacia su centro.

Además, existe una situación peculiar en la soldadura por alta frecuencia, debido a su aplicación mediante al calentamiento por inducción y los fenómenos electromagnéticos que se involucran en el acto, la distribución de corriente dentro de un inductor y la unión a soldar no es uniforme. Esta falta de uniformidad de la fuente de calor da como resultado una temperatura no uniforme en la pieza de trabajo. Además, la distribución también involucra efectos de proximidad, efecto de anillo, efecto de extremo y borde. Todos estos efectos se deben de considerar para entender el fenómeno de calentamiento por inducción.

El efecto piel también juega un papel importante, este fenómeno es el responsable de la distribución de la corriente de manera no uniforme, ya que cuando una corriente alterna fluye a través de un conductor, la distribución de la corriente no es

uniforme, provocando que la densidad de la corriente se ubique en la superficie mayoritariamente. Aproximadamente el 86% de la potencia utilizada se concentrará en la capa superficial del conductor.

El efecto del anillo produce igual un papel negativo en esta aplicación de la soldadura por alta frecuencia, ya que por el ensamble de los tubos en las unidades de los refrigeradores, la tubería no permite que la bobina se ubique en el centro de la tubería, ya que para lograr la mayor concentración de corriente de bobina, el tubo debería de encontrarse dentro del diámetro interior de la bobina, sin embargo esta se debe de encontrar por fuera del diámetro interior reduciendo la eficiencia de la bobina.

Debido a las situaciones mencionadas es que se prolonga el tiempo de investigación, es por eso, que como trabajo a futuro y siguiendo la metodología de investigación para la reducción de defectos en la operación con la tasa más alta de defectos se propone seguir con la investigación, centrarse en buscar ajustes de frecuencia para los equipos de inducción y así mejorar la distribución de calor, el grado de penetración de temperatura, y como resultado final, la reducción de los defectos en esta operación.

Referencias bibliográficas

- [1] H. G. Pulido. *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. Tercera edición. México, D.F.: McGRAW-HILL, 2010.
- [2] K. Ishikawa. *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa* Traducción de Margarita Cárdenas. Bogotá: Editorial Norma, 1986.
- [3] G. E. B. Zambrano “ELABORACIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA FUERTE (BRAZING) POR ALTA FRECUENCIA PARA LA EMPRESA ABB TRANSFORMADORES” ABB Transformadores, Dosquebradas, Risaralda, Colombia. 2014.
- [4] M. A. H. Ferrusca, V. Vilchis. “Soldadura Brazing para unión de Aluminio y Cobre en tuberías de refrigeración”. Memoria de congreso, CIATEQDigital. 2015.
- [5] F. J. Elizondo. “Soldadura ultrasónica”. *Ingenierías* vol. V, No. 16, pp. 31- 37. Julio- septiembre 2002.
- [6] F. G. Melero “Soldadura por ultrasonidos”. I.E. Educativas N°28, pp. 1-17. Marzo 2010
- [7] E. Rapoport, Y. Pleshivtseva. *Optimal Control of Induction Heating Processes*, 1st ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group: 2007.
- [8] L. Engineering (2020, Marzo 25) [Online] Available: <https://www.leedeo.es/l/fta>

Anexos

Anexo 1. FTA para tarjeta quemada de equipo pressure.

