

UNIVERSIDAD HISPANOAMÉRICA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TRABAJO DEL
NÚMERO DE PARTE 140423-01 EN LA
EMPRESA GRAGANNA MEDICA PARA EL
SEGUNDO SEMESTRE DEL 2022

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
EL GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: MILTON JOSE CAMACHO MONTEALTO
TUTORA ING: YESSENIA SALAZAR GUZMAN

San Jose, junio 2022

DECLARACIÓN JURADA

Yo Milton Jose Camacho Montealto, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1018-0338 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con la que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesina para optar por título de bachillerato de Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Análisis del método de trabajo del número de parte 140423-01 en la empresa TE Connectivity para el segundo semestre del 2022**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derechos de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 octubre de 1982 y sus reformas, publicadas en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral de dicha ley que advierte ; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicios del autor de la obra original. Así mismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior firmo en la ciudad de San José a los

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 21 de diciembre de 2022

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Milton Jose Camacho Montealto, cédula de identidad número 1-1018-0338, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Análisis del método de trabajo del número de parte 140423-01 en la empresa Graganna Medical para el segundo semestre del 2022", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en la carrera de ingeniería industrial.

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

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

| | | | |
|----|---|-----|----|
| a) | ORIGINAL DEL TEMA | 10% | 10 |
| b) | CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES | 20% | 15 |
| C) | COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 30% | 28 |
| d) | RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 20% | 18 |
| e) | CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO | 20% | 19 |
| | TOTAL | | 90 |

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

Atentamente,

SEIDY YESENIA SALAZAR GUZMAN
Firmado digitalmente por
SEIDY YESENIA SALAZAR
GUZMAN
Fecha: 2022.12.21 19:48:10
-06'00'

Ing. Yesenia Salazar Guzmán, MBA, MGP.
Cédula identidad 6 0354 0437
Carné Colegio Profesional IPI-24137

CARTA DEL LECTOR

San José, 10 de febrero de 2023

Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Hago constar en mi condición de lector, que he revisado el trabajo del estudiante Milton José Camacho Montealto, cédula 1-1018-0338, titulado: **“Análisis del método de trabajo del número de parte 140423-01 en la empresa TE Connectivity para el segundo semestre del 2022”** para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Manifiesto, después de la revisión, que dicho trabajo reúne los requisitos exigidos por la Universidad, por lo tanto, autorizo al autor para que continúe con el proceso de aprobación del proyecto.

Sin más por el momento,

Atentamente:



Ing. Lubín Campos Ureña
Céd. 1-499-389
Carné II-3108

CARTA DEL FILÓLOGO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 2-18-2023


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Milton Jose Camacho Montealto con número de identificación 110180338 autor (a) del trabajo de graduación titulado ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TRABAJO DEL NÚMERO DE PARTE 140423-01 EN LA EMPRESA GRAGANNA MEDICA presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar por el título de Bachiller; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


1-1018 0338
Firma y Documento de Identidad

DEDICATORIA

“Dedico este trabajo a todas las personas que me apoyaron a lograr esta gran meta.

Milton Camacho Montealto

AGRADECIMIENTOS

“Agradezco a DIOS primero por la oportunidad de dejarme llegar hasta esta etapa de mi vida, además a la colaboración de la Gerencia de Producción de la Compañía de Creganna Medical por permitir la realización del Proyecto de Investigación y sumamente agradecido con mi tutora, por guiarme en la preparación de este proyecto”.

Índice

| | |
|---|----|
| CAPITULO I: INTRODUCCION | 1 |
| 2.1 Descripción General del proyecto | 2 |
| 2.2 Identificación de la empresa o institución..... | 3 |
| 2.3 Planteamiento del problema | 8 |
| 2.4 Objetivos del proyecto..... | 11 |
| 2.5 Alcance y limitaciones | 12 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1 Marco Conceptual Relativo a la Carrera | 14 |
| 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto..... | 15 |
| 2.3 Marco Conceptual Referente al Impacto de un Proyecto | 18 |
| 2.4 Antecedente de Proyecto o Experiencia Similares | 19 |
| 2.5 Antecedente 1 | 19 |
| 2.6 Antecedente 2 | 20 |
| CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO..... | 26 |
| 3.1 Metodología para la Definición del Problema | 27 |
| 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto..... | 34 |
| 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio | 36 |
| 3.4 Metodología para la implementación del proyecto | 37 |
| 3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados | 38 |
| CAPÍTULO IV LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS..... | 40 |
| 4.1 Descripción de la situación actual | 41 |
| 4.2 Descripción General del proceso | 41 |
| 4.3 Medir | 52 |
| 4.4 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de las medidas: .. | 56 |
| 4.5 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de los Materiales: | 57 |
| 4.6 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del Personal: | 59 |
| 4.7 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del ambiente:..... | 60 |
| 4.8 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del Método: | 60 |
| 4.9 Grupo 1, decoloración amarilla | 62 |
| 4.10 Grupo 2, manchas negras muestra 1..... | 66 |

| | | |
|---|---|----|
| 4.11 | Grupo 2, manchas negras muestra 2..... | 70 |
| 4.12 | Grupo 2, manchas negras muestra 3..... | 72 |
| 4.13 | Grupo 3 marcas de quemados..... | 75 |
| 4.14 | Análisis mancha blancas | 77 |
| 4.15 | Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de la máquina: ... | 78 |
| CAPÍTULO V DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN | | 79 |
| 5.1 | Propuesta para el desarrollo de las soluciones | 80 |
| 5.2 | Análisis de costo - beneficio de cada una de las propuestas..... | 91 |
| CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 94 |
| 6.1 | Conclusiones | 95 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 96 |
| Apéndices | | 1 |
| Glosario..... | | 3 |
| Anexos | | 4 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------|---|----|
| TABLA 1. | Dinero pagado 2021 2022 | 10 |
| TABLA 2. | Corrosión Galvánica | 22 |
| TABLA 3. | Marco de proyecto | 27 |
| TABLA 4. | 5 porqués | 31 |
| TABLA 5. | Plan de acción | 34 |
| TABLA 6. | Dinero pagado en Cleaning por retrabajo | 45 |
| TABLA 7. | Marco del proyecto | 51 |
| TABLA 8. | Matriz de intereses | 52 |
| TABLA 9. | Dinero pagado entre 2021 y 2022 | 53 |
| TABLA 10. | Matriz 5 Porqués..... | 56 |
| TABLA 11. | Muestra 1..... | 64 |
| TABLA 12. | Muestra 2..... | 66 |
| TABLA 13. | Muestra 1..... | 69 |
| TABLA 14. | Muestra 2..... | 71 |
| TABLA 15. | Muestra 3..... | 73 |
| TABLA 16. | Resultados marcas de quemados | 76 |
| TABLA 17. | Hoja de recolección de datos | 81 |
| TABLA 18. | Análisis de resultados con temperatura más baja..... | 82 |
| TABLA 19. | Dinero pagado entre Cleaning y Blue Away | 83 |
| TABLA 20. | Cálculos de gastos al año del subproceso de pasivación..... | 87 |
| TABLA 21. | Datos de resultados del experimento de Cleaning..... | 90 |
| TABLA 22. | Costo beneficios Propuestas..... | 93 |

Índice de Figuras

| | | |
|------------|---|----|
| FIGURA 1. | Organigrama | 7 |
| FIGURA 2. | Matriz de interés..... | 28 |
| FIGURA 3. | Diagrama de proceso | 29 |
| FIGURA 4. | Diagrama de Pareto | 30 |
| FIGURA 5. | Diagrama Ishikawa o causa y efecto..... | 32 |
| FIGURA 6. | Lluvia de ideas..... | 33 |
| FIGURA 7. | Figura diagrama flujo del proceso completo | 43 |
| FIGURA 8. | Porcentaje de unidades del número de parte 140423-01 que pasa por Blue Away 44 | |
| FIGURA 9. | Gastos pagados por mes en Blue Away | 44 |
| FIGURA 10. | Comparativos números de partes que pasan por Blue Away | 46 |
| FIGURA 11. | Diagrama de flujo número de parte 140423-01-MTL..... | 47 |
| FIGURA 12. | Diagrama de flujo número de parte 140423-01..... | 49 |
| FIGURA 13. | Tormenta de ideas | 54 |
| FIGURA 14. | Diagrama de Ishikawa Oxidación 140423-01 | 55 |
| FIGURA 15. | Muestra en alcohol 1-7-22 hasta 15-10-22 | 57 |
| FIGURA 16. | Muestra en TK 200, 1-7-22 hasta 15-10-22 | 58 |
| FIGURA 17. | Muestra en TK 200, 1-7-22 hasta 15-10-22 | 59 |
| FIGURA 18. | Manipulación del producto | 59 |
| FIGURA 19. | Controles de temperatura de tratamiento térmico | 60 |
| FIGURA 20. | Grupo 1 decoloración amarilla muestra 1 | 62 |
| FIGURA 21. | Ubicación de los componentes en el producto. | 63 |
| FIGURA 22. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 1 | 63 |
| FIGURA 23. | Grupo 1 decoloración amarilla muestra 2 | 64 |
| FIGURA 24. | Ubicación de los componentes en el producto decoloración amarilla. | 65 |
| FIGURA 25. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 2 | 65 |
| FIGURA 26. | Grupo 2 manchas negras muestra 1..... | 67 |
| FIGURA 27. | Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 1..... | 68 |
| FIGURA 28. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 1 | 69 |
| FIGURA 29. | Grupo 2 manchas negras muestra 2..... | 70 |
| FIGURA 30. | Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 2..... | 70 |
| FIGURA 31. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 2 | 71 |
| FIGURA 32. | Grupo 2 manchas negras muestra 3..... | 72 |

| | | |
|------------|--|----|
| FIGURA 33. | Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 3..... | 72 |
| FIGURA 34. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 3 | 73 |
| FIGURA 35. | Grupo 3 marcas de quemados muestra 1 | 75 |
| FIGURA 36. | Ubicación de los componentes en el producto marcas de quemados muestra 1 75 | |
| FIGURA 37. | Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 3 | 76 |
| FIGURA 38. | Muestras con manchas blancas..... | 77 |
| FIGURA 39. | Muestras con manchas blancas..... | 78 |
| FIGURA 40. | Porcentaje de unidades del número de parte 140423-01 que pasa por Blue Away | 82 |
| FIGURA 41. | Diagrama de flujo 140423-MTL-01 con pasivación de operación adicional..... | 85 |
| FIGURA 42. | Diagrama de flujo 140423-01 eliminando Blue Away | 85 |
| FIGURA 43. | Inicio de validación de propuesta..... | 0 |

ACRONIMOS Y SIGLAS

DMAIC: Procedimiento para la mejora de los procesos productivos.

BLUE AWAY: Subproceso de manufactura que se realiza para quitar la oxidación de un producto de metal.

ONE PIECE FLOW: Método de proceso que consiste en producir una unidad a la vez por una serie de subproceso para obtener un bien o servicio.

GREEN BELT: Método para la mejora de proceso.

BLACK BELT: Método más robusto para la mejora del proceso.

LEAN SIX SIGMA: Metodología enfocada en la mejora de procesos

KANO: Teoría de desarrollo de productos para la satisfacción al cliente

LOM: Microscopía óptica de luz estereográfica

SEM: Microscopía electrónica de barrido

EDS: Rayos X de dispersión de energía Espectroscopía

FE: Siglas para el hierro en la tabla periódica

C: Siglas para el Carbono en la tabla periódica

O: Siglas para el Oxígeno en la tabla periódica

Si: Siglas para el Silicio en la tabla periódica

CR: Siglas para el Cromo en la tabla periódica

MN: Siglas para el Manganeseo en la tabla periódica

NI: Siglas para el Níquel en la tabla periódica

Epicor: Software para la planeación y recolección de datos

K: Siglas para el Potasio en la tabla periódica

JOB: Lote de trabajo

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se realizó en la empresa TE Connectivity está enfocada en tecnología estadounidense con domicilio en Suiza que diseña y fabrica productos de conectividad y sensores para entornos hostiles en una variedad de industrias.

El principal objetivo del proyecto consiste en buscar la mejora de un costo que beneficie a la empresa manteniendo la calidad del producto según los requerimientos del cliente y por medio del análisis del proceso de manufactura para poder generar un beneficio costo calidad y lograr un tiempo de entrega menor para la satisfacción total del cliente.

Según los contactos de la empresa existe una oportunidad de mejora en el proceso de manufactura en el cual se le están dando un trato adicional por motivo que un producto presenta oxidación y para poder satisfacer las necesidades del cliente y este proceso no está incluido en los costos del producto por lo cual se requiere que el proceso sea analizado y mejorado.

Las teorías que existen son; que el subproceso de lavado no es capaz de eliminar toda contaminación en los productos, subproceso de tratamiento termino mediante el cual el producto se somete a altas temperaturas para mejorar su dureza tampoco es capaz y por último que el producto no tiene la suficiente resistencia a la oxidación.

Se espera que con un análisis detallado de cada proceso y por medio de la experimentación se pueda lograr una mejora de 5% en el proceso para beneficio de la empresa y para así satisfacer las necesidades del cliente o poder tener alguna teoría más fuerte de lo que realmente pasa en el proceso

CAPITULO I: INTRODUCCION

INTRODUCCION

2.1 Descripción General del proyecto

Las empresas en estos días están enfocadas en la mejora de sus procesos productivos debido a la gran demanda de productos y la gran cantidad de empresas que compiten por un espacio en el mercado buscando siempre poder ofrecer un producto de mayor calidad y un tiempo de entrega menor que el de sus competidores.

GREGANNA MEDICAL no está exenta de esto, es una empresa que siempre está en busca de mejorar sus procesos debido al carácter de sus productos es muy importante que sean de mejor calidad, son productos médicos que salvan vidas y deben estar de acuerdo con las especificaciones definidas por los clientes de lo contrario podría poner en peligro la vida o las vidas de una o varias personas.

El enfoque del proyecto es reducir los problemas de oxidación en un 5% del material número de parte 140423-01 que pasa por el proceso de Blue Away, se menciona que anteriormente este producto no se procesaba por el proceso de Blue Away, pero desde hace unos tres años el producto 140423-01 se ha notado un incremento del 95% y esto ha incrementado en un monto de \$ 200 000,00 en la planilla anual de la empresa GREGANNA MEDICAL.

Por medio del método DMAIC y sus herramientas ingenieriles se pretende identificar las posibles causas de la oxidación presente en el producto y proponer una mejora.

2.2 Identificación de la empresa o institución

Establecida en Irlanda en 1979 como Creganna, la empresa sirvió inicialmente a una variedad de industrias proporcionando una variedad de soluciones de ingeniería subcontratadas. En 1998, la empresa ingresó a la industria de dispositivos médicos y en 2003 se deshizo de sus operaciones en todas las demás industrias para enfocarse únicamente en este sector. (Medical, 2021)

Creganna medical actualmente es una empresa que se dedica a procesar alambre de una forma mecánica con el propósito de ser usados en instrumentos y dispositivos médicos, es una empresa de manufactura de componentes de subensamble y ensambles con propósitos médicos.

La empresa se especializa en dispositivos de administración y acceso mínimamente invasivos, brindando un producto completo de servicios para diseñar, desarrollar y entregar dispositivos médicos terminados al mercado. Ofrecen una amplia gama de soluciones subcontratadas para empresas de dispositivos médicos. (Medical, 2021)

Creganna medical es una empresa ubicada en Costa Rica exactamente en Barreal de Heredia en la zona franca Metropolitana, cuenta con tres edificios en esta área y uno en San Rafael de Heredia, en el site de Heredia cuenta con alrededor de 1000 empleados.

La compañía ha experimentado un crecimiento significativo y continúa creciendo en el sector de dispositivos médicos desde el año 2000 a través de una combinación de nuevos productos, desarrollos tecnológicos y de servicios, expansión geográfica y adquisiciones. (Medical, 2021)

Sus productos son utilizados para la medicina mínimamente invasiva que permite que las personas atendidas con los productos de CREGANNA MEDICAL se puedan recuperar de manera más rápida y evitando que sean atendidos quirúrgicamente.

Algunos de sus productos son:

Hipotubos: son los tubos suaves y metálicos que se utilizan para realizar cirugías en el corazón por medio de las venas.

Alambres y coil: son cables guías utilizados para aplicaciones cardiovascular y neurovascular.

Agujas especiales: son sofisticadas agujas utilizadas para realizar biopsias, implantación y cruces transeptales.

CREGANNA MEDICAL actualmente es parte de TE CONNECTIVITY, esta es una empresa de suplementos electrónicos para vehículo, aviones y casa inteligentes y que está innovando en el sector médico.

CREGANNA MEDICAL, mantiene sus productos y por medio de TE CONNECTIVITY se pretende ampliar su catálogo de producto siempre manteniendo la principal prioridad de GREGANNA MEDICAL salvar vidas de una manera menos invasiva.

CREGANNA MEDICAL PART OF TE CONNECTIVITY es uno de los líderes mundiales en tecnología con soluciones de conectividad y sensores esenciales para que el mundo esté más conectado cada vez mejor, cuenta con Ingeniero a nivel mundial que transforman sus ideas en creaciones y ultimándolas para soluciones inteligentes en la compañía con un rendimiento eficiente y probado en los ambientes más hostiles para garantizar que el cliente está obteniendo la más alta calidad. (Glassdoor, 2022)

Cuenta con más de 7000 Ingenieros y cerca de 150 clientes alrededor del mundo con una gran gama de productos. (Glassdoor, 2022)

CREGANNA MEDICAL está dentro de las 10 empresas principales mundialmente en la industria de subcontratación de dispositivos médicos, son especializados en el diseño y fabricación de dispositivos de acceso y administración mínimamente invasivo para una gran variedad de terapias. Con más de 400 empresas en 30 países con cliente principalmente de

industria médica y ciencia y biología, CREGANNA MEDICAL tiene presencia operativa y global con instalaciones de diseño y fabricación en los Estados Unidos, América del Sur y Asia. (Medical, 2021)

Ubicación Geográfica

La empresa se encuentra ubicada en Barreal de Heredia en la Zona Franca metropolitana

Misión

Creamos un futuro más seguro, sostenible, productivo y conectado

Visión

La visión de Creganna Medical es ser el socio preferido de la industria para soluciones de dispositivos mínimamente invasivos. Esta posición se logra brindando un valor superior a nuestros clientes a través de un servicio excepcional, una calidad sobresaliente y soluciones innovadoras, y al impulsar la mejora continua en cada área de nuestro negocio. (Medical, 2021)

Valores

Los valores son confiabilidad, innovación, honestidad y flexibilidad (Medical, 2021)

Estructura Operacional

A continuación, se muestra la estructura operacional, cabe mencionar que esto es un resumen y que por posibles problemas legales no se puede poner identidades por lo que solo se agregaron las posiciones y la cantidad de personal que tienen a cargo cada área.

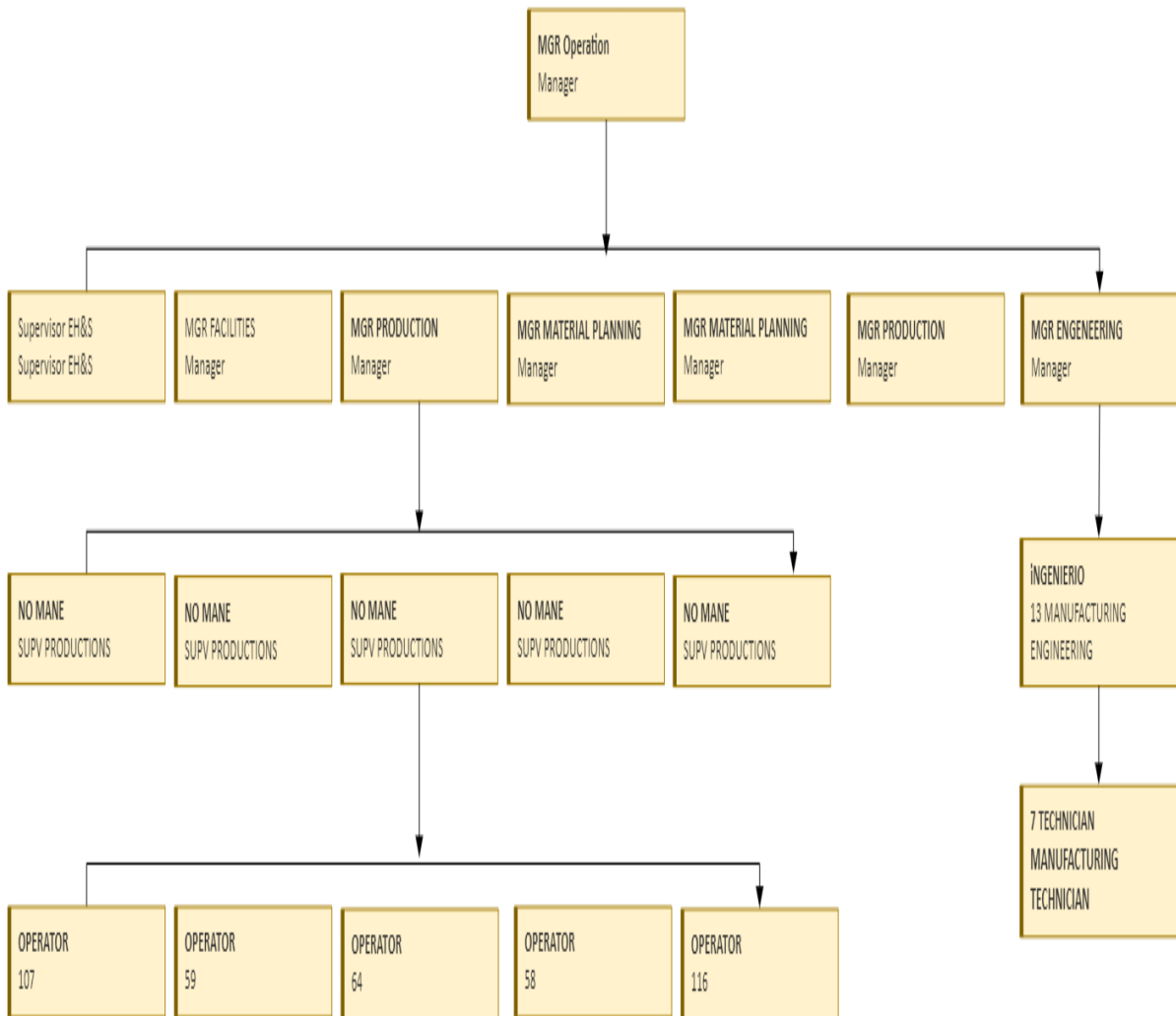
En la empresa ubicada en Heredia laboran un aproximado de 441 personas distribuidas de la siguiente manera:

| PUESTOS DE TRABAJO | CANTIDAD |
|------------------------|----------|
| Gerente General | 1 |
| Gerentes de área | 7 |
| Supervisores | 5 |
| Ingenieros | 13 |
| Técnicos de ingeniería | 7 |
| Operario | 408 |

Para un total de 441 personas distribuidas en tres turnos

A continuación, podemos observar en la figura 1 el organigrama

FIGURA 1. Organigrama



Política de calidad

Entregar productos de calidad y proporcionar al cliente experiencias extraordinarias en línea con nuestros valores es tarea de todos.

Antecedentes del contexto de la empresa o institución

CREGANNA MEDICAL fue fundada en 1979, en 1998 CREGANA MEDICAL entra en la industria de dispositivos médicos y en el año 2000 abre su primera empresa dedicada a la manufactura de dispositivos médicos, en el

2003 ofrece el servicio de desarrollo y diseño de productos, en el 2006 adquiere la compañía Scree Tech Medical y se incursiona en el moldeo de componentes médico, en 2010 adquiere la compañía Tactx Medical Inc. Es una empresa especializada en catéteres y sistemas de administración, para convertirse en Creganna-Tactx Medical. La compañía también adquirió la empresa irlandesa ABT Medical en 2012, aumentando sus capacidades existentes de diseño y fabricación de globos con la tecnología patentada SmartForm technology.

En 2014, la empresa adquirió Precisión Wire Components, un especialista en bobinas y alambres médicos, para convertirse en el mayor fabricante de metales para dispositivos de acceso y administración mínimamente invasivos y agregar instalaciones en Costa Rica y Oregón a su presencia mundial.

En la actualidad, CREGANNA MEDICAL opera desde una red que abarca 4 continentes y está clasificada entre los 3 principales proveedores de soluciones de subcontratación de dispositivos médicos mínimamente invasivos del mundo. La empresa tiene su sede en Irlanda y opera como una sociedad de responsabilidad limitada. (Medical, 2021)

2.3 Planteamiento del problema

La mejora continua existe para optimizar o mejorar los procesos existentes por medio de las mejoras incrementales para la eliminación de operaciones que no agregan valor al producto, estas mejoras son controladas por medio de datos estadísticos y una vez realizados se buscan oportunidades de mejoras continuas e innovación. (Martínez, 2002).

En Greganna medical se observa en el proceso del producto número de parte 140423-01 con oxidación presente en algunas unidades, este número de parte es sometido a un proceso de limpieza para quitar todo tipo de contaminación y evitar que durante el tratamiento térmico el material se oxide.

Después de que el material pasa por el proceso de tratamiento térmico no presenta oxidación, pero con el pasar del tiempo la oxidación aparece, la oxidación es un defecto de calidad que el cliente no acepta y se tiene que incurrir en ver como se minimiza el defecto para que el cliente lo acepte, se implementa una nueva operación que se nombra como Blue Away, este proceso se desarrolla por medio de una blanquita o esponja de lavar platos con químico de nombre Blue Away, el operador frota el material con la esponja y el químico eliminando la oxidación.

Debido a lo anterior escrito es necesario realizar una investigación para lograr eliminar o mejorar el proceso de Blue Away, el proceso de Blue Away no es un proceso que se encuentre dentro de los costos del producto por lo que no cuenta con personal asignado y cada vez que se requiere este proceso se debe de tomar persona de otros procesos para ejecutarlo dejando otras labores descubiertas y atrasadas.

Este proceso de Blue Away le cuesta a la compañía según datos tomados en la base de datos un monto de 200,000 dólares al año debido a que es uno de los productos que más se vende, aparte de eso no solo es Blue Away el involucrado, ya que una vez se le aplique este proceso también se deben de aplicar otros procesos que no estaban contemplados en el costo del producto.

Debido a los atrasos de las exportaciones y a la gran cantidad de dinero que se está pagando por año la gerencia de producción ve una necesidad para abordar el problema para poder mejorarlo o solucionarlo.

A continuación, se muestra un gráfico del dinero pagado entre 2021 y 2022

TABLA 1. Dinero pagado 2021 2022

| Meses | Datos dinero pagado año 2021, 2022 | |
|----------------|------------------------------------|-------------------|
| | Blue Away | Cleaning |
| Enero | \$ 16,049.30 | \$ 415.30 |
| Febrero | \$ 16,547.59 | \$ 346.93 |
| Marzo | \$ 15,332.10 | \$ 438.19 |
| Abril | \$ 11,828.50 | \$ 375.67 |
| Mayo | \$ 14,815.17 | \$ 459.85 |
| Junio | \$ 13,627.01 | \$ 565.21 |
| Julio | \$ 16,297.26 | \$ 595.31 |
| Agosto | \$ 18,335.49 | \$ 607.06 |
| Septiembre | \$ 16,329.06 | \$ 417.17 |
| Octubre | \$ 14,808.44 | \$ 396.14 |
| Noviembre | \$ 15,909.28 | \$ 363.75 |
| Diciembre | \$ 11,973.84 | \$ 301.11 |
| Totales | \$ | 187,134.73 |

Fuente: elaboración propia

Justificación

Este proyecto servirá para que la empresa CREGANNA MEDICAL atienda los aspectos más relevantes que está generando pérdidas económicas en el proceso de producción del número de parte 140423-01, se detecta que después de varios días de haber aplicado el tratamiento térmico el producto presenta oxidación.

Esta oxidación no se presentaba en años anteriores por lo que se determina que algo paso en el proceso que está provocando oxidación en el producto y el cliente no permite que el producto se le entregue con oxidación, por tal motivo se introduce una nueva operación llamada Blue Away el cual consiste en eliminar la oxidación por medio de frotación con ciertos químicos y felpas.

Blue Away no estaba dentro de costo original del producto por lo que se convierte en un gasto adicional que se acerca a los \$ 200,000.00 que se han pagado en el último año.

Como beneficios de eliminar el reproceso del “Blue Away” podemos destacar la reducción del consumo de material, el ahorro en el tiempo, gastos de electricidad, gastos de agua, gastos de mano de obra, gastos de equipo y espacio.

El riesgo de no procesar el producto por el subproceso de Blue Away es que el producto final no cumpliría con la calidad requerida por el cliente, presentando el defecto de oxidación, lo cual podría provocar riesgos a la salud del paciente al momento de su uso.

Si se logra eliminar total o parcialmente la empresa podría usar los recursos que se utilizan para esta operación en otros procesos aparte de que se evitaría pagar una gran cantidad de dinero en el uso de los recursos para el proceso de Blue Away.

Se pretende reducir los problemas de oxidación del material número de parte 140423-01 que pasa por el proceso de Blue Away por medio del método de DMAIC para mejorar el flujo y mejorar el costo del producto, ya que en este proceso se invirtió un monto de \$181 848,07 dólares en Blue Away y \$5 282,00 dólares en el área de Cleaning por retrabajos en los últimos 12 meses

2.4 Objetivos del proyecto

Objetivo general

Reducir los problemas de oxidación al menos un 5% del material número de parte 140423-01 que pasa por el proceso de Blue Away por medio del método de DMAIC para mejorar el flujo del proceso y mejorar el costo del producto.

Objetivos específicos

1. Identificar la o las causas de la oxidación del producto 140423-01.
2. Analizar el flujo de proceso y proponer una mejora el aprovechamiento del personal.
3. Determinar si las operaciones se están siguiendo estrictamente, según el método de PN140423-01.
4. Mejorar el costo del producto por medio de una propuesta de mejora del proceso.

2.5 Alcance y limitaciones

Alcance

El desarrollo del proyecto permite que la empresa CREGANNA MEDICAL ubicada en Barreal de Heredia en uno de su producto estrella como los es el número de parte 140423-01 que pasa por los edificios B1 y B2

Este proyecto pretende analizar todos los subprocesos de manufactura desde el momento que se entrega la materia prima al edificio B2 hasta que el producto sea empacado tratando de encontrar una solución para disminuir la cantidad de material que pasa por el proceso de Blue Away para entender por qué el problema de oxidación.

Limitaciones

1. No se cuenta con un presupuesto para realizar compras para implementar una mejora de proceso.
2. No se cuenta con más espacio disponible para realizar movimientos de trabajo en línea o ONE PIECE FLOW
3. El tiempo designado para realizar las implementaciones puede no ser suficiente, ya que si se quiere implementar alguna de las ideas propuestas se debe consultar con ingenieros, realizar pruebas, cambiar documentación y procedimientos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual Relativo a la Carrera

En el capítulo a continuación se pretende detallar los conocimientos de la ingeniería industria y los aportes que tienen cada uno de ellos en el presente proyecto.

Productividad

La productividad está relacionada con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.

La productividad se puede definir también como todos los recursos que se utilizan versus los recursos que se debían usar. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Procesos de productivos

Es una forma de producción que se materializan la materia prima en un producto, órdenes de producción o de servicios caracterizados en formas básicas que definen que tipo el tipo de empresa, también se puede definir como un conjunto de tareas a las que se somete un material o materiales desde que se da una orden de producción hasta que llega al cliente. (Ruiz, 2018)

Costos de un producto

El costo de un producto se refiere decremento bruto de activos o decremento de pasivos que se invirtieron en la fabricación de un producto o servicio con el fin de generar una ganancia (Salina, 2010).

Flujo de procesos

Es un conjunto de tareas por la cual pasa una materia prima para ser transformada un producto o servicio con el fin de satisfacer las necesidades del cliente tanto interno como externo (Ruiz, 2018)

Mejoras de procesos

Una mejora de proceso se conoce como eliminar cualquier tarea que no agregue valor a un producto o servicio, es eliminar cualquier cosa que no afecte el producto final. (Ruiz, 2018)

Calidad

Se define como las exigencias de un cliente. (Ruiz, 2018)

Ingeniería industrial

Se refiere al diseño, mejoras, instalación, personas, materiales, información, equipo, energía, conocimiento en conjunto con los principios y métodos de análisis para evaluar los resultados de tales sistemas teniendo como objetivo las resoluciones de problemas y optimizaciones de procesos mediante el uso de herramientas de ingenieriles para el desarrollo de bienes y servicios con el fin de incrementar la productividad, calidad, seguridad y cuidando el medio ambiente. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

En este capítulo se describe a continuación las herramientas que se utilizaran para el desarrollo del proyecto. En este proyecto se usará la metodología DMAIC, esta es una metodología utilizada para la mejora de proceso.

Herramientas DMAIC

Cuando en una empresa se necesita atacar algún tipo podemos usar muchas herramientas, pero las más usadas y la que más llama la atención es el método DMAIC es un método que lleva un orden metodológico que nos permite llegar una solución eficaz y eficiente.

DMAIC se puede definir como un enfoque basado en número estadístico siguiendo ciertos pasos cronológicamente bien definidos para poder lograr la solución de un problema. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Según (Humberto Gutierrez Pulido, 2009) Los pasos del método DMAIC que se deben de seguir para poder logra la solución de un problema son los siguientes:

Definir: ante de empezar cualquier proyecto se debe de definir muy bien que es lo que se quiere mejorar, cuáles son los indicadores de inicio, como le está afectando al cliente y cuáles son los beneficios esperados, esto para asegurar que el equipo involucrado en el proyecto entienda cual es el impacto siendo super esencial para la finalidad del proyecto y que todo el equipo camine por la misma línea.

Medir: una vez definido el problema o por lo menos la base del estado, se debe definir los indicadores que serán utilizados para poder observar si los cambios que se han realizado estar surgiendo algún efecto del contrario se debería de buscar alguna otra solución. Medir es establecer el rendimiento actual del proceso y que datos vamos a analizar. A partir de los datos recopilados podemos tomar medidas para lograr la meta final del proyecto.

Analizar: con los datos recolectados y analizados de la fase de medidas se deduce la causa raíz y sus posibles limitaciones, se debe de verificar cada una de las ideas minuciosamente con el fin de no cometer errores, ya que abordar una conclusión errónea es muy fácil.

Mejorar: una vez identificada la causa raíz se debe de implementar las mejoras y para poder lograrlo se deben de tomar en cuenta tres fases:

Generar ideas acerca de las posibles soluciones: las posibles soluciones deben coincidir con las posibles causas generadas en los pasos anteriores.

Seleccionar las ideas más apropiadas: se debe de tomar la mejor solución tomando en cuenta los criterios del cliente, costo, velocidad y que sea lo más fácil de implementar.

Un plan y una prueba para la posible solución: se debe de tomar en cuenta un plan de implementación no sin antes hacer pruebas para que la implementación sea lo más fácil posible y tratando de evitar posibles errores durante el proceso de pruebas.

Controlar: se debe de controlar la situación desarrollando medidas para poderla mantener. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Diagrama de proceso de manufactura: Es una representación gráfica de cada uno de los procesos de manufactura que están involucrados en la transformación de la materia prima a un producto o servicio. En el diagrama de manufactura se puede observar cada una de las tareas y como se entrelazan o relacionan entre sí hasta obtener el producto final. (Hernández, 2014)

Diagrama de Pareto: es un gráfico de barra que consiste en representar el 80/20 que se interpreta que el 80% de los errores son causados por el 20% de las causas, también el diagrama de Pareto nos ayuda a priorizar cuál problema debemos atacar en primera instancia. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Lluvia de ideas: es la participación libre del equipo donde cada uno de ellos planteara posibles causas que están provocando el problema, en esta fase ninguna idea se debe de descartar toda idea es buena no importa lo extraña que sea. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Diagrama Ishikawa: es una forma gráfica de relacionar todo lo obtenido durante la lluvia de ideas directamente con el problema principal con la ayuda del método de las 6M. (Rafinejad, 2007)

Método 6M: es el más usado y consiste en agrupar cada una de las posibles causas de la lluvia de ideas en 6 diferentes ramas ubicadas en el diagrama Ishikawa, estas 6 categorías son: mano de obra, método, materiales, medio ambiente, maquinaria, medidas y cada una de las posibles causas que salieron de la lluvia de idea se deben ubicar en la categoría correspondiente.

(Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

5 porqués: es una técnica efectiva que puede ser usada para asegurarse que las causas generadas durante la lluvia de ideas sean relacionadas con la causa principal del problema (Rafinejad, 2007)

Un ejemplo de cómo utilizar los 5 porqués:

1. ¿Por qué el control de la televisión no funciona? (Problema)

R/Por qué se dañaron las baterías

2. ¿Por qué se dañaron las baterías?

R/Por qué se me olvido comprarlas.

3. ¿Por qué se me olvido comprarlas?

R/ Por qué andaba pensando en otros problemas.

En la vida cotidiana el ser humano se encuentra la mayor parte del tiempo con problemas y no se ve a simple vista cuál es la causa que nos lleva al problema, nos es necesario en este método que sean 5 porqués, ya que pueden ser menos o más que cuestionemos esto dependiendo de la complejidad del problema.

2.3 Marco Conceptual Referente al Impacto de un Proyecto

Este proyecto ya sea en términos económicos, ambientales, tecnológicos, socioculturales, institucionales y políticos son los impactos que se pueden obtener debido a uno o más proyectos que se desarrollen en las empresas.

Al trabajar la empresa para el sector médico es de suma importancia que los productos sean de la mejora calidad y tomando en cuenta la gran cantidad de empresas en esta industria se debe de contar con la mejor calidad y entrega a tiempo y el mejor costo.

Se empezará como primer paso definiendo el problema para poder llegar a un resultado satisfactorio por medio del método de investigación más

completo que es usado por las personas certificadas como Green Belt o Black Belt, este método se define como DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) cada una de las partes de este procedimiento tiene herramientas Ingenieriles muy robustas la cuales ayudan a definir cada una de las fases para lograr la solución del problema.

La fase más importante si restar importancia a los demás pasos es la de definir el problema para así poder encontrar la causa raíz y desplegar una serie de hipótesis y lograr empezar a experimentar posibles soluciones recolectando datos para poder evaluar el impacto de cada una de las posibles soluciones y cuantificar para poder desarrollar un proceso adecuado para producir la mejor calidad a un mejor costo y una entrega a tiempo.

Una vez evaluada la mejor opción se debe de presentar un informe a la empresa para un análisis de costo beneficios en algunos casos el retorno de la inversión si se debiera invertir algún dinero.

2.4 Antecedente de Proyecto o Experiencia Similares

El tema sobre la oxidación de materiales inoxidables es bastante amplio y se pueden encontrar muchas investigaciones, pero depende mucho de la industrial en al que se esté usando y para poder llegar a una conclusión acertante es necesario utilizar herramientas con alta tecnología debido a que a simple vista no se puede llegar a una conclusión.

2.5 Antecedente 1

El tema de oxidación en metales austenítico es muy amplio depende de la industria en la que se esté utilizando el producto, en la tesis realizada por la Ing. Sonia Estefanía Hernández Sánchez llamada EFECTO DEL CICLADO TÉRMICO EN LA CINÉTICA DE OXIDACIÓN EN ALTA TEMPERATURA DE UN ACERO INOXIDABLE SUPER-DÚPLEX UNS S32760 para el efecto de su Maestría en Ciencias de Materiales, hace menciones de todo o la mayoría de aceros inoxidables en la cuales no se encuentra el 304V pero se encuentra el 304 y menciona cuáles son las combinaciones de agentes que pueden provocar oxidación como el oxígeno y algunos gases, el objetivo del estudio

fue ver el comportamiento de los aceros especialmente el UNS S32760 y el AISI 304 en expuesto a procesos térmicos y a isotérmicos.

También explica cómo se clasifican los diferentes tipos de oxidación y como medirlo, en el caso del 304 menciona que la composición es una de las más estables y que no debería de oxidarse a menos que sea expuesta a altas temperatura ya que esto causaría que perdieran la propiedad de resistencia a la corrosión y la buena soldabilidad.

En su investigación hace referencia a (Group, 2022) sobre sus diferentes experimentos que realizaron para poder comprobar la resistencia a la corrosión del 304.

Sánchez realizó experimento en las mismas condiciones para ambos tipos de metales con conclusiones muy diferenciadas entre ambas y que depende mucho de la temperatura y el tiempo del proceso térmico o isotérmico y como recomendaciones menciona realizar diferentes pruebas con otros intervalos de tiempo o temperaturas.

2.6 Antecedente 2

En la Tesis Estudio del comportamiento del acero inoxidable dúplex y superdúplex después de deformación plástica severa de la autora Alisiya Biserova Tahchieva en el capítulo Propiedades químicas: Resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables dúplex menciona que la mejor forma de que un material es con el método de pasivado. Cuando el acero presenta corrosión es porque su capa de pasivado se rompió llegando a perforar el material por lo que los sólidos se transforman en iones por una reacción catódica la cual consume los electrones.

Tahchieva menciona algunos de los métodos para predecir el comportamiento del material por ejemplo en el caso de corrosión por picadura menciona que agregándole al momento de la fabricación de los aceros inoxidables principalmente Duplex y Austeníticos y para un mejor valor predictivo le puede agregar Cr, Mo, N o W en una porción de 11.5 % esto los

hace más resistentes pero que depende mucho del medio ambiente en que se utilice.

Como conclusión Tahchieva menciona que la temperatura y el medio ambiente en el que se trabajen los diferentes tipos de aceros inoxidable son aspectos fundamentales para el control de la corrosión.

Según (Albertis, 2020) todos los aceros contienen cromo para poder darle suficiente resistencia a la oxidación, aparte de cromo algunos de los materiales se le agrega níquel para reforzar más la resistencia a la corrosión los cuales son añadidos en el momento en que los aceros están en su estado de fusión. (Albertis, 2020)

En su página web (Albertis, 2020) menciona también que los aceros inoxidable también son oxidables, pero en una forma más tenue y que lo que se puede formar es una película de óxido de cromo y que la resistencia de los aceros inoxidable varía dependiendo de su composición, los grupos al cromo níquel, los tipos 301 y 302 son menos resistentes a la corrosión que los tipos 310 y 316. En el grupo más sencillo al cromo, los tipos 405 y 410 son menos resistentes a la corrosión que los tipos 430 y 442.

En algunos casos para evitar la oxidación se le agrega un 7% de níquel con una aleación de 17% cromo en caso como los acero de 301, 302, 304.

Según (Albertis, 2020) en su página Web esto son los tipos de corrosión que podemos encontrar en los diferentes tipos de aceros inoxidable.

Corrosión intergranular: este se puede producir por un tratamiento térmico inadecuado, se presenta como una red de carburo en acero con más de 0.03 de carburo o si adición de titanio o Columbio, la corrosión intergranular puede provocar grandes problemas en condiciones muy corrosivas y reducir la vida útil de muchos servicios.

Algunas de sus posibles causas:

- Por precipitados por llevarlos a altas temperaturas se disuelven los carburos y esto requiere que sean enfriados rápidamente para que no pierda los carburos
- Por utilizar aceros que contenga menos de 0.03% de carburos
- Utilizar aceros estabilizados, el titanio o columbio se combina con el carbono para evitar las precipitaciones perjudiciales.
- El peligro inherente a la precipitación de carburo de cromo, este no es muy común, ya que se han encontrado las causa y ahora se puede evitar.

Oxidación Galvánica: esta se da cuando se unen dos metales disimilares está sumergida en una solución que puede obrar como electrolito, estos dos forman electrodos cortocircuitados y crean una celda electroquímica la disolución del electrodo anódico, mientras que el cátodo permanece inalterable. El potencial variará según la posición ocupada por los metales y aleaciones en la tabla de las series galvánicas que se acompaña.

TABLA 2. Corrosión Galvánica

| SERIE GALVANICA | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| EXTREMIDAD PROTEGIDA CATODICA | METALES MAS NOBLES |
| | oro |
| | grafito |
| | plata |
| PASIVO | Acero inoxidable tipo 316 |
| | Acero inoxidable tipo 310 |
| | Acero inoxidable tipo 446 |
| | Acero inoxidable tipo 304 |
| | Acero inoxidable tipos 301 y 302 |
| | Acero inoxidable tipo 434 y 430 |
| | Acero inoxidable tipo 410 |
| PASIVO | 80% Ni - 20% Cr |
| | Inconel |
| | 60% Ni - 15% Cr |
| | Níquel |
| | Metal Monel |

| | |
|---------------------|----------------------------------|
| | Cuproníquel |
| | Bronce |
| | Cobre |
| | Latón |
| ACTIVO | 80% Ni - 20% Cr |
| | Inconel |
| | 60% Ni - 15% Cr |
| | Níquel |
| | Estaño |
| | Plomo |
| ACTIVO | Acero inoxidable tipo 316 |
| | Acero inoxidable tipo 310 |
| | Acero inoxidable tipo 304 |
| | Acero inoxidable tipos 302 y 301 |
| | Acero inoxidable tipo 446 |
| | Acero inoxidable tipos 434 y 430 |
| | Acero inoxidable tipo 410 |
| | Fundición de hierro |
| | Cadmio |
| | Aluminio 2S |
| | Zinc |
| | Magnesio en aleaciones |
| | Magnesio |
| EXTREMIDAD CORROIDA | METALES MENOS NOBLES |
| ANODICA | |

(Albertis, 2020) también menciona que el empleo de diferentes aceros en soluciones corrosivas siempre va a salir con corrosión, eso también depende de los siguientes factores:

- **Conductividad del circuito:** Es el contacto de dos metales en una solución de alta conductividad para que observemos corrosión galvánica.
- **Potencial entre ánodo y cátodo:** La posición que ocupa cada metal en la serie galvánica determina el potencial y la dirección del flujo de corriente cuando se compone una celda. El metal que ocupa la posición más alta en la serie constituye el cátodo. El otro metal es el ánodo y, debido a ello, es el que resulta atacado por la acción de la celda. El potencial se incrementa

cuanto más apartadas unas de otras son las posiciones ocupadas por cada metal en la serie. Los aceros inoxidable en estado pasivo figuran en la serie justo a continuación de la plata, del grafito y del oro. Así pues, en una solución oxidante, los aceros inoxidable pasivos suelen constituir el cátodo, mientras que serán los otros metales los que serán atacados. Cuando la solución es reductora, el acero inoxidable se vuelve activo y los metales tales como el cobre y el bronce constituirán el cátodo y acelerarán la corrosión del acero inoxidable. El acero y la fundición de hierro ocupan puestos inferiores en la serie galvánica que el que ocupa el acero inoxidable activo por lo que este será atacado si se forma una célula entre ellos y el acero inoxidable, lo mismo si están sumergidos en una solución oxidante que en una reductora.

- **Polarización:** Se produce cuando los electrodos de una celda galvánica se le adhieren los mismos gases liberados por las corrientes, los iones de hidrógenos pueden cambiar de pasivas a activas y esto acelera la corrosión del ánodo.
- **Áreas relativas del cátodo y ánodo:** Un pequeño ánodo con un cátodo grande produce una corriente de elevada densidad y acelera la corrosión en el ánodo.
- **Relación geométrica entre superficies de distintos metales:** Un borde o una esquina del metal menos noble no deberá estar en contacto con el centro de un área de gran superficie del metal que ha de constituir el cátodo si llega a formarse una celda galvánica.
- **Corrosión por contacto:** Cualquier contaminación en el producto puede provocar oxidación.
- **Picado o corrosión en forma de pinchazos de alfiler:** Cualquier cloruro en concentración apreciable puede ser la causa posible de perturbaciones.

- **Corrosión por fatiga:** Tensiones fuertes y débiles en el mismo elemento producen una condición que fácilmente puede conducir a la corrosión por fatiga en presencia de cloruros

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la Definición del Problema

El procedimiento DMAIC es una metodología en la que cada letra pertenece a un paso a realizar y cada una de ellas contienen una serie de herramienta para poder lograr un mejor desempeño y encontrara la causa raíz con más facilidad y estructuradamente.

Este proyecto cuenta con herramientas ingenieriles que nos va a hacer llegar al problema y así lograr un estudio que nos guíe a una posible solución, las cuales son:

Marco del proyecto, permite mostrar información relevante del proyecto como quienes son el equipo de trabajo, el nombre del proyecto, meta a la que se quiere llegar es importante tener un plan preliminar para así arrancar con la información que se tiene. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Los datos del Marco del proyecto fueron tomados de acuerdo con las necesidades de la empresa, se le consulta al Gerente de producción cada uno de los puntos para poder obtener una visión más clara de lo que requiere el proyecto.

A continuación, se muestra en la tabla 3 un ejemplo de un Marco de Proyecto

TABLA 3. Marco de proyecto

| TABLA 15.4 Elementos del marco de un proyecto Seis Sigma. | | |
|---|-------|---------|
| MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA | FECHA | VERSIÓN |
| <i>Título/propósito:</i> es una declaración breve de la intención del proyecto (usar métricas: financieras, calidad, tiempo de ciclo). | | |
| <i>Necesidades del negocio a ser atendidas:</i> indicar los argumentos (desde la óptica de la empresa) para llevar a cabo el proyecto. ¿Por qué se debe apoyar el proyecto? | | |
| <i>Declaración del problema:</i> resume los problemas que serán abordados. Debe incluir condiciones actuales o históricas, tales como índices de defectos y/o costos por el pobre desempeño, en términos de variables críticas para la calidad (Y). | | |
| <i>Objetivo:</i> es una declaración más específica del resultado deseado. | | |
| <i>Alcance:</i> establecer el aspecto específico del problema que será abordado. | | |
| <i>Roles y responsabilidades:</i> los que intervienen en el proyecto. | | |
| <i>Propietarios:</i> se refiere a los departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto o por sus resultados. | | |
| <i>Patrocinador o champion:</i> directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento. | | |
| <i>Equipo:</i> miembros específicos de los grupos de propietario que juegan un papel activo en el proyecto. | | |
| <i>Recursos:</i> son los procesos, equipos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo, y que se pueden requerir para la realización del proyecto. | | |
| <i>Métricas:</i> variable a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto. | | |
| <i>Fecha de inicio del proyecto:</i> | | |
| <i>Fecha planeada para finalizar el proyecto:</i> | | |
| <i>Entregable del proyecto:</i> incluye todos los beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto. | | |

Fuente: (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

También se utilizará el diagrama de partes interesadas, ya que sin la alta Gerencia no está interesada en este u otro proyecto, el proyecto nace muerto.

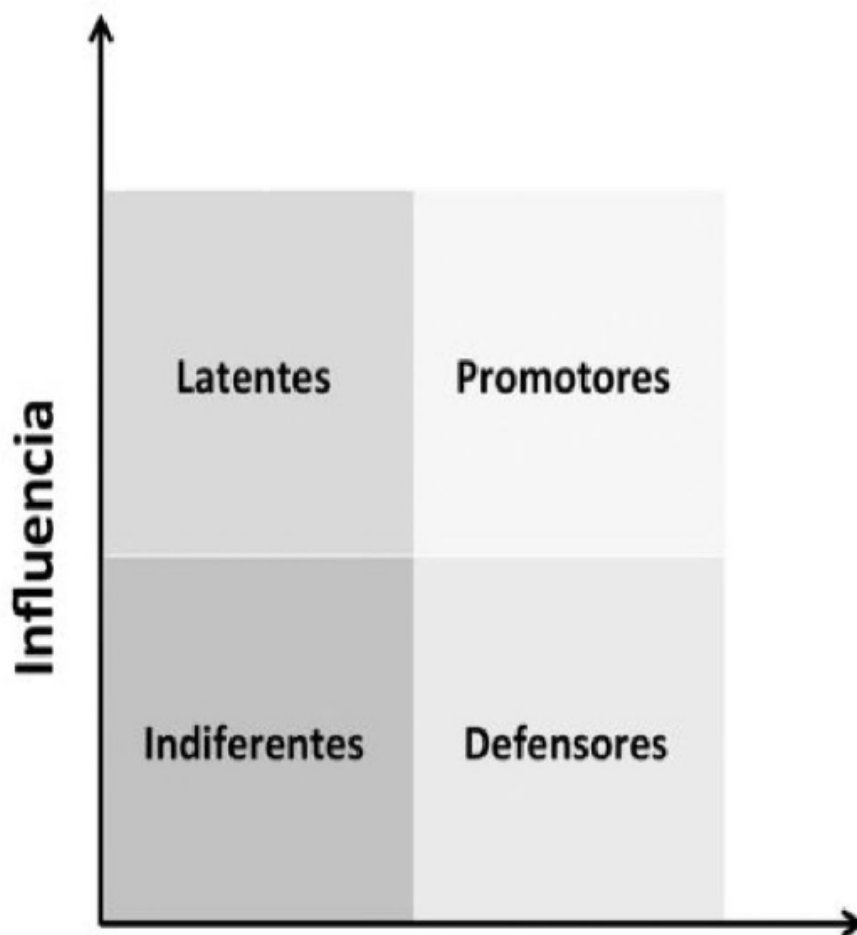
En la matriz de interés se refleja cada uno de los interesados en función del lugar que tomen.

Es de suma importancia tener informado a los interesados para que el encargado del proyecto reciba todo el apoyo que necesite. (Ruedas)

La matriz de intereses en este proyecto se utilizó para poder tener una claridad de quienes son los más interesados, con quienes se pueden contar y a quienes se les puede solicitar ayuda y a quienes no les interesa el proyecto.

Aquí podemos observar un ejemplo de una Matriz de Interés

FIGURA 2. Matriz de interés



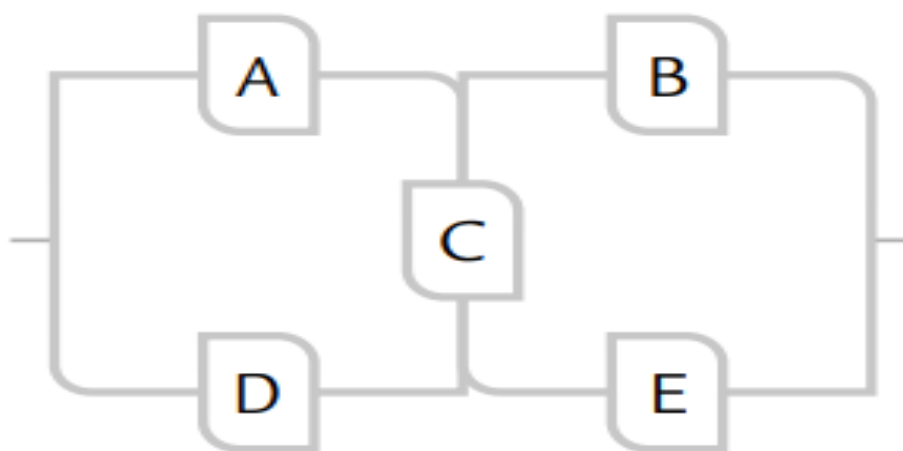
Fuente: (Ruedas)

El Diagrama de proceso se utilizará para identificar cada uno de los subprocesos que están involucrados en la manufactura del número de parte 140423-01 ayudando a entender el proceso de una manera clara y que cualquier persona pueda entender lo que se muestre en el diagrama. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

El diagrama de flujo es una de las herramientas más importantes en este proyecto debido a que no dará una visión de cada uno de los procesos o subproceso por el cual pasa el producto, ya que está desarrollado en dos procesos diferentes, uno que es cuando el material sale de bodega y el segundo proceso es la transformación del producto en lo que el cliente realmente ocupa.

Seguidamente podemos observar un ejemplo de un diagrama de proceso.

FIGURA 3. Diagrama de proceso



Fuente: (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

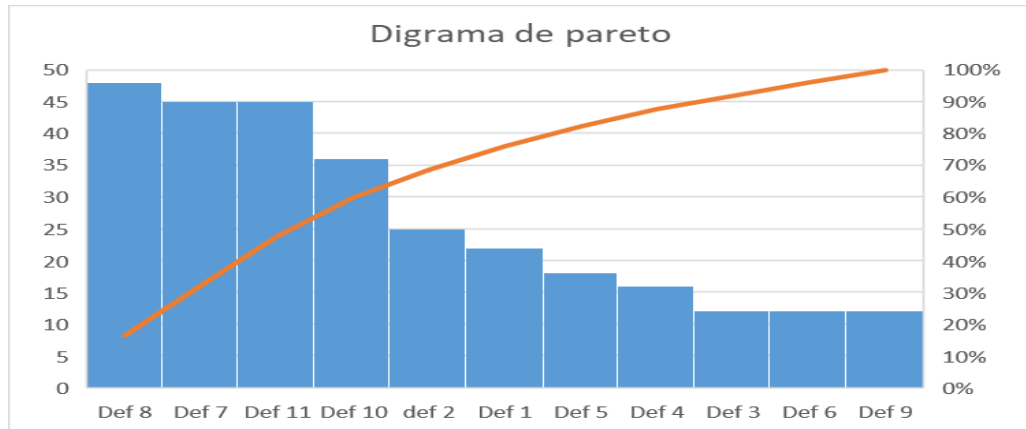
El diagrama de Pareto se utiliza para identificar cuál de los problemas debemos atacar primero, tiene el concepto del 80/20 que significa que arreglando su 20% resuelves el 80% de tus problemas.

En la empresa en cuestión no solo se manufactura un producto, son cerca de ~800 productos diferentes por lo cuál es este caso se usa el Pareto para justificar cual de todos los productos es el más afectado por el retrabajo

quedando en evidencia el producto de más prioridad, pero evidentemente no se realiza la data con el total de números de parte.

A continuación, se presenta un ejemplo de un Diagrama de Pareto

FIGURA 4. Diagrama de Pareto



Fuente: Propia

Los 5 porqués no ayudarán a tener una un acercamiento a la posible causa para poder poner en práctica las posibles soluciones al problema, según la metodología el problema se puede resolver si preguntas uno y otra vez porque hasta llegar a uno posible solución la cual se debe de validar. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Lo 5 porqués para este proyecto se utilizaron después de la tormenta de ideas y para eliminar posibles causas fuera de concepto o que no estuvieran bien relacionados con la causa raíz.

En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de tabla de los 5 porqués.

TABLA 4. 5 porqués

| 5 PORQUES | | | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Hipotesis 1 | Porque 1 | Porque 2 | Porque 3 | Porque 4 | Porque 5 | Resultado |
| Hipotesis 2 | | | | | | |
| Hipotesis 3 | | | | | | |
| Hipotesis 4 | | | | | | |
| Hipotesis 5 | | | | | | |
| Hipotesis 6 | | | | | | |
| Hipotesis 7 | | | | | | |
| Hipotesis 8 | | | | | | |
| Hipotesis 9 | | | | | | |
| Hipotesis 10 | | | | | | |

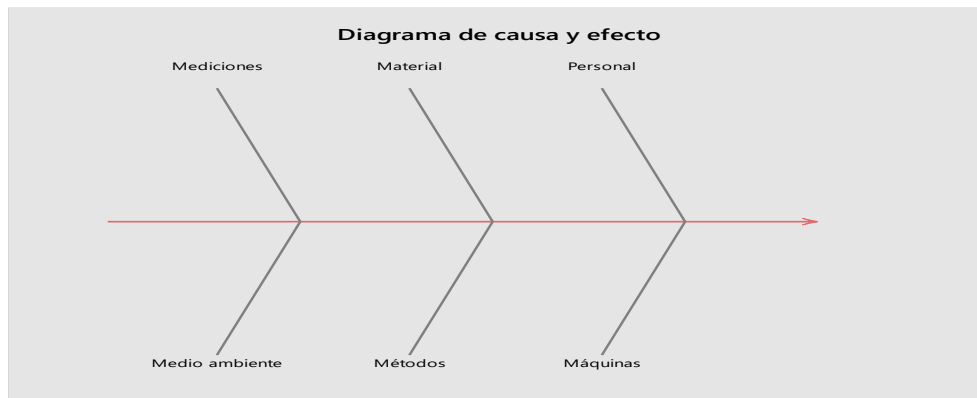
Fuentes: Propia

El Diagrama Ishikawa o Causa y efecto no permite ubicar o clasificar cada una de las posibles causas dentro de las 5M (método, maquina, medición, medio ambiente, mano de obra y materiales. (Humberto Gutierrez Pulido, 2009)

Una vez identificada las posibles causas se asignaron en el diagrama de Ishikawa para poder atacar las posibles causas por segmentos relacionados como las 5M.

A continuación de muestra una figura de un Diagrama de Causa y efecto.

FIGURA 5. Diagrama Ishikawa o causa y efecto



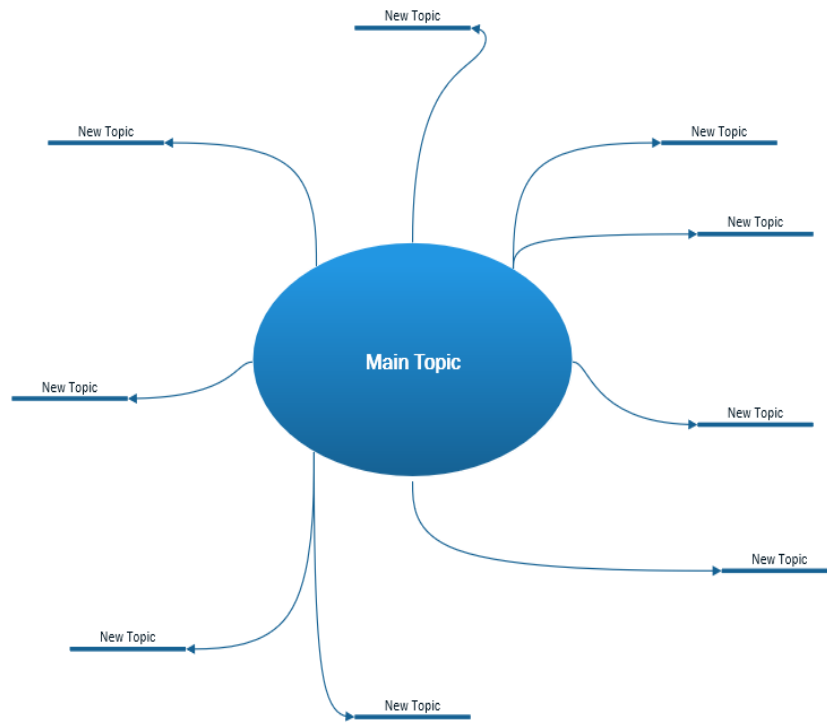
Fuente Propia

La lluvia de idea nos ayudará a establecer diferentes hipótesis de cuáles podrían ser las posibles causas del problema que se está investigando. El método para aplicar una lluvia de idea corresponde a un grupo de personas que conozcan el problema se reúnen y opinan cuál sería la posible causa y todas se deben de tomar en cuenta no importa cuál sea la idea.

La lluvia de ideas fue uno de los pasos más importantes en los que se involucraron diferentes personas de algunas áreas relacionadas con el producto para analizar cada una de ellas detalladamente y crear hipótesis para así poder desarrollar los diferentes experimentos para su comprobación.

En la figura 6 podemos observar un ejemplo de una lluvia de ideas

FIGURA 6. Lluvia de ideas



Fuente: Propia

Una vez definidas las acciones se debe de poner fechas y responsable, para ejecutarlas y recolectar los datos de lo que arrojaron los diferentes procesos retados por cada uno de los responsables.

Se asignaron las acciones, objetivos y responsables para lograr tener una idea de cuáles experimentos se deberían de desarrollar.

A continuación, observaremos una tabla de plan de acción.

TABLA 5. Plan de acción

Proyecto _____ Empresa _____
 Lider _____
 inicio del proyecto _____

| Plan de accion | | | | | | | | | | |
|----------------|------------|-----------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|------|------------|
| Accion | Objetivo o | Responsib | Fechas | | Estado | | | | | Comentario |
| | | | Inicio | Cierre | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| | | | | | x | | | | | |

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

Para este proyecto se utilizaron herramientas Ingenieriles que se caracterizan por ser de las mejores herramientas para la resolución de problemas e incluso son utilizadas en muchas metodologías como DMAIC, KANO, metodologías como Lean Six Sigma entre otros.

Durante el proyecto se fueron utilizando de una forma metodológica para poder llegar una conclusión adecuada, las herramientas que se utilizaron fueron la observación, diagrama de flujo, tormenta de ideas, tabla de recolección de datos, grafico de Pareto, tablas de descartes.

Por medio de la recolección de datos que se realizó de acuerdo al sistema de Epicor luego se ingresaron los datos a una tabla de recolección de datos, se trabajaron en un gráfico de Pareto para poder tener una idea de cuál es el producto más afectado, una vez obtenido estos datos se realizó un diagrama de flujo para poder observar por cuáles procesos pasa el producto,

una vez observado cada uno de los procesos se procede a realizar una tormenta de ideas para luego tabular los datos en una tabla de descarte donde se le da peso a cada una de las ideas y se eliminan las que no aplican al problema, luego se usa el diagrama Ishikagua ubicando cada una de las posibles causas en la 6 M(materiales , método , medio ambiente, maquinaria, medidas, mano de obra) y se le da seguimiento a cada una de las posibles causas por medio de experimentos en cada uno de los procesos has lograr llegar a una posible causa.

Recolección de datos

Por medio de la base de dato de Epicor que utiliza la empresa se pido recolectar datos debido a que la base de datos cuenta con un acumulado de datos de toda la empresa de 3 años, los datos que se recolectaron fueron entre los últimos 6 meses del año 2021 y 2022 los cuáles se descargaron en una hoja de Excel y luego los datos se normalizaron por medio de unas tabla Pivot para poder obtener el producto que con más frecuencia es procesado en el subproceso de Blue Away por medio de un diagrama de Pareto.

Diagrama de Pareto

Una vez que se obtuvieron los datos y se tabularon en una hoja de Excel para poder crear el Pareto, se obtuvo el dato real de cuantas unidades se han procesado por el subproceso de Blue Away y de esta manera se utilizó el Pareto con el concepto de 80/20, una vez que se elimine el 20% se obtendrá una mejora del proceso de 80%, de esta manera una vez obtenidos los datos continuamos con el diagrama de flujo para poder tener una visión real de cómo se manufactura el producto

Diagrama de flujo

Para poder entender el proceso de manufactura con la ayuda del programa Epicor se logró obtener todos los subprocesos por donde pasa el

producto en investigación y de esta manera obtener una idea muy clara de que proceso están involucrados y adonde se debe de ir a investigar con total seguridad.

El diagrama de flujo se utilizó para conocer el proceso completo y cuáles son los subprocesos.

Observación

Una vez ya obtenido el diagrama de flujo se observaron para poder entender el subproceso y genera ideas de cuáles podrían ser las posibles causas del problema que se está estudiando.

La observación nos permite recolectar dato para luego utilizarlos en una tormenta de ideas. Es una de las mejores formas de conocer los procesos y generar posibles causas para la resolución del problema.

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

Con este proyecto se pretende mejorar la cantidad de unidades que se procesan por el subproceso de Blue Away, debido a que el subproceso de Blue Away no está considerado en el costo oficial del producto, anteriormente la cantidad de producto que se procesaba era mínimo (no hay datos de cuanto producto pasaba por el proceso de Blue Away) actualmente el 95% del producto se manufactura por este proceso.

En este proyecto se utilizará la metodología DMAIC, en esta metodología se cuenta con una gran serie de herramientas para poder resolver un problema, como las hojas de recolección de datos que en este caso se estará utilizando una hoja de Excel, una vez obtenido los datos de realizar un gráfico de Pareto, con el gráfico de Pareto podremos observar cuál es el producto con más impacto, de esta manera regresaremos a la hoja de Excel donde obtendremos la cantidad de horas que se ha pagado durante el año que está analizando.

Así obtendremos el punto de partida para saber si la propuesta que se genere mediante la aplicación de las herramientas ingenieriles obtuvo alguna mejora del proceso.

Se observaron cada uno de los procesos minuciosamente y por medio de una tormenta de ideas con personal de los procesos se generaron posibles causas y se ingresaron en una tabla de descartes en la cual se le asigno peso de acuerdo con el voto de las personas que ejecuta cada uno de los subprocesos, se descartaron varias ideas que no estaban relacionadas con el problema y se generaron experimento para comprobar las hipótesis obtenidas en la tabla de descarte.

De acuerdo a los datos obtenido de los experimentos realizado se propone las siguientes, utilizar agua caliente para enjuagar el producto en el área de Cleaning así poder eliminar cualquier residuo que pueda afectar al momento del proceso de tratamiento térmico y disminuir la cantidad de unidades al momento del tratamiento térmico, de acuerdo a lo anterior se solicitan pruebas ingenieriles y por medio de herramientas de recolección de datos se analizan los resultado que se obtuvieron con las propuestas.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

En este proyecto se busca la disminución del material que pasa por el proceso de Blue Away con el fin de mejorar los costos del proceso debido a que este proceso no está incluido dentro de las labores que se le cobran al cliente.

Por medio de las herramientas de la metodología DMAIC se detectaron posibles causas las cuales se midieron con la recolección de datos tomados del programa oficial de la empresa (Epicor) se realizó un Pareto para lograr obtener el producto con mayor problema, luego se verifico cuánto dinero se ha pagado en el transcurso de un año.

Para poder implementar la posible solución del proceso se debe de colocar una maguera con agua a 40°C y enjuagar el material durante el

subproceso de Cleaning antes de que pase al proceso de tratamientos térmico y disminuir la cantidad de unidades por lote al momento del tratamiento térmico, este tratamiento consiste en aplicarle calor a material para aumentar su resistencia al realizar un proceso de rectificado.

Se debe de correr una prueba de tres Jobs o lotes de trabajo con 50 unidades debidamente identificadas, tres lotes de 50 unidades para la prueba con agua caliente y tres lotes para la prueba de lotes con 50 unidades.

Se le debe de dar seguimiento y recolectar datos de inspección visual para tratar de detectar si alguna unidad presenta oxidación e ingresar los datos una hoja de Excel para luego verificar que tan efectiva fue la propuesta.

Una vez obtenidos los datos se debe de solicitar al departamento de ingeniería la modificación de proceso y hacer una corrida más representativa recolectar los datos por medio de la base de datos para poder ingresarlos en un Pareto y observar si hay algún cambio significativo luego se debe de comparar cuantas horas de trabajo se necesitaron en el subproceso de Blue Away para cuantificar el dinero, en algunos casos y por el tipo de producto el departamento de ingeniería debe de solicitar la aprobación del cliente para cualquier cambio en el proceso debido a la naturaleza del producto en este caso un producto médico y en algunos caso esa aprobación tarda en llegar a la empresa.

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

Por medio de la recolección de datos se deben de realizar auditorías mensuales para verificar que las implementaciones de mejoras están teniendo resultado, estos datos se deben de tomar de la base de datos de Epicor y realizar una comparativa entre el material que entran al proceso inicialmente y el material que paso por el subproceso de Blue Away.

Se debe asignar una persona para el seguimiento de este proceso y que los cambio que se plantearon se sigan al pie de la letra.

Por medio de grafico se debe de presentar mensualmente un reporte demostrando, si lo cambio fueron acertados.

CAPÍTULO IV LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Descripción de la situación actual

En este capítulo se presentará la situación actual y como se recolectaron cada uno de los datos.

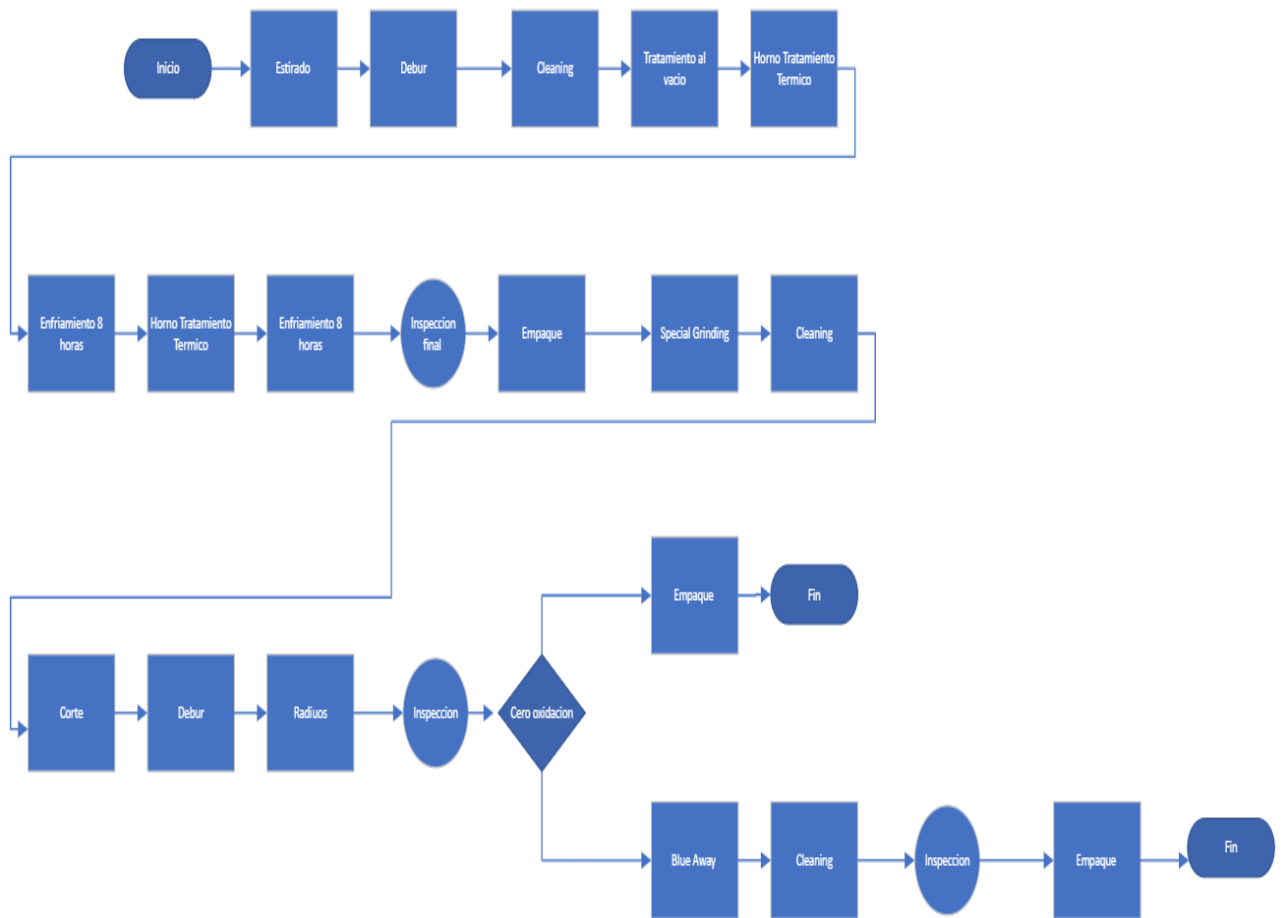
4.2 Descripción General del proceso

A continuación se describe el proceso de una manera resumida, ya que más adelante se entrará en más detalle, el proceso comienza cuando el personal de logística hace el requerimiento del producto el cual llega a la persona de bodega y entrega la materia prima en una bobina al área de estirado, en el área de estirado la bobina se monta en una máquina que pasa por un proceso de torsión, estirado y se corta a la medida que se requiere, una vez que el proceso de estirado se efectuó se transporta el material en un tubo de pbc cortado a la mitad que son llamadas bandejas para la siguiente operación llamada Debur, en Debur un operador toma cierta cantidad de unidades y le aplica un pulido en la punta de los alambres una vez que Debur ya ha procesado todas las unidades el material se pasa al área de Cleaning para que sea lavado bajo un procedimiento para eliminar cualquier agente que pueda afectar al subproceso de tratamiento térmico, durante el tratamiento térmico el producto es tratado al vacío para eliminar el oxígeno y luego se ingresa al horno de acuerdo a la especificación del cliente, luego del tratamiento térmico se procede con la inspección de calidad se empaca y se envía al siguiente proceso, en Special Grinding, en este subproceso se le aplica un desgaste para poder darle la forma que el cliente requiere, el proceso se le llama rectificado, con una máquina especial que le aplica fricción con dos ruedas para darle la forma requerida, luego de este subproceso se vuelve a enviar al subproceso de Cleaning para lavar el producto y removerle todo residuo de Coolan y cualquier tipo de agente oxidante que puede tener el material, una vez con el producto limpio se envía al subproceso de corte para darle tamaño que se necesita una vez con el tamaño requerido se traslada al subproceso de Debur para que le realicen un pulido en las puntas del material para evitar que dañe a cualquier persona que

manipule el producto por medio de una piedra de pulido, una vez que se le realizó el subproceso de Debur se le aplica el subproceso de Radius donde en la misma máquina de Debur se le da forma requerida por el cliente a la punta del producto, luego se traslada el producto al área de calidad para que se le realice una inspección, si el producto está bajo los requerimientos de calidad del cliente el producto se envía al subproceso de empaque de lo contrario se transporta para el subproceso de Blue Away donde con una esponja de lavar trastos se le aplica con la mano dándole presión para quitar toda oxidación presente en el producto, luego se regresa a el subproceso de Cleaning para que se vuelva a lavar y quitar todo residuo que tenga el producto, luego se vuelve a pasar a la inspección de calidad para asegurarse que el producto con el subproceso de Blue Away se eliminará toda oxidación presente, luego se empaca en unos tubos de plástico y se envía el producto al cliente.

A continuación, se representa el proceso completo del producto en cuestión en el diagrama de flujo.

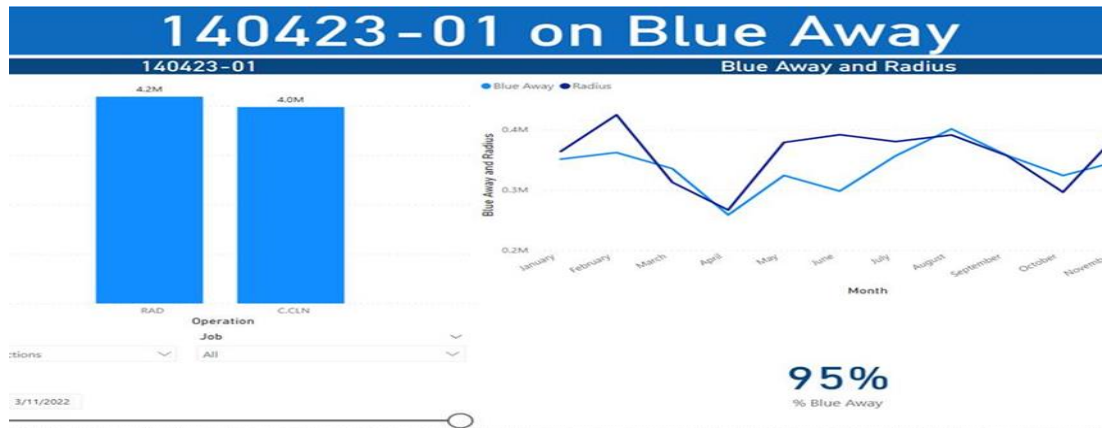
FIGURA 7. Figura diagrama flujo del proceso completo



Fuente elaboración Propia

En la figura 8 tenemos un gráfico donde se muestran dos operaciones, las operaciones se están comparando para tener una idea de cuanto producto está pasando por el subproceso de Blue Away, en el rango de 12 meses se ha ingresado al área de manufactura a la operación de Rad un monto de 4.2m y por Blue Away 4.0m por lo que se concluye que un 95% de producto que entró al área de manufactura fue trabajado por el subproceso de Blue Away por lo tanto se considera un asunto que se debe de atender debido a que el proceso de Blue Away no está dentro de las actividades que se le cobran al cliente lo que significa que el producto tiene un costo mayor por los subprocesos adicionales que se le están aplicando.

FIGURA 8. Porcentaje de unidades del número de parte 140423-01 que pasa por Blue Away



Fuente: elaboración Propia

Una vez obtenido el dato de cuanto material pasa por el proceso de Blue Away del mismo archivo podemos obtener la cantidad de horas hombre que se pagó durante cada mes estudiado, en la tabla número 2 podemos apreciar la cantidad de dinero por mes que le costó a la empresa procesar el producto de número de parte 140423-01 por problemas de oxidación, esto debido a que Blue Away no es una operación que se costó desde un principio cuando se desarrolló el producto, ya que el producto inicialmente no necesitaba el proceso de Blue Away porque este no presentaba problemas de oxidación.

Se puede apreciar que el monto es bastante alto por lo cual la empresa ocupa que el problema sea atendido.

FIGURA 9. Gastos pagados por mes en Blue Away

| Month | Blue Away | Cost Blue Away |
|----------------|----------------|----------------------|
| January FY22 | 351265 | \$ 16,049.30 |
| February FY22 | 362171 | \$ 16,547.59 |
| March FY21 | 335568 | \$ 15,332.10 |
| April FY21 | 258886 | \$ 11,828.50 |
| May FY21 | 324254 | \$ 14,815.17 |
| June FY21 | 298250 | \$ 13,627.04 |
| July FY21 | 356714 | \$ 16,298.26 |
| August FY21 | 401302 | \$ 18,335.49 |
| September FY21 | 357388 | \$ 16,329.06 |
| October FY21 | 324085 | \$ 14,807.44 |
| November FY21 | 348091 | \$ 15,904.28 |
| December FY21 | 262067 | \$ 11,973.84 |
| Total | 3980041 | \$ 181,848.07 |

Fuente: Elaboración Propia

Durante el proceso normal de manufactura del producto que pasa por el subproceso de Cleaning que consiste en quitar toda contaminación antes de que el producto proceda al subproceso de tratamiento térmico, después el producto continúa su proceso normal y cuando llega a inspección final debería de proceder a la exportación, pero si el producto es rechazado por no cumplir con los estándares del cliente se envía al subproceso de Blue Away y luego se debe de lavar otra vez e incluso inspeccionar, algunas veces el producto se rechaza dos veces y debe de pasar por Blue Away dos veces e igual que por Cleaning.

En la tabla 6 podremos tener una idea de cuanto le cuesta a la compañía re TRABAJAR en Cleaning el producto estudiado. Realizando un recuento del total del re trabajo que se están invirtiendo para poder trabajar este producto es un monto de \$187,130.65 por año

TABLA 6. Dinero pagado en Cleaning por re trabajo

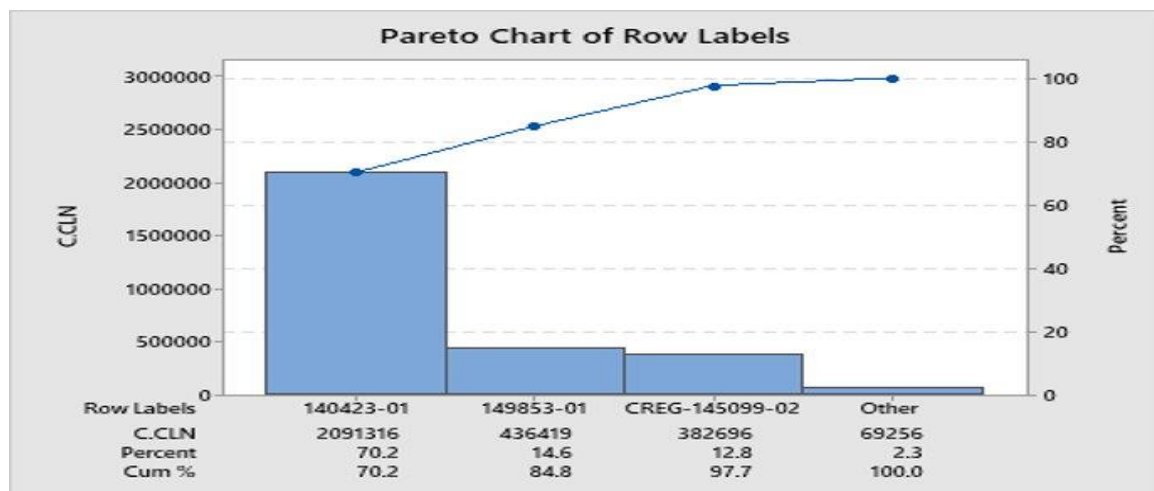
| Valor promedios horas hombre dolares | | \$ 2.90 | |
|--------------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
| Operation Cleaning | Part 140423-01 | Total horas por mes | Total dolares pagados por mes |
| | Jan | 143.21 | \$ 415.31 |
| | Feb | 119.63 | \$ 346.93 |
| | Mar | 151.1 | \$ 438.19 |
| | Apr | 129.54 | \$ 375.67 |
| | May | 158.57 | \$ 459.85 |
| | Jun | 194.9 | \$ 565.21 |
| | Jul | 205.28 | \$ 595.31 |
| | Aug | 209.64 | \$ 607.96 |
| | Sep | 143.85 | \$ 417.17 |
| | Oct | 136.6 | \$ 396.14 |
| | Nov | 125.43 | \$ 363.75 |
| | Dec | 103.83 | \$ 301.11 |
| Totales | | 1821.58 | \$ 5,282.58 |

Fuente: Elaboración Propia

En la figura número 9 tenemos un Gráfico de Pareto donde por medio de los datos que tomamos del programa Epicor se obtuvo los datos necesarios para poder demostrar que el número de parte 140423-01 es el que más frecuencia tiene al pasar por el subproceso de Blue Away.

Si se logra encontrar una solución a este problema de acuerdo con el Pareto se estaría resolviendo el 80% de los productos que pasa por subproceso de Blue Away.

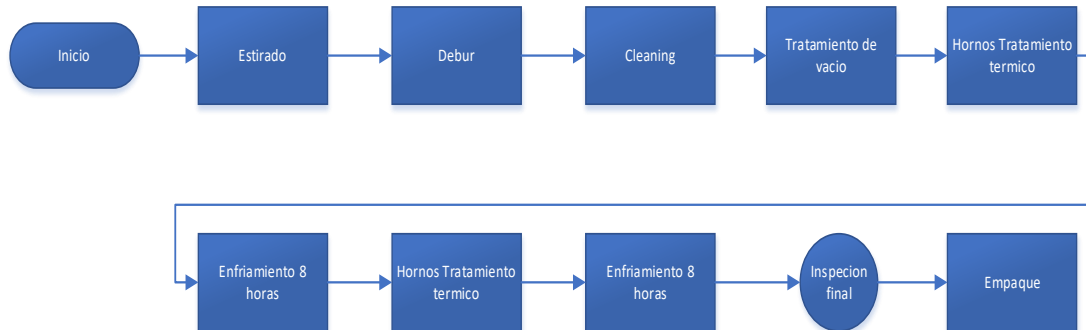
FIGURA 10. Comparativos números de partes que pasan por Blue Away



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 11 se representa un diagrama de flujo con cada uno de los subprocesos del producto 140423-01-MTL, este no es el producto final debido a que luego de pasar por este proceso el producto sufre un cambio, durante el primer proceso el producto tiene una diferencia de tamaño que anda cerca de 3 metros y el producto final quedaría mucho más pequeño.

FIGURA 11. Diagrama de flujo número de parte 140423-01-MTL



Fuente: Elaboración Propia

Estirado: La materia se entrega al área de estirado en forma de bobinas para un proceso de estiramientos verificando torsión para que el producto salga derecho y a la medida que el proceso lo requiere, se deben de tener cuidados con algunos materiales, ya que no pueden ser tratados todos de la misma forma, por ejemplo, los alambres con recubrimiento, algunos defectos pueden ser doble corte, ondulados, medidas, rayados.

Debur: Luego que el producto se le aplicó la torsión y fue estirado se le debe de hacer un proceso de Debur que consiste en rectificar las puntas de cada alambre para que no sea punzocortante, además que no lleva sobrantes o golpes en las puntas, puntas dobladas, ondulaciones, cuidando que el material el exceso de oxidación y puntas quemadas.

Cleaning: Luego del proceso de Debur se pasa al área de Cleaning donde el material es lavado con agua y jabón en una máquina ultrasónica para quitarles cualquier residuo de contaminación luego se seca por un determinado tiempo de acuerdo con las especificaciones del cliente, se le controla la temperatura por medio de una pistola de calor para luego llevarlo al proceso siguiente.

Tratamiento de vacío: En el tratamiento térmico al vacío, la mayor parte de los elementos reactivos como el oxígeno se eliminan mediante un horno de vacío para evitar la decoloración y la oxidación y mejorar la resistencia del

material, si por alguna razón la bomba de vacío pierde presión automáticamente el producto sale oxidado.

Hornos tratamiento térmico: Luego el material se ingresa al horno para darle endurecimientos, antes de esto se debe de llevar el horno a cierta cantidad de temperatura para poder ingresar el material, el material debe de permanecer en el horno durante cierto tiempo según las especificaciones del cliente, luego de que cumpla el tiempo requerido debe de ser retirado del horno y pasar al siguiente paso.

Enfriamiento 8 horas: Se toma el material y se saca del horno aun dentro del tubo de la bomba de tratamiento térmico y se deja enfriar al medio ambiente durante 8 horas o un poco más, se debe de porta el equipo de protección personal, ya que se estará trabajando con un producto a muy altas temperaturas.

Hornos tratamiento térmico: Luego de nuevo se ingresa al horno por media hora más.

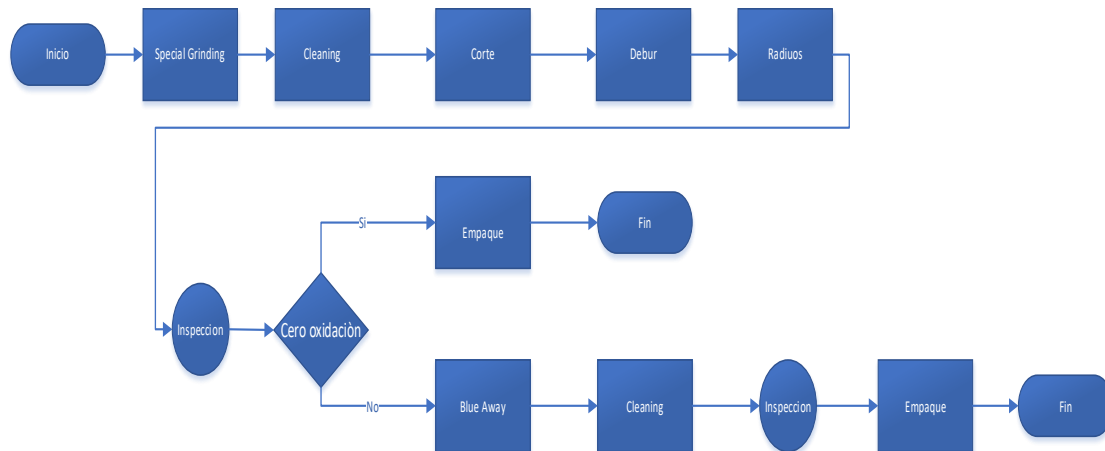
Enfriamiento 8 horas: Luego de la última media hora en el horno se vuelve a dejar a enfriar durante 8 horas al medio ambiente, se retira el material de del tubo de la bamba de vacío y el operador debe de hacer una inspección visual para verificar que no tenga oxidación por fallo de bomba de vacío.

Inspección final: Una vez que el material se enfrió se toma y se transporta al área de inspección final para que el departamento de calidad se asegure que se encuentra dentro de los estándares de calidad y los requerimientos del cliente, si el material presenta alguna no conformidad se debe de notificar al departamento de ingeniería para su posible solución.

Empaque: En empaque se ingresa el material en una bolsa tubular y se sella a ambos lados para mantenerlo limpio y se le deben de agregar las identificaciones que requiere el proceso, luego se transporta a la bodega y se queda en espera para cuando el departamento de logística lo requiera y sea procesado en las siguientes operaciones.

En el diagrama de flujo en la figura 12 tenemos el proceso final del producto 140423-01, se muestran cada uno de los subprocesos y cuál sería el proceso ideal si no requiere Blue Away.

FIGURA 12. Diagrama de flujo número de parte 140423-01



Fuente: Elaboración Propia

Special Grinding: Es un área que usa máquinas de rectificado de alambres metálicos a los cuales se le da la forma según las especificaciones requeridas por los clientes según su aplicación y detalle, cuidando todos los requerimientos de calidad del producto que son controladas por los parámetros que se le programan a las máquinas para luego ser revisadas en los sistemas de medición y verificación de medidas del producto.

Cleaning: en el área de Cleaning donde el material es lavado con agua y jabón en una máquina ultrasónica para quitarles cualquier residuo de contaminación luego se seca por un determinado tiempo de acuerdo con las especificaciones del cliente, se le controla la temperatura por medio de una pistola de calor para luego llevarlo al proceso siguiente.

Corte: Se transporta al área de corte donde con una máquina con guillotina se le corta el exceso de material y se le da el tamaño que el cliente lo requiere, en esta situación como la máquina de Special Grinding no corta el material al tamaño que lo solicita el cliente se debe de cortar en el lado rectificado para que el material ya obtenga la medida que el cliente necesita.

Debur: Luego que el producto se le dio el corte para cumplir con las especificaciones de medidas que el cliente solicita se le debe de hacer un proceso de Debur que consiste en suavizar las puntas de cada alambre para que no sea punzocortante, además que no lleva sobrantes o golpes en las puntas, puntas dobladas, ondulaciones, cuidando que el material el exceso de oxidación y puntas quemadas

Radios: Con la misma máquina de pulir se les da forma a las puntas de cada una de las unidades y se termina de suavizar debida que ya esta sería el producto final que el cliente estaría esperando, es de mucha importancia que la operación de Radios quede de acuerdo con las especificaciones debidas a que cada unidad se usara para operaciones en seres vivos y que cualquier punta que no quede de la manera adecuada podría provocar lesiones internas en los pacientes

Inspección: Se revisa el material para ver si concuerda con las especificaciones del cliente, tamaño, forma, que no tenga oxidación. Si el material cumple con las especificaciones se transporta para empaque y luego al cliente, de lo contrario se debe de retrabajar en el subproceso de Blue Away.

Empaque: En empaque se ingresa el material tubo de ciertas medidas requeridas por le clientes sujetos con termo encogible y gazas para evitar que el producto se dañe, luego realizan grupo de 23 tubos con material y se empacan en una bolsa especial para luego agregarle las identificaciones requeridas y se almacenan en un estante a la espera que el departamento de exportación se lo lleve y lo envíe al cliente final.

Blue Away: Proceso de retrabajo debido al material con presencia de oxidación se detectó en la inspección final se envía al subproceso de Blue Away donde con una esponja de lavar platos se debe de frotar todo el material hasta que no tenga ningún indicio de oxidación, luego de que el material esté listo, se debe de lavar en el área de Cleaning adicionalmente

para luego pasarlo de nuevo a inspección final donde se le da el visto bueno para que el producto pueda ser enviado al cliente.

A continuación, en la tabla 7 tenemos el marco del proyecto con la información necesaria para poder desarrollar este proyecto.

TABLA 7. Marco del proyecto

| | | | |
|--|--|--|--|
| Empresa | TE CONECTIVITY | | |
| Proyecto | Propuesta de mejora del subproceso de Blue Away | | |
| Departamento | Produccion | | |
| Proceso | Empresa de manufactura de alambres | | |
| Marco del Proyecto para mejorar el proceso de Blue Away | | | |
| Propósito | Disminuir la cantidad de producto que pasa por Blue Away | | |
| Necesidad del Negocio de ser atendida | El proceso de Subproceso de Blue Away es una contención debido a una queja del cliente, esto incrementa el costo ya que no se valido con el subproceso de Blue Away. | | |
| Declaración de problema | Cuando Control de calidad rechaza el producto porque presenta oxidación , este producto debe de pasar por el subproceso de Blue Away, debido a esto se incrementan los subprocesos, esto causa que en algunas ocasiones no se pueda entregar el producto a tiempo y para poder lograrlo de debe tomar recurso de otras área causando el atrasos de otros producto. | | |
| Objetivo | Reducir los problema de oxidación del material 140423-01 que pasa por el subproceso de Blue Away por medio del método DMAIC para mejorar el flujo del proceso y el costo del producto | | |
| Alcance | Lograr disminuir o eliminar para mejorar el costo y la calidad del producto | | |
| Roles y Responsabilidades | M.C (Produccion) D.V (Gerencia) E.G (Ingeniería) | | |
| Propietario | Departamento de Producción | | |
| Patrocinador | Departamento de Producción | | |
| Equipo | M.C (Produccion) D.V (Gerencia) E.G (Ingeniería) | | |
| Recursos | Registrops de Calidad y base de datos de epicor | | |
| Métricas | Base de datos de Epicor | | |
| Fecha inicio del Proyecto | 10/5/2022 | | |
| Fecha Planeada de entrega del proyecto | 30/10/2022 | | |
| Entregable del proyecto | Entrega del proyecto con sugerencia del proyecto | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 podemos observar cuáles son las personas o el personal en este caso los departamentos que hay que satisfacer los que pueden colaborar, los de poca influencia y los de mucha influencia.

Definir estos puntos es suma importante ya que de esto depende la efectividad del proyecto.

TABLA 8. Matriz de intereses

| | | |
|-------------------|---|------------------|
| Empresa | TE CONECTIVITY | |
| Proyecto | Propuesta de mejora del subproceso de Blue Away | |
| Departamento | Produccion | |
| Proceso | Empresa de manufactura de alambres | |
| Matriz de interes | | |
| Poco interes | Sastifascer | Colaborar |
| | Produccion | Ingenieria |
| | Observar | Comunicar |
| Mucho interes | Calidad | Produccion |
| | Poca influencia | Mucha influencia |

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Medir

En esta etapa se justifica el proyecto demostrando con datos lo que se requiere atender.

Los datos a continuación en la tabla 6 fueron obtenidos mediante un reporte del programa de Epicor, los datos obtenidos son los gastos adicionales que se ha pagado debido al subproceso de Blue Away y Cleaning, este dato es un promedio del salario por hora de las personas que han invertido tiempo en el proceso de Blue Away, luego de haber obtenido el promedio por horas pagadas se multiplicó por el total de horas invertidas para obtener un estimado del pago total en los subprocesos mencionados.

De esta forma tenemos un dato con el cual podremos comparar para poder calcular el estimado de la mejora del proceso.

TABLA 9. Dinero pagado entre 2021 y 2022

| Datos dinero pagado año 2021, 2022 | | |
|---|--------------|-------------------|
| Meses | Blue Away | Cleaning |
| Enero | \$ 16,049.30 | \$ 415.30 |
| Febrero | \$ 16,547.59 | \$ 346.93 |
| Marzo | \$ 15,332.10 | \$ 438.19 |
| Abril | \$ 11,828.50 | \$ 375.67 |
| Mayo | \$ 14,815.17 | \$ 459.85 |
| Junio | \$ 13,627.01 | \$ 565.21 |
| Julio | \$ 16,297.26 | \$ 595.31 |
| Agosto | \$ 18,335.49 | \$ 607.06 |
| Septiembre | \$ 16,329.06 | \$ 417.17 |
| Octubre | \$ 14,808.44 | \$ 396.14 |
| Noviembre | \$ 15,909.28 | \$ 363.75 |
| Diciembre | \$ 11,973.84 | \$ 301.11 |
| Totales | \$ | 187,134.73 |

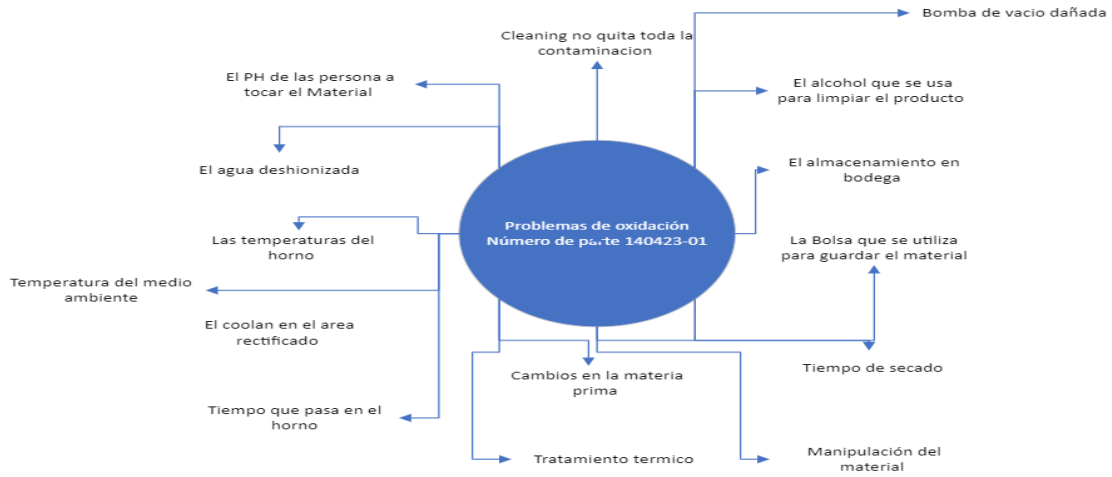
Fuente: Elaboración Propia

Se realiza una tormenta de ideas tomando en cuenta inclusive al personal de planta donde ellos tienen varias teorías. En el caso de las tormentas de ideas no se debe de desestimar ninguna de las ideas todas son válidas y se debe de comprobar.

En la figura 12 podemos observar el resultado de la Tormenta de ideas, la tormenta de ideas se realizó por medio de una reunión con varias de las personas que están involucradas en el proceso y se le realizó la siguiente pregunta, " Que creen ustedes que este provocando la oxidación en el producto 140423-MTL" todas las respuestas fueron tomadas en la tormenta de ideas para ser analizadas una por una y así poder llegar a una posible causa raíz y poder realizar los experimento de campo y compara los resultado obtenidos para poder analizar la posible causa y luego retar al proceso en una producción real.

FIGURA 13. Tormenta de ideas

Tormenta de ideas 140423-01 Oxidación

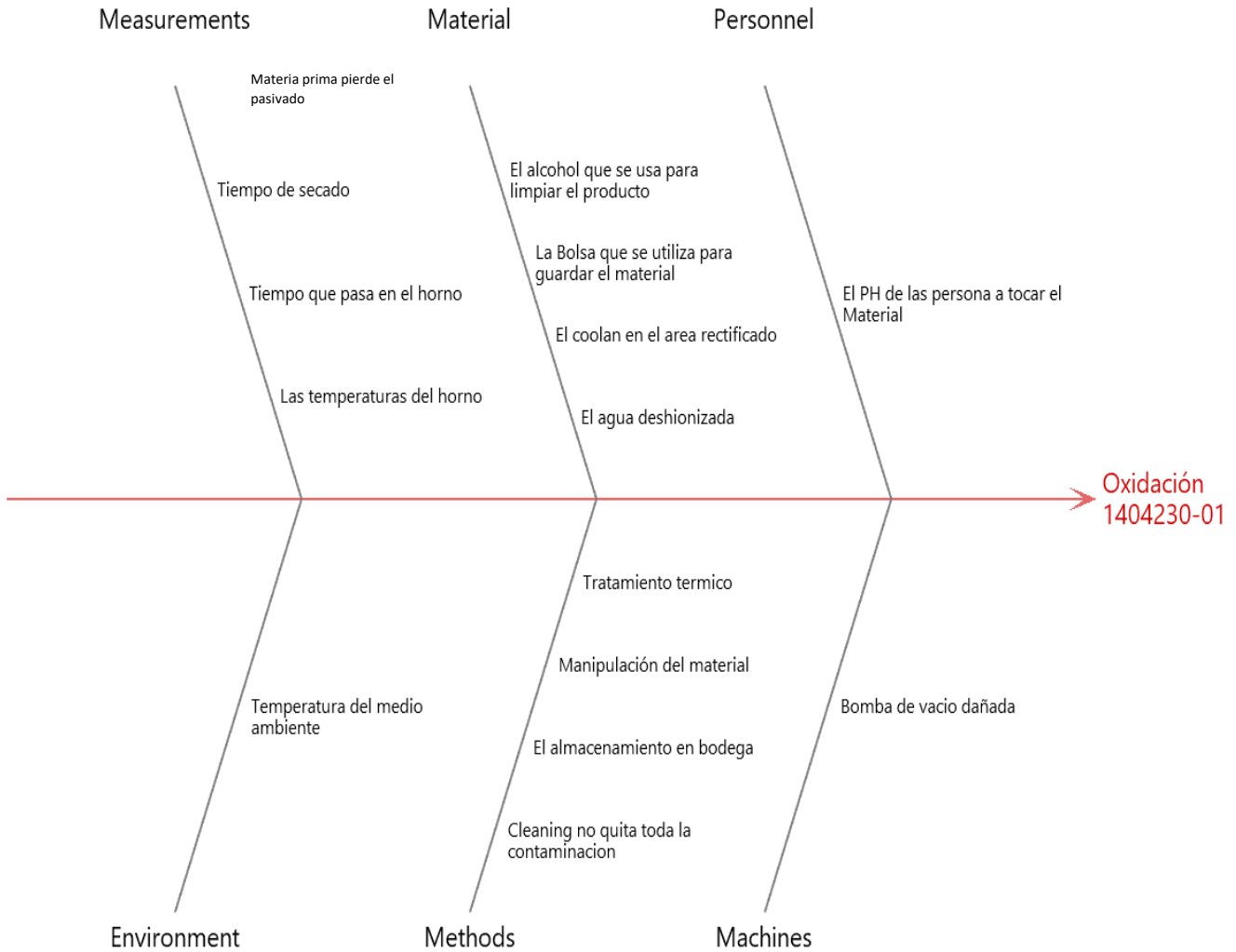


Fuente: Elaboración propia

Una vez que se obtuvieron los datos de la tormenta en la figura 13 se ubicaron en cada una de las 6M, cada una de las posibles causas raíz de se agregaron en el diagrama Ishikawa clasificando en cada una de las 6M para poder abarcar de una forma más exacta cada una de las posibles causas, es de mucha importancia que sean bien clasificada, ya que nos ayuda a identificar el problema y observar de forma gráfica todos los factores que se involucran en el proceso productivo. En la figura 14 podemos observar cómo se clasificaron cada una de las posibles causas tomadas durante la tormenta de ideas y clasificadas en las 6M del Diagrama Ishikawa.

FIGURA 14. Diagrama de Ishikawa Oxidación 140423-01

Oxidación en el número de parte 140423-01



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra un análisis de los 5 porqués donde se tratará de encontrar las posibles soluciones, los 5 Porques se utilizaron para poder clasificar sistemáticamente las posibles causas raíz teniendo como objetivo principal encontrar una posible causa, la técnica consistió en realizar repetidamente preguntas sobre las respuestas de las preguntas anteriores empezando cada una de las preguntas con un porque hasta llegar a una posible solución, en algunas ocasiones fue necesario llegar hasta los cinco porque para poder encontrar una posible causa.

TABLA 10. Matriz 5 Porqués

| 5 PORQUES | | | | | | |
|--|---|---|-----------------------------------|---------------------|----------|--|
| Hipótesis | Porque 1 | Porque 2 | Porque 3 | Porque 4 | Porque 5 | Resultado |
| Cleaning no quita toda la contaminación | Porque no se lava bien | Porque el jabón no quita toda la contaminación | Porque el jabón no es el indicado | | | Hacer pruebas con otros jabones |
| El almacenamiento en bodega | Porque pasa mucho tiempo almacenado | Porque planing no lo pide a tiempo | Porque no lo ocupa | Porque hacen Kamban | | Solicitar que el material viaje mas rápido |
| Manipulación del material | Porque el personal no manipulación de acuerdo al las especificaciones | Porque no usan guantes | Porque son muy incomodos | | | Obligar a personal seguir el procedimiento |
| Tratamiento térmico | Por fallo de maquina | Por falta de mantenimiento | No hay tiempo | | | Solicitar MP para las maquinaria |
| El alcohol que se usa para limpiar el producto | El alcohol no es puro | Es 99% alcohol y 1% agua | Poque no hay alcohol mas puro | | | Hacer pruebas con el alcohol |
| La Bolsa que se utiliza para guardar el material | Porque antes se utilizaba otra bolsa | | | | | Revisar si hubo cambio de bolsa |
| El coolan en el área rectificad | Porque es una disolución en agua | Porque no se controla | Falta de recurso | | | Hacer prueba con el coolan |
| El agua desionizada | La maquina falla al hacer el agua | | | | | Hacer prueba con el agua |
| Tiempo de secado | El personal no respeta el tiempo de secado | Porque tienen que producir | | | | Revisar el método de secado |
| Tiempo que pasa en el horno | El persona no sigue el procedimiento | Por cumplir producción | | | | |
| Las temperaturas del horno | Temperatura no adecuada para el producto | No todos los materiales usan la misma temperatura | Por la propiedades del material | | | Revisar las temperatura adecuada para el producto |
| El PH de las persona a tocar el Material | Porque no usan guantes al tocar el material | | | | | Verificar que el personal use guantes |
| Temperatura del medio ambiente | Porque hace mucho calor | No sirve el aire acondicionado | falta de mantenimiento | Falta de recursos | | Verificar que la areas tenga ambientes controlados |
| Bomba de vacío dañada | Por falta de mantenimiento | Falta de recursos | | | | Solicitar MP para las maquinaria |

Fuente: Elaboración propia

Análisis de diagrama causa y efecto

4.4 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de las medidas:

Tiempo de secado: se descarta debido a que se sigue un procedimiento en el área de Cleaning y se mide con un termómetro antes de empacar para saber si el producto está realmente seco, también se realiza

una auditoria con una servilleta que se frota contra el material para evidencias cualquier tipo de humedad.

Tiempo que pasa en el horno: se descarta, el horno tiene un controlador de tiempo que se programa y se usa como una alarma que suena cuando se cumple el tiempo para sacar el producto del horno.

Temperatura del horno: se toma como posible causa debido a que los materiales pierden sus propiedades si se les aplican las temperaturas incorrectas.

Según Fort Wayne Metal proveedor del producto Alambre metálico 304V en su página Web menciona lo siguiente: Existe un fenómeno de precipitación de carburos que ocurre entre 427 y 899°C que reduce la resistencia a la corrosión de la aleación.

4.5 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de los Materiales:

El Alcohol que se usa para limpiar el producto: aunque el alcohol contiene 1% de agua no es un agente que contribuya con la oxidación, ya que se utiliza en las mayorías de los productos médicos. Ver figura 14, se realizó un experimento manteniendo una muestra del producto en una bolsa con alcohol durante más de un mes y el producto no presento indicio de oxidación.

FIGURA 15. **Muestra en alcohol 1-7-22 hasta 15-10-22**



La bolsa que se utiliza para almacenar el producto: según los operadores antes el producto se empacaba en una bolsa diferente, pero no hay ninguna evidencia, se le consultó al departamento de compras y ellos menciona que no han cambiado de proveedor ni de producto.

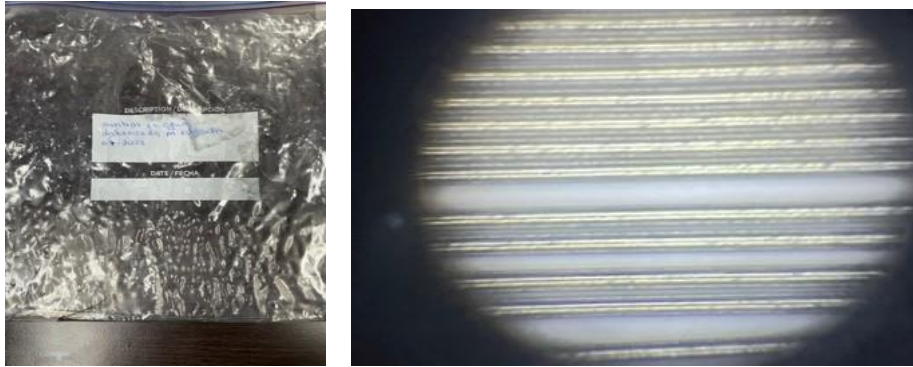
El Coolan que se utiliza en el área de rectificado: El Coolan es un agente que normalmente se utiliza para el mantenimiento y lubricación de materiales, y en este caso se descarta debido a que el material cuando llega al proceso de rectificado ya posee oxidación y luego de pasar por la operación la parte oxidada es solo la que no tiene el rectificado. La muestra que se dejó en TK 200 que es un producto que se utiliza para evitar que cuando el número de parte 140123-0-MTL se ha procesado en las máquinas de rectificado se caliente y se dañe, igual se descarta porque el material ya se recibe oxidado cuando llega a esta operación. Ver figura 14 como evidencia.

FIGURA 16. Muestra en TK 200, 1-7-22 hasta 15-10-22



El agua desionizada: Este agente es tratado por una máquina para extraer los Cationes, Calcio, Hierro y aniones, pero puede que la máquina no esté trabajando adecuadamente por lo tanto se puede tomar como un agente contribuyente. Estas muestras son las que mejor se ven, no tiene ninguna evidencia de oxidación

FIGURA 17. Muestra en TK 200, 1-7-22 hasta 15-10-22



Materia Prima pierde sus propiedades de pasivado, según (Albertis, 2020) en su página web menciona que la aplicación de la torsión y presión puede provocar pérdidas de propiedades y alguna de las propiedades podrían ser el pasivado que le aplica para la protección contra la oxidación por esta razón se toma como posible causa la pérdida de propiedades de la materia prima.

4.6 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del Personal:

El PH del personal al tocar el material: Según marjoya.com en su página Web menciona que el PH de las personas puede provocar ciertos aspectos que pueden confundirse como oxidación debido al PH de las personas, pero en este caso se descarta debido a que el personal usa guantes para manipular el producto.

FIGURA 18. Manipulación del producto



4.7 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del ambiente:

Temperatura del medio ambiente: La temperatura del medio ambiente se descarta, ya que el proceso pasa por áreas de ambientes controlados.

4.8 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas del Método:

Tratamiento térmico: el tratamiento térmico se debe de tomar como un factor contribuyente debido a que es un proceso muy delicado y que cualquier variable durante el proceso afectaría el producto.

FIGURA 19. Controles de temperatura de tratamiento térmico



El tratamiento térmico se toma como un factor contribuyente, porque si esta falla automáticamente el producto sale oxidado cuando esto sucede producto se envía a Blue Away, y el departamento de calidad no lo rechaza.

Manipulación del material: se debe de tomar como un factor contribuyente porque se deben de seguir ciertos estándares de manipulación de material para lograr que el material no se contamine antes de ser ingresado a la bomba de vacío.

En el procedimiento de tratamiento térmico menciona como se debe de manipular el producto y la limpieza que se le debe de hacer al tubo de la

bomba de vacío para que el producto no salga oxidado si este procedimiento no se ejecuta correctamente el producto sale oxidado desde ese punto.

Almacenamiento en la bodega: se descarta como factor contribuyente porque no se presenta ningún agente que pueda afectar el producto solo se guarda en una bolsa sellada por ambos lados.

Cleaning no quita toda la contaminación: Se debe de tomar como factor contribuyente, en el área de lavado debe de ser capaz de quitar toda la contaminación al material para que el proceso de vacío y horno no sea afectado, para poder comprobar esta hipótesis se enviaron varias muestras a un laboratorio para que realizara pruebas químicas y estos fueron los resultados:

Se le realizan pruebas de laboratorio para poder definir qué tipo de contaminación están presente en el producto obteniendo los siguientes resultados.

Las unidades se examinaron mediante microscopía óptica de luz estereográfica (LOM), Microscopía electrónica de barrido (SEM) y rayos X de dispersión de energía Espectroscopía (EDS).

Las muestras enviadas al laboratorio fueron las siguientes:

Número de parte 140423-01

- Grupo 1, decoloración amarilla (Cantidad 2)
- Grupo 2, Puntos negros (Cantidad 3)
- Grupo 3, marcas de quemados (Cantidad 1)
- Grupo 4, Manchas blancas (Cantidad 3)

Las unidades se examinaron mediante microscopía óptica de luz estereográfica (LOM), Microscopía electrónica de barrido (SEM) y rayos X de dispersión de energía Espectroscopia (EDS).

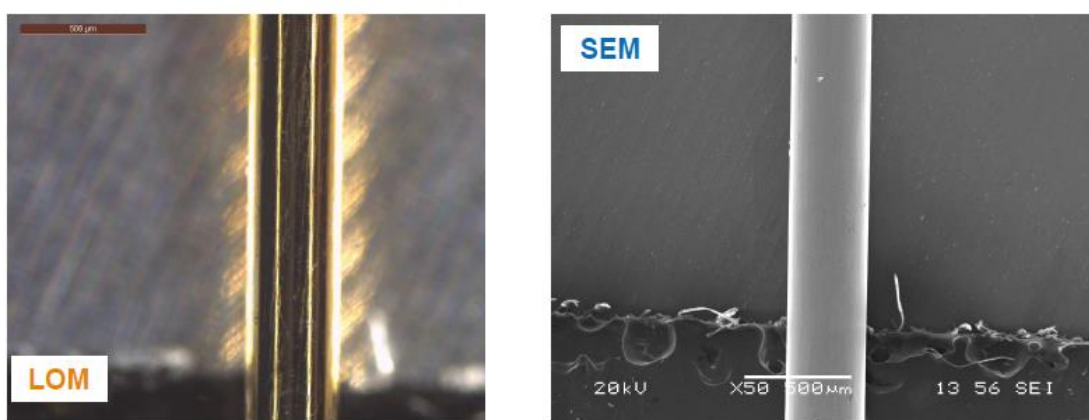
Las muestras se enviaron al laboratorio con el fin de identificar cuáles son los agentes presentes en las unidades y poder encontrar una posible

solución a la causa raíz, en la figura 20 podemos notar como se representan en la imagen lo que se definió como decoloraciones amarillas.

4.9 Grupo 1, decoloración amarilla

En la figura 20 también se puede observar cómo se ve el producto con las pruebas de óptica de luz estereográfica y Microscopía electrónica de barrido de la muestra declaración amarilla grupo 1.

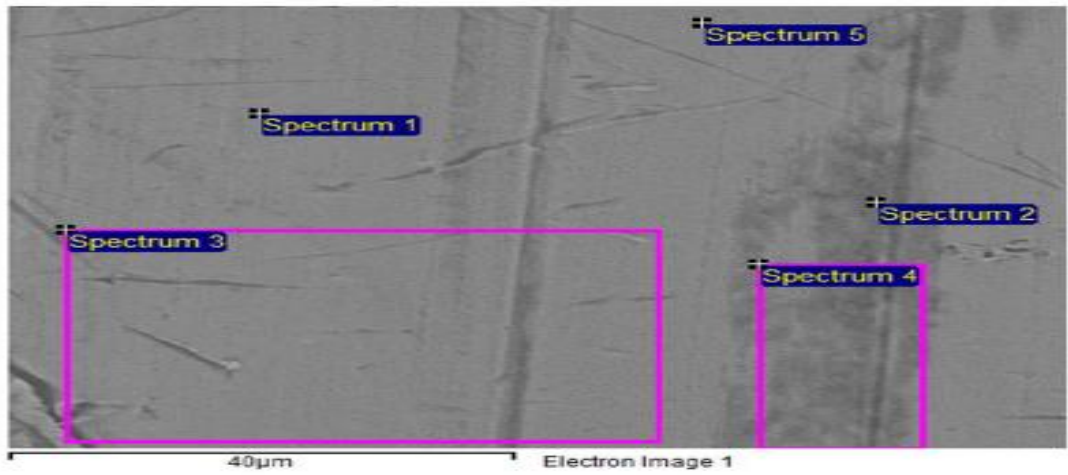
FIGURA 20. Grupo 1 decoloración amarilla muestra 1



Fuente pruebas de laboratorio

Se identificaron en diferentes áreas del producto los siguientes componentes, Carbono, Oxígeno, Silicio, Cromo Manganeso, Hierro, Níquel, a continuación, se observa en la imagen como están ubicados los componentes en cada una de las unidades.

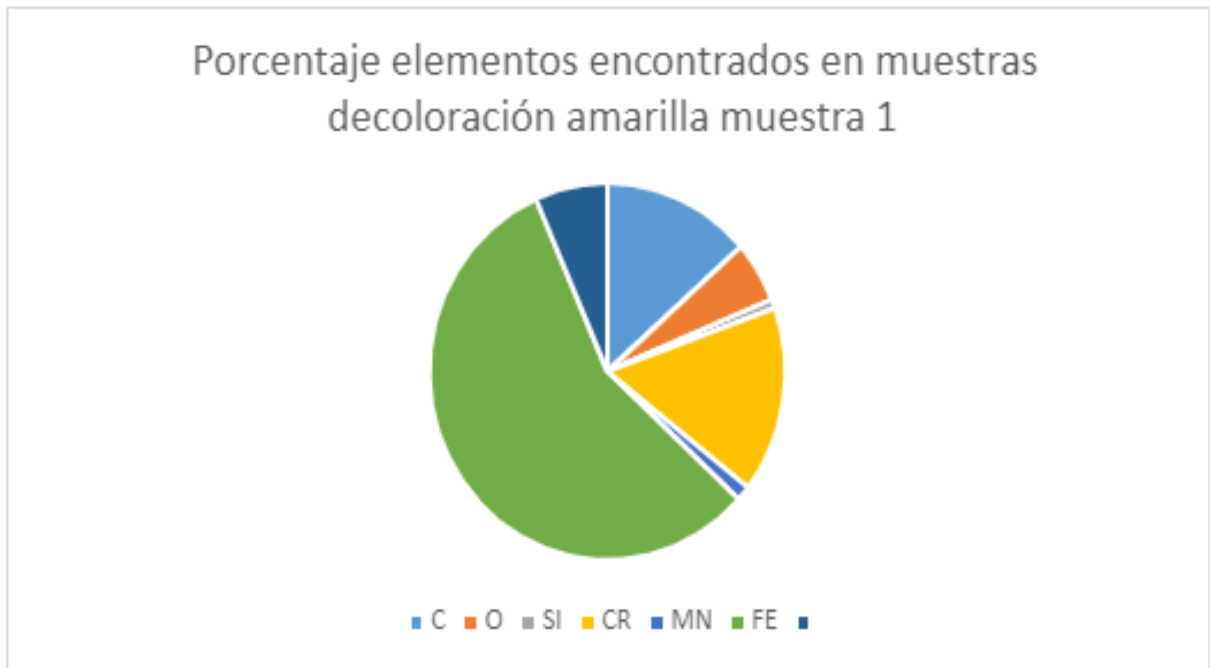
FIGURA 21. Ubicación de los componentes en el producto.



Fuente pruebas de laboratorio

En la figura 22 observaremos la cantidad total de elementos en cada prueba

FIGURA 22. Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 1



Fuente, pruebas de laboratorio

Como podemos observar en la figura anterior el mayor porcentaje es de FE lo que es normal debido a la naturaleza del producto, lo que no es normal es que presenta residuos de carbono y oxígeno.

En la tabla 11 se muestran los componentes en cada una de áreas que se tomaron y los agentes que se presentaron en cada una de las áreas tomadas, el mayor componente es el hierro, pero la presencia de carbono y oxígeno también se nota a gran escala siendo el segundo mayor el carbono.

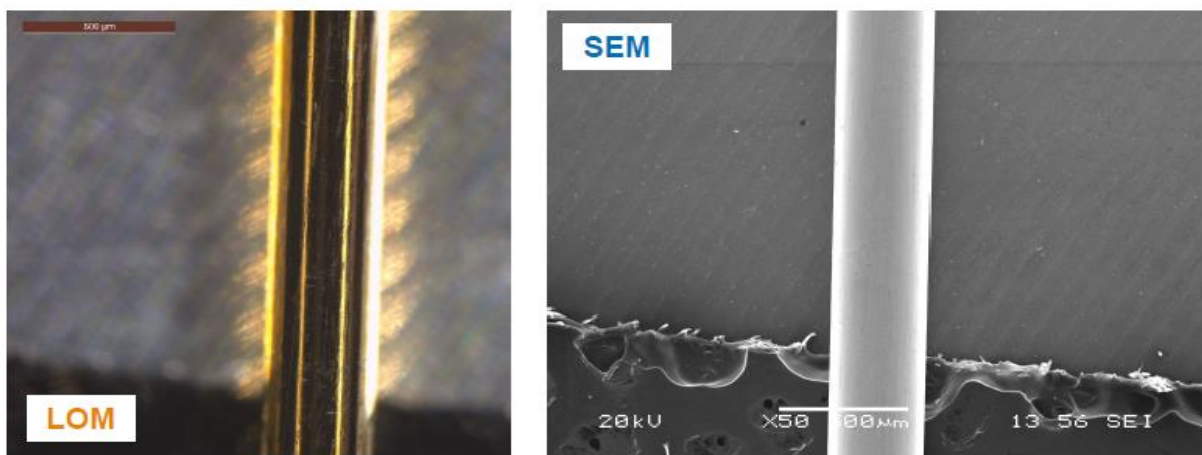
TABLA 11. Muestra 1

| Spectrum | C | O | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 21.14 | | 0.62 | 15.42 | 0.92 | 55.42 | 6.49 | 100.00 |
| 2 | 15.99 | 14.54 | 0.95 | 14.14 | 1.18 | 47.30 | 5.91 | 100.00 |
| 3 | 4.48 | 2.36 | 1.02 | 18.01 | 1.41 | 64.95 | 7.76 | 100.00 |
| 4 | 6.88 | 7.05 | 0.75 | 16.73 | 1.81 | 59.55 | 7.24 | 100.00 |
| 5 | 18.89 | 2.44 | 0.53 | 15.61 | 1.13 | 55.85 | 5.55 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 también se puede observar cómo se ve el producto con las pruebas de óptica de luz estereográfica y Microscopía electrónica de barrido de la muestra declaración amarilla grupo 1

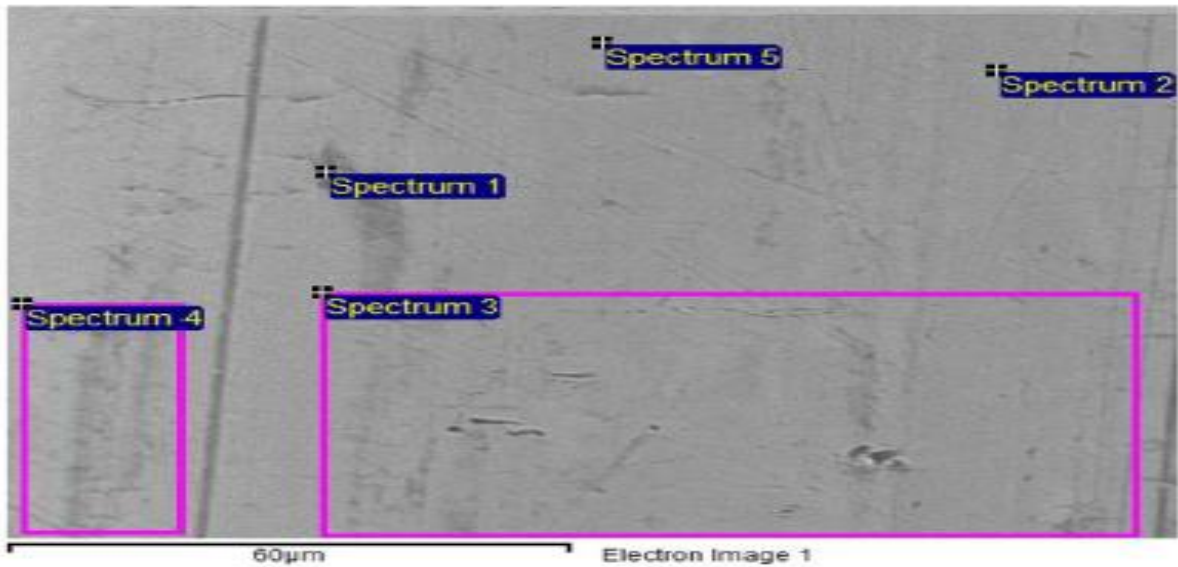
FIGURA 23. Grupo 1 decoloración amarilla muestra 2



Fuente pruebas de laboratorio

Se identificaron en diferentes áreas del producto los siguientes componentes, Carbono, Oxígeno, Silicio, Cromo Manganeso, Hierro, Níquel, a continuación, se observa en la imagen como están ubicado los componentes en cada una de las unidades.

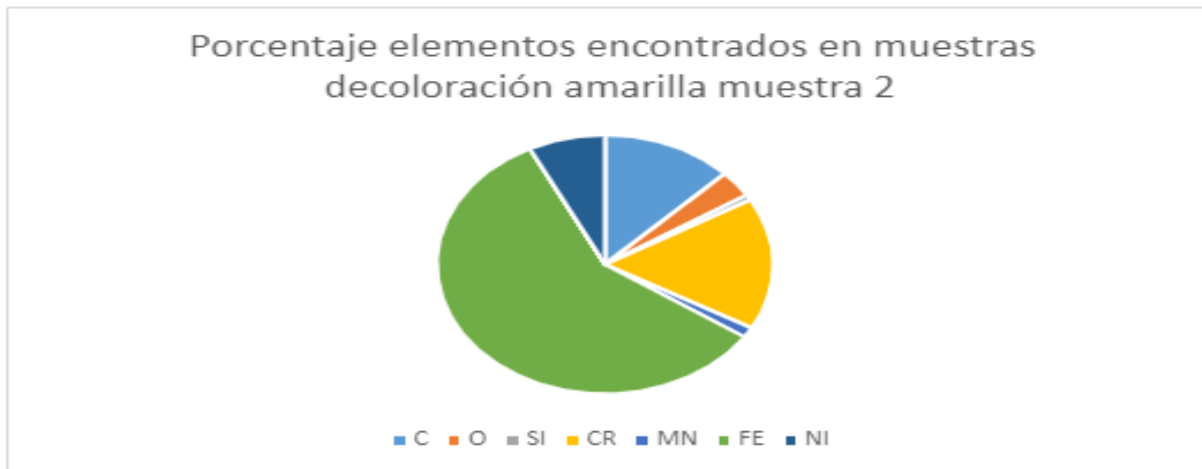
FIGURA 24. Ubicación de los componentes en el producto decoloración amarilla.



Fuente pruebas de laboratorio

En la figura 23 tenemos la segunda prueba que se le realizó a las unidades con decoloración amarilla y

FIGURA 25. Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 2



Fuente Pruebas de laboratorio

Igual que en la anterior prueba podemos observar que predomina los componentes naturales del producto, pero igual también tenemos presencia

de carbono y oxígeno y en la tabla 12 y en la figura 25 se muestran los componentes en cada una de áreas que se tomaron y los agentes que se presentaron en cada una de las áreas tomadas, el mayor componente es el hierro, pero la presencia de carbono y oxígeno también se nota a gran escala siendo el segundo mayor el carbono.

TABLA 12. Muestra 2

| Spectrum | C | O | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 16.52 | 3.55 | 0.67 | 15.25 | 1.45 | 55.20 | 7.37 | 100.00 |
| 2 | 16.43 | 3.24 | 0.43 | 15.38 | 1.11 | 56.55 | 6.87 | 100.00 |
| 3 | 5.60 | 3.48 | 0.83 | 17.55 | 1.98 | 63.15 | 7.41 | 100.00 |
| 4 | 8.18 | 3.26 | 0.71 | 17.76 | 1.00 | 60.75 | 8.34 | 100.00 |
| 5 | 16.36 | 3.40 | 0.79 | 16.54 | 1.08 | 55.06 | 6.76 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

Conclusión decoloración amarilla

La decoloración amarilla observada se debe probablemente al tinte de calor en el alambre de la superficie.

- El análisis EDS detectó niveles medios a bajos de carbono y oxígeno dentro

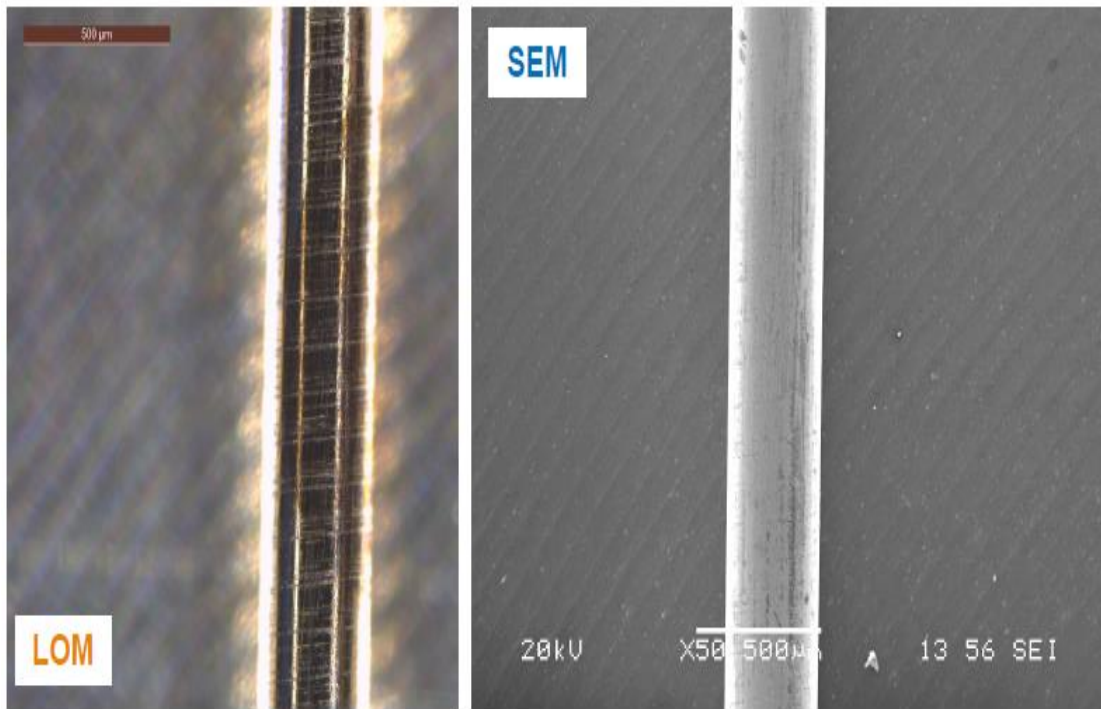
del área decolorada.

- A gran aumento en el SEM se observó una fina película de materia extraña dentro del área decolorada

4.10 Grupo 2, manchas negras muestra 1

En el grupo dos se encuentran 3 unidades con manchas negras que se enviaron al laboratorio con el fin de que se analice para saber cuáles son los componentes de las manchas negras en las unidades para poder tratar de encontrar la causa raíz y ver de qué manera se puede contrarrestar. En la figura 26 se puede observar la forma visual en las pruebas.

FIGURA 26. Grupo 2 manchas negras muestra 1

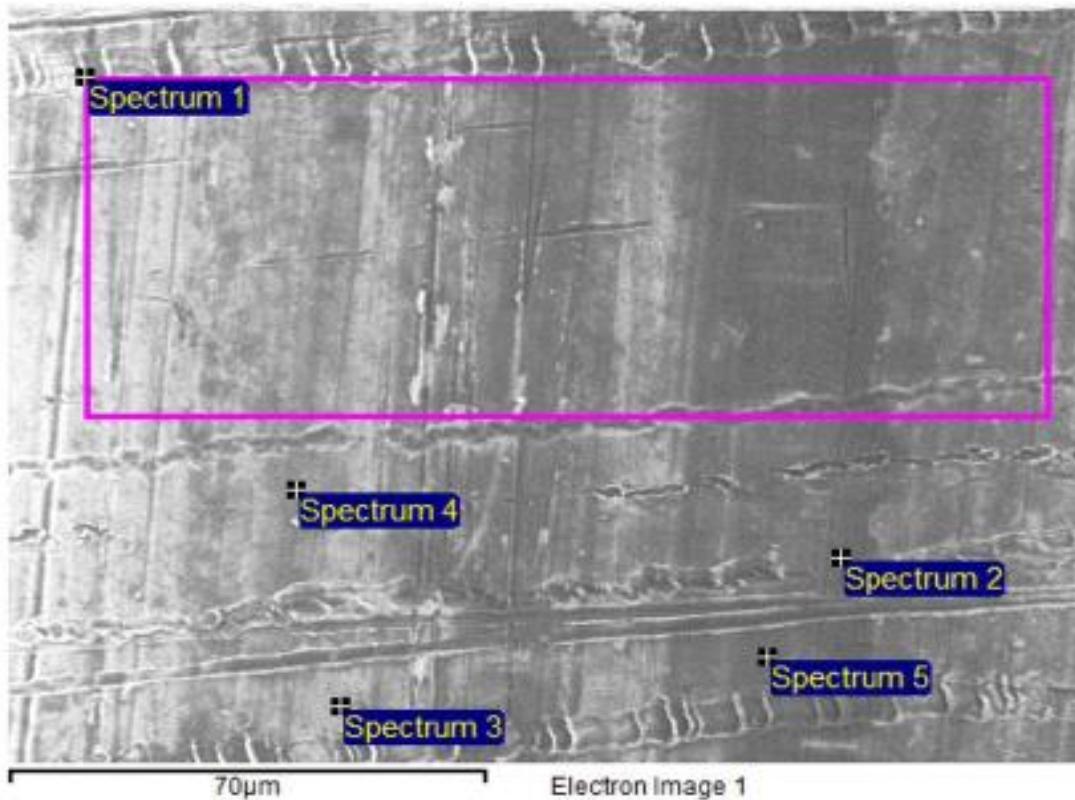


Fuente pruebas de laboratorio

Se identificaron en diferentes áreas del producto los siguientes componentes, Carbono, Oxígeno, Silicio, Cromo Manganeso, Hierro, Níquel, a continuación, se observa en la imagen como están ubicados los componentes en cada una de las unidades.

En la figura 27 se ubican las manchas negras en la primera de las muestras, tiene un aspecto totalmente diferente al de las muestras anteriores, se observa el material con presencia de rayones y maltrato esto puede ser debido a proceso de manufactura ya sea un proceso inadecuado por algún tipo de fricción al producto.

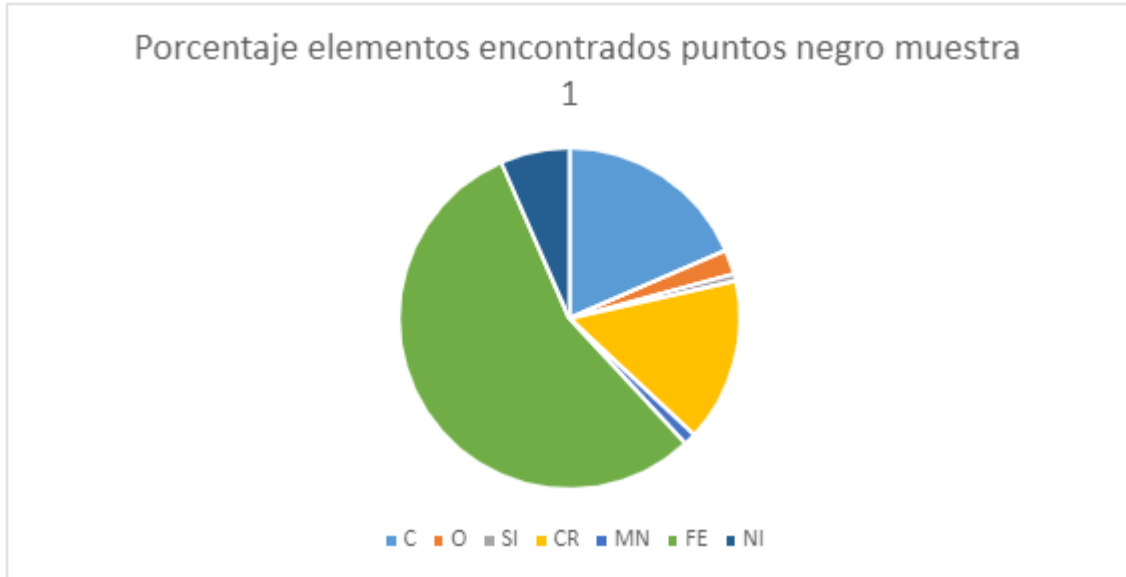
FIGURA 27. Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 1



Fuente pruebas de laboratorio

Estas muestras presentan mucha más cantidad de carbono esto que las muestras anteriores las cuales se puede observar en la figura a continuación donde igual siguen predominando los principales componentes del producto, pero este contiene mucho más carbono que las muestras anteriores.

FIGURA 28. **Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 1**



Fuente pruebas de laboratorio

En la tabla 13 y en la figura 28 se muestran los componentes en cada una de áreas que se tomaron y los agentes que se presentaron en cada una de las áreas tomadas, el mayor componente es el hierro, pero la presencia de carbono y oxígeno también se nota a gran escala siendo el segundo mayor el carbono.

TABLA 13. **Muestra 1**

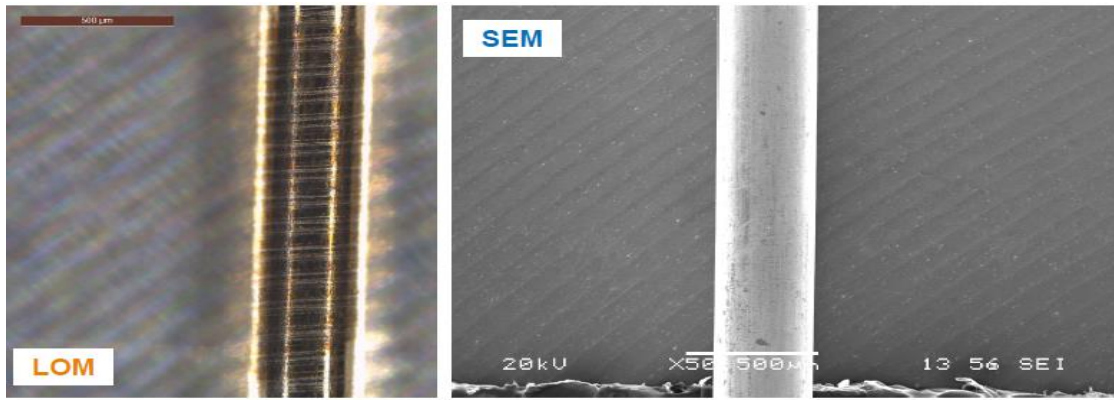
| Spectrum | C | O | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 12.75 | 3.69 | 0.59 | 15.94 | 1.65 | 58.23 | 7.16 | 100.00 |
| 2 | 30.48 | 0.78 | 0.42 | 13.45 | 1.18 | 48.16 | 5.53 | 100.00 |
| 3 | 9.78 | 1.31 | 1.02 | 17.16 | 1.18 | 62.23 | 7.31 | 100.00 |
| 4 | 13.28 | 2.96 | 0.72 | 16.66 | 1.24 | 58.27 | 6.86 | 100.00 |
| 5 | 26.03 | 2.97 | 0.62 | 14.07 | 0.58 | 49.92 | 5.82 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

4.11 Grupo 2, manchas negras muestra 2

A continuación, en la figura 29 se observa como se muestra la unidad de la muestra 2 de los puntos negro bajo las pruebas de Microscopía electrónica de barrido y microscopía óptica de luz estereográfica que se realizaron a petición del cliente en el laboratorio.

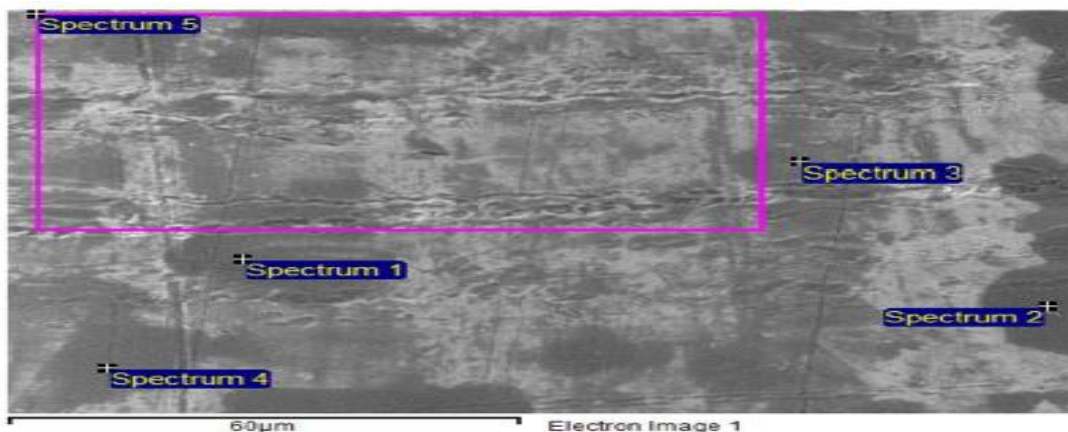
FIGURA 29. Grupo 2 manchas negras muestra 2



Fuente pruebas de laboratorio

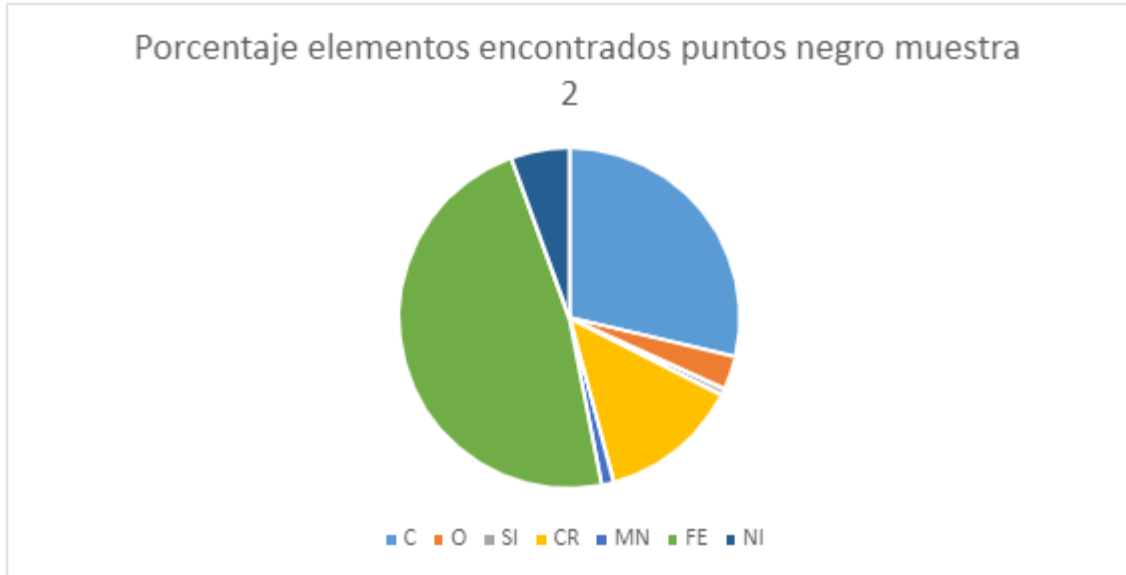
En la figura 30 se ubican las manchas negras en la segunda, esta muestra no se encuentra como la primera muestra de manchas negra, no se ve tan maltratada, ya que presenta menos rayones posiblemente se manejó diferente durante el proceso de manufactura.

FIGURA 30. Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 2



Fuentes pruebas de laboratorio

FIGURA 31. **Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 2**



Fuente pruebas de laboratorio

En la tabla 14 se muestran los componentes en cada una de áreas que se tomaron y los agentes que se presentaron en cada uno de los lugares tomados, el mayor componente es el hierro, pero la presencia de carbono y oxígeno también se nota a gran escala siendo el segundo mayor el carbono.

TABLA 14. **Muestra 2**

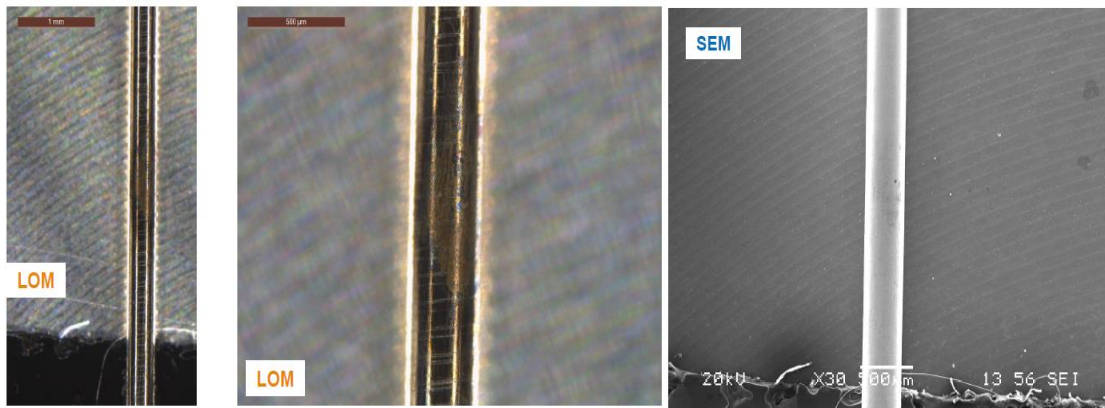
| Spectrum | C | O | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 39.95 | 3.61 | 0.49 | 11.24 | 0.95 | 39.46 | 4.31 | 100.00 |
| 2 | 47.22 | 2.49 | 0.32 | 10.24 | 0.82 | 35.13 | 3.78 | 100.00 |
| 3 | 14.82 | 3.09 | 0.66 | 15.85 | 1.21 | 57.41 | 6.97 | 100.00 |
| 4 | 35.26 | 3.15 | 0.59 | 11.87 | 1.21 | 42.72 | 5.21 | 100.00 |
| 5 | 12.53 | 3.55 | 0.91 | 16.26 | 1.50 | 58.31 | 6.94 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

4.12 Grupo 2, manchas negras muestra 3

A continuación, en la figura 32 se observa como se muestra la unidad de la muestra 3 de los puntos negro bajo las pruebas de Microscopía electrónica de barrido y microscopía óptica de luz estereográfica que se realizaron a petición del cliente en el laboratorio.

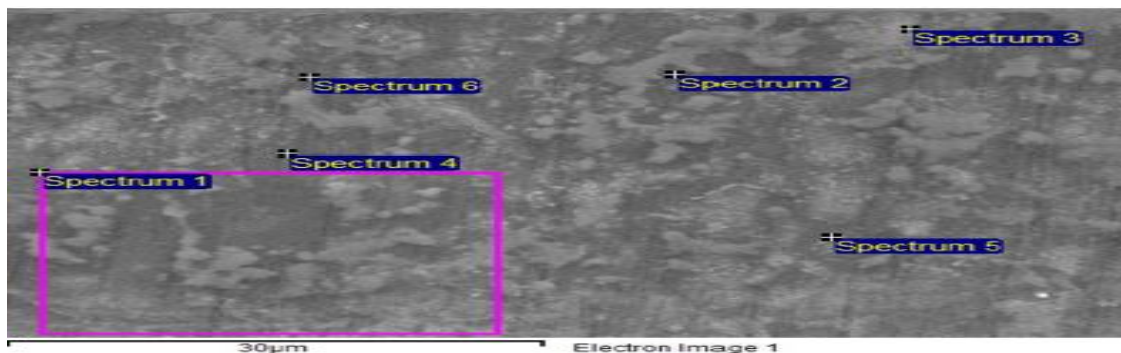
FIGURA 32. Grupo 2 manchas negras muestra 3



Fuente pruebas de laboratorio

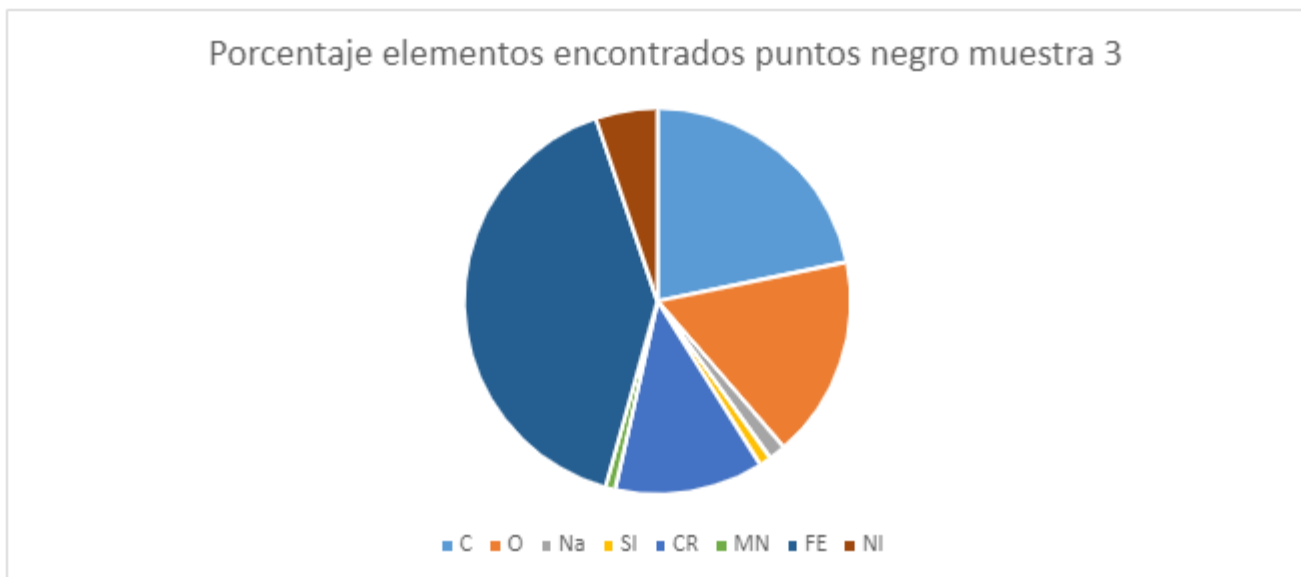
En la figura 33 se muestra dónde están ubicadas las manchas negras en las unidades que se enviaron al laboratorio, estas tienen un aspecto diferente a las anteriores no se nota que el material fuera maltratado o mal manufacturado, de lo contrario se observa como si posee algún residuo de algún agente ajeno al material original.

FIGURA 33. Ubicación de los componentes en el producto Machas negras muestra 3



Fuente pruebas de laboratorio

FIGURA 34. **Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 3**



Fuente pruebas de laboratorios

En esta unidad se comporta de una manera diferente contiene mucho más carbono y aparte de los componentes Oxígeno, Silicio, Cromo, Manganeso, Hierro y Níquel, también contiene Sodio que no se detectaron en ninguna de las muestras anteriores, también se identificaron dos tipos distintos de punto negro. La unidad uno y dos son similares en apariencia, pero la muestra 3 tiene materia extraña de color marrón visible dentro del punto negro que no se pudo identificar adecuadamente. En la tabla a continuación se muestran los porcentajes de cada agente que se encontró en la muestra 3.

TABLA 15. **Muestra 3**

| Spectrum | C | O | Na | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 15.33 | 18.06 | 0.86 | 1.21 | 12.90 | 0.70 | 45.25 | 5.69 | 100.00 |
| 2 | 28.40 | 12.65 | 0.83 | 0.78 | 11.94 | 0.97 | 38.94 | 5.50 | 100.00 |
| 3 | 15.95 | 21.34 | 2.13 | 1.26 | 12.80 | 1.15 | 40.33 | 5.05 | 100.00 |
| 4 | 23.58 | 15.73 | 1.00 | 0.97 | 13.14 | 0.54 | 39.28 | 5.75 | 100.00 |
| 5 | 20.44 | 18.94 | 2.36 | 0.83 | 12.41 | 0.89 | 39.61 | 4.50 | 100.00 |
| 6 | 26.85 | 14.65 | 1.40 | 0.91 | 11.45 | 0.80 | 39.39 | 4.55 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Unidad 1 y 2

- Los puntos negros se ven fácilmente usando LOM, pero son difíciles de ver bajo condiciones generales de visualización en el SEM.
- A grandes aumentos en el SEM, FM también es visible dentro de los puntos negros como indicaciones de "frotamiento" (bordes suavizados en rayones). Tanto la FM como el roce probablemente contribuyó a la formación de "puntos negros". Frotar crea una suavizada superficie que le da al área un acabado negro mate en comparación con el tubo circundante superficie.
- El análisis EDS detectó niveles variables de Carbono (de alto a abajo) así como bajo nivel de oxígeno.

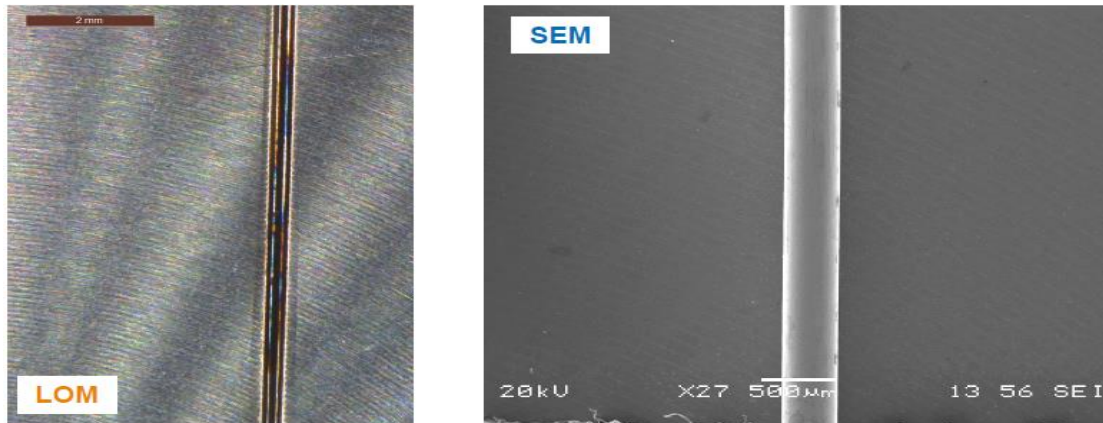
Unidad 3

- Se observó una mancha de materia extraña marrón dentro de la mancha negra en esta unidad.
- El FM era visible usando LOM, así como con aumentos bajos en el SEM.
- A gran aumento en el SEM, la superficie dentro de esta área tiene un jaspeada apariencia.
- El análisis EDS detectó niveles medios de carbono y oxígeno, así como bajos niveles de sodio.

4.13 Grupo 3 marcas de quemados

A continuación, en la figura 35 se observa como se muestra la unidad de la muestra 1 de las marcas de quemados bajo las pruebas de Microscopía electrónica de barrido y microscopía óptica de luz estereográfica que se realizaron a petición del cliente en el laboratorio.

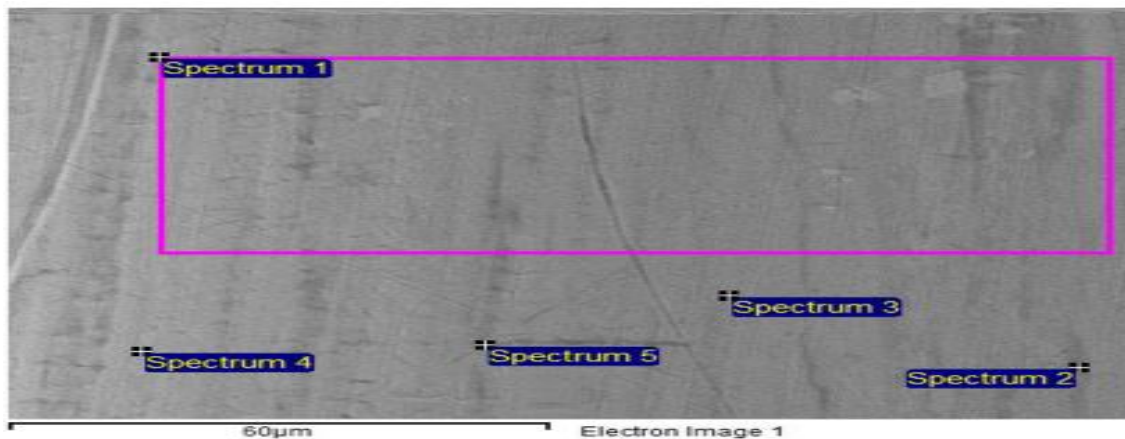
FIGURA 35. Grupo 3 marcas de quemados muestra 1



Fuente pruebas de laboratorio.

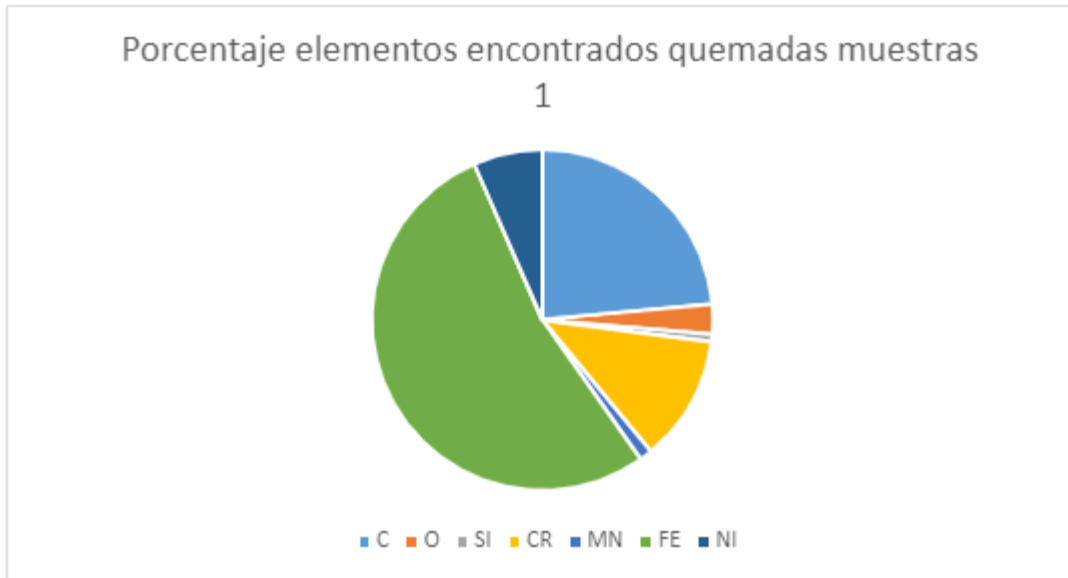
En la figura 36 se muestra las áreas donde se encuentran los agentes extraños al material, no se nota irregularidades y el material tiene una apariencia normal sin que se note alguna fisura o algún esfuerzo que se le pudiera aplicar al producto.

FIGURA 36. Ubicación de los componentes en el producto marcas de quemados muestra 1



Fuente prueba de laboratorio

FIGURA 37. **Porcentaje de elementos por pruebas decoloración amarilla muestra 3**



Fuente pruebas de laboratorio

En la figura 37 y la tabla 16 podemos observar la cantidad porcentual de cada uno de los componentes que tiene el material que se está estudiando siendo alguno normal, pero la presencia de carbono y oxígeno siguen predominando como segundo lugar, lo cual es algo que se debe de tomar en cuenta.

TABLA 16. **Resultados marcas de quemados**

| Spectrum | C | O | Si | Cr | Mn | Fe | Ni | Total |
|----------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
| 1 | 17.79 | 2.65 | 0.54 | 15.37 | 1.51 | 55.90 | 6.24 | 100.00 |
| 2 | 23.06 | 2.65 | 0.56 | 14.25 | 1.28 | 52.25 | 5.95 | 100.00 |
| 3 | 22.60 | 1.78 | 0.63 | 14.85 | 1.36 | 52.28 | 6.50 | 100.00 |
| 4 | 22.02 | 3.46 | 0.88 | 14.54 | 0.97 | 51.06 | 7.06 | 100.00 |
| 5 | 29.72 | 3.44 | 0.70 | 13.40 | 0.80 | 46.02 | 5.92 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones marcas quemadas

- La decoloración observada en el alambre es debido a una "marca de quemadura" / tinte de calor.
- Cuando se ve con gran aumento en el SEM no tiene niveles significativos de materiales extraños, también se observó materia en la superficie del alambre dentro de la región descolorida.

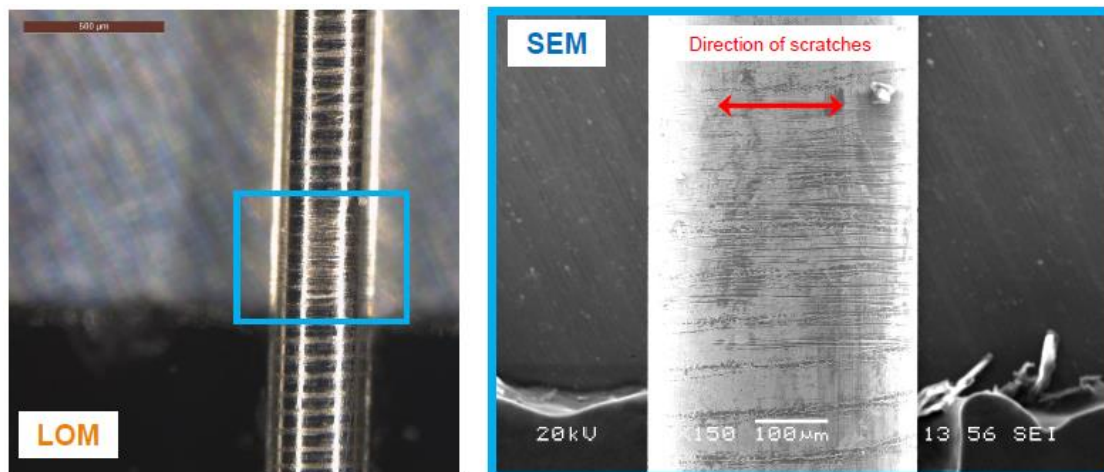
- El análisis de EDS mostró que hay aumento de los niveles de carbono y oxígeno en el área descolorida del cable que está en alinear con tinte Heat.
- El tinte por calor se produce cuando la superficie del cable está calentada, absorbiendo oxígeno de la atmósfera circundante.

4.14 Análisis mancha blancas

Adicionalmente se enviaron unas unidades que presentaban manchas blancas las cuales solo se le realizaron pruebas de observación y los resultados fueron los siguientes:

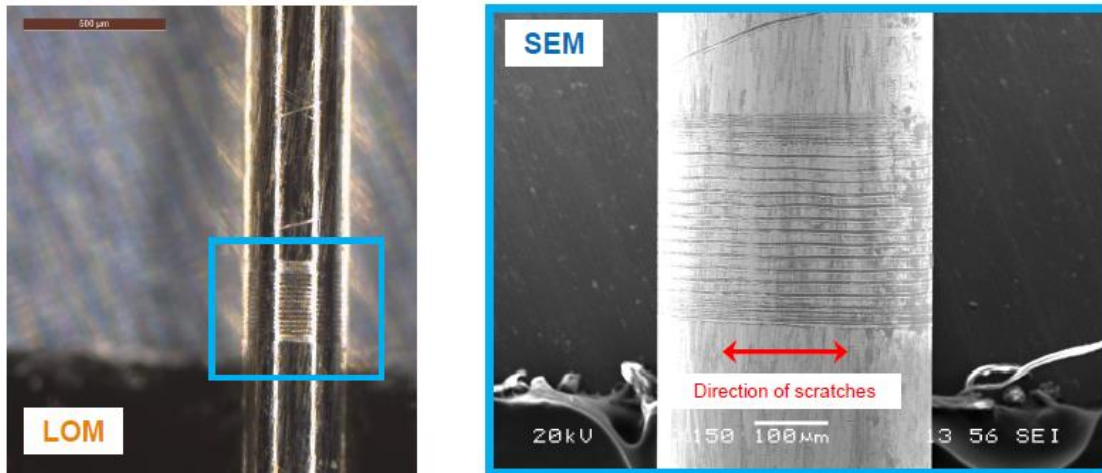
- Las “marcas blancas” se deben a rayones en la superficie del cable.
- Estos grupos de rayones hacen que la luz se refleje de manera diferente en estas áreas que les dan una apariencia blanca brillante cuando se ven usando LOM o con el ojo a simple vista.
- Los rayones se formaron como resultado de la rotación del alambre contra algunos pinza o accesorio, mientras el alambre atraviesa con algún objeto sé rosa con la superficie.

FIGURA 38. Muestras con manchas blancas



Fuente pruebas de laboratorio

FIGURA 39. Muestras con manchas blancas



Fuente pruebas de laboratorio

4.15 Análisis de pruebas experimentales para validar las causas de la máquina:

Bomba de vacío dañada: la bomba de vacío dañada es un factor contribuyente, pero si la bomba falla el material sale oxidado inmediatamente después de que se saca del tubo de vacío.

En cada uno de los procesos se utilizan ciertos agentes para mantener la limpieza del producto, estos productos son, alcohol, jabón D99, agua desionizada, TK 900, y el personal se protege las manos con guantes para no contaminar el producto, en cada una de las áreas se realizó una prueba almacenando muestras de producto en cada agente mencionado arriba, pero ninguno presentó oxidación.

CAPÍTULO V DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Propuesta para el desarrollo de las soluciones

A continuación, en este capítulo se describirán las posibles soluciones que ayudaran a mitigar o reducir las posibles causas encontradas en los capítulos anteriores, las posibles soluciones son respaldadas con datos experimentales y se debe de mencionar que por la naturaleza del producto y el mercado algunos datos solo se mencionarán, pero no se darán medidas, los cálculos de los posibles ahorros si serán calculados de acuerdo con los datos que se recolectaron.

El proyecto será respaldado con datos, pero no quiere decir que la empresa pondrá a trabajar las posibles soluciones debido a que se deben de realizar análisis de ingeniería y en algunos casos se debe de solicitar aprobaciones de los clientes y esto puede conllevar de 6 a más meses.

A continuación, se presenta las tres posibles causas sin ningún orden de las cuales se realizaron experimento para analizar que tanto influyen en el caso estudiado:

- **Cambio de temperatura del horno.**
- **Materia prima pierde sus propiedades de pasivado, el cual es un proceso de limpieza que se realiza a base de químicos.**
- **Cleaning no es capaz de eliminar la contaminación.**

Propuesta 1: Cambio de temperatura del horno, de acuerdo a los antecedentes en ambos se menciona que la temperatura que se utilice en el horno es uno de los factores más importante que puede provocar oxidación, incluso que ninguno de los metales inoxidables está fuera de este rango debido a que el exceso de calor hace que los metales pierdan sus propiedades inoxidables, incluso en la página web (Metals, 2022) en sus especificaciones menciona cual el máximo de temperatura con la cual se debe de realizar el tratamiento térmico, debido a esta información se realizó el

siguiente experimento se le disminuyo la temperatura al mínimo permitido por el cliente con los siguientes resultado que se pueden observar en la tabla a continuación.

TABLA 17. Hoja de recolección de datos

WIN 1A C0650 18/OCT/22

| Número de parte: | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| Número de job | Oxidación | Cantidad afectada | Contaminación | Cantidad afectada | Defectos dimensionales | Cantidad afectada |
| C255884: ENG | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input checked="" type="checkbox"/> | 12 PCS 100% | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS |
| C255921: ENG | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input checked="" type="checkbox"/> | 8 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS |
| C255945: ENG | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input checked="" type="checkbox"/> | 8 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS |
| C255946: ENG | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input checked="" type="checkbox"/> | 1 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS | Pass <input checked="" type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | 0 PCS |
| | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | | Pass <input type="checkbox"/> Fail <input type="checkbox"/> | |
| ID Microscopio: MIC-055 | | | | | | |
| Iniciales y fecha: CDO650 18/OCT/22 | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Las indicaciones para la recolección de datos fueron las siguientes:

- Se debe de inspeccionar el producto al 100%.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de oxidación.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de contaminación.
- Indique la cantidad y si el material pasa por doble rayones, torceduras, abrasión a 4X, filos en ambos lados de las piezas o acabados.

Se trabajaron 4 jobs de 50 unidades cada uno con los resultados que se muestran arriba se analizan de la siguiente forma en la tabla 18:

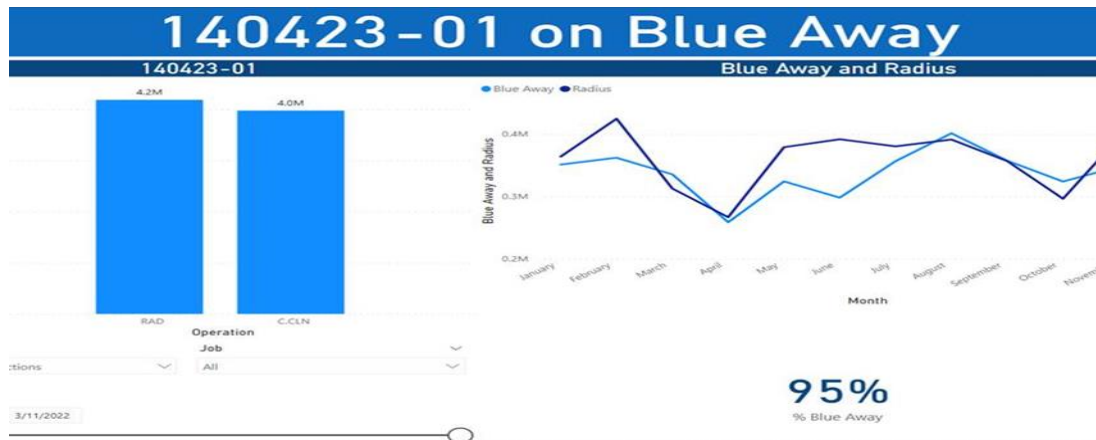
TABLA 18. Análisis de resultados con temperatura más baja

| Numero de parte | | | |
|-------------------------|------------|---------------------------------|--------------------------|
| Numero de job | Muestra | Cantidad afectada por oxidación | % afectado por oxidación |
| C255884: eng | 50 | 12 | 24% |
| C255921: eng | 50 | 8 | 16% |
| C255945: eng | 50 | 8 | 16% |
| C255946: eng | 50 | 8 | 16% |
| Total, Población | 200 | 36 | 18% |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados solo el 18% del total de la población resulta afectada con oxidación y recordando el problema inicial en la siguiente figura 19 se mencionaba que el 95% de producto pasa por el proceso de Blue Away y según el resultado con el experimento de bajar la temperatura durante el proceso de tratamiento térmico solo el 18% del producto sería afectado por la oxidación.

FIGURA 40. Porcentaje de unidades del número de parte 140423-01 que pasa por Blue Away



Fuente: Elaboración propia

Los gastos de acuerdo con los datos de la tabla se disminuyen en un 72% según los datos del experimento de bajar la temperatura al mínimo en proceso de tratamiento térmico sería de un monto de \$ 134 881,01 cabe recalcar que este experimento se debe de replicar con producción real, pero por motivo de tiempo no se ha logrado y que todos los datos son estimados.

TABLA 19. Dinero pagado entre Cleaning y Blue Away

| Datos dinero pagado año 2021, 2022 | | |
|---|------------------|-------------------|
| Meses | Blue Away | Cleaning |
| Enero | \$ 16,049.30 | \$ 415.30 |
| Febrero | \$ 16,547.59 | \$ 346.93 |
| Marzo | \$ 15,332.10 | \$ 438.19 |
| Abril | \$ 11,828.50 | \$ 375.67 |
| Mayo | \$ 14,815.17 | \$ 459.85 |
| Junio | \$ 13,627.01 | \$ 565.21 |
| Julio | \$ 16,297.26 | \$ 595.31 |
| Agosto | \$ 18,335.49 | \$ 607.06 |
| Septiembre | \$ 16,329.06 | \$ 417.17 |
| Octubre | \$ 14,808.44 | \$ 396.14 |
| Noviembre | \$ 15,909.28 | \$ 363.75 |
| Diciembre | \$ 11,973.84 | \$ 301.11 |
| Totales | \$ | 187,134.73 |

Fuente: Elaboración propia

Las inversiones de horas hombres también en teoría disminuirían en un 82% debido a que solo el 18% del producto pasaría al proceso de Blue Away, solo faltaría replicar el experimento con producción real, recolectar los datos por medio del software Epicor, darle seguimiento mensualmente para poder analizar los resultados y si se tuviese que realizar algún cambio.

Propuesta 2: **Materia prima pierde sus propiedades de pasivado**

Según lo estudiado anteriormente el acero inoxidable puede perder las propiedades antioxidantes si se le aplica torsión o estiramiento inadecuado, debido a este punto se realizó una prueba de agregarle una operación adicional de pasivado después del proceso de Estirado y antes de proceso de Cleaning con el fin de que el material recupere sus propiedades y evitar que el material después de hornos presente oxidación.

Esto significaría una operación adicional, pero según cálculos mostrados más adelante el costo es mucho menor.

A continuación, se describe el proceso de pasivado recordando que no se puede dar cierta información por motivos de confiabilidad, solo los pasos a seguir

- Seguir los pasos de seguridad según el procedimiento utilizando el equipo de protección que se requiere para la ejecución.
- Se debe de usar los químicos según el procedimiento
- Se debe de usar las herramientas según el procedimiento
- Durante el proceso de pasivación se debe de seguir las indicaciones del procedimiento
- Se debe de seguir las instrucciones del set up del tanque.
- Una vez realizado el set up del tanque colocar el producto de acuerdo con el procedimiento.
- Se debe de mover el producto de acuerdo con el procedimiento
- Realizar las pruebas de sulfato de acuerdo con el procedimiento
- Ingresar el Job el programa de Epicor cuando el proceso esté completado.
- Deje el área ordenada y limpia de acuerdo con el procedimiento.

Una vez realizado el proceso de pasivación se debe de continuar con el recorrido normal del producto continuando con el área de Debur y Cleaning. A continuación, se presenta en un diagrama de proceso con pasivación de operación adicional cuál sería el siguiente:

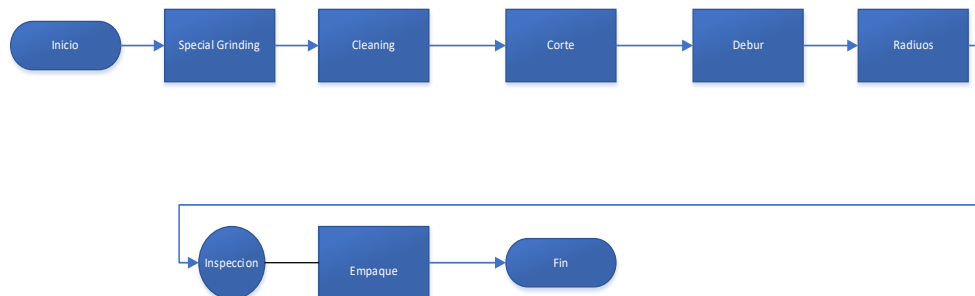
FIGURA 41. Diagrama de flujo 140423-MTL-01 con pasivación de operación adicional



Fuente: Elaboración propia

Una vez que el departamento de planeación lo requiere el producto debería de seguir su proceso para la transformación en el producto final, en el diagrama a continuación.

FIGURA 42. Diagrama de flujo 140423-01 eliminando Blue Away



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el diagrama de flujo anterior si se compara con el original tiene 5 subproceso menos.

Se podría pensar que agregar una operación adicional es agregar una operación adicional y que es lo mismo que tenemos actualmente y eso es

correcto, pero es según los cálculos en la tabla a continuación se puede observar que el costo es mucho menor que estar trabajando el producto en Blue Away.

Actualmente el costo del subproceso de Blue Away y todos los otros subprocesos involucrados después de Blue Away es un estimado de \$ 187,134.73 para el periodo entre 2021 y 2022.

Por cada 10000 unidades del 140423-MTL-01 se utilizaría solamente 2500ml de ácido nítrico, estas 10000 unidades cumplen con la demanda semanal de la empresa además la mano de obra sería de 2 horas para pasivar las 10000.

El ácido nítrico tiene un costo aproximado de \$ 12.18 por galón, un galón contiene 3785 ml por lo que un galón alcanzaría para un total de 70000 unidades para 7 semanas.

Al año el uso de Ácido Nítrico sería de 2500ml por 10000 unidades semanales para un total de 130.000ml de Ácido Nítrico, para 52000 unidades se estiman 34 galones a un precio cercano de \$ 12.18 el galón para un costo total de Ácido Nítrico al año de \$ 418.31.

El costo de la mano de obra es un aproximado de \$ 3.06 por hora y se ocupa invertir 2 horas semanales para un total de horas al año de 104 para un costo total por año de \$ 318.24.

Sumando los dos datos nos da un total de \$ 737.15 el costo total al año de agregar pasivación como una operación adicional para eliminar el proceso de Blue Away y una mejora comparada con el costo de Blue Away de 99.61%.

TABLA 20. Cálculos de gastos al año del subproceso de pasivación

| Materiales | | Militros por cada 10000 unidades | Militros demanda al año | Galones peroxido hidrogeno al año |
|---------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Acido Nitrico galon | | 2500 | 130000 | 34 |
| Mano de obra horas | \$ 3,06 | 104 | ₡ 1 900,00 | \$ 318,71 |
| | | | Precios por galon | Total al año |
| | | | \$ 12,18 | \$ 418,44 |

| | |
|-----------------|-----------|
| Totales | \$ 737,15 |
| Gastos actuales | 187334,73 |

| | |
|----------------------|---------------|
| Total ahorro por año | \$ 186 597,58 |
| Total porcentual | 99,61% |

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de recolección de dato fue el mismo que se usó para la propuesta anterior

Las indicaciones para la recolección de datos fueron las siguientes:

- Se debe de inspeccionar el producto al 100%.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de oxidación.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de contaminación.
- Indique la cantidad y si el material pasa por doble rayones, torceduras, abrasión a 4X, filos en ambos lados de las piezas o acabados.

Se trabajaron 4 jobs de 50 unidades cada uno con los resultados que se muestran arriba se analizan de la siguiente forma en la tabla

| Numero de parte | | | |
|------------------|---------|---------------------------------|--------------------------|
| Numero de job | Muestra | Cantidad afectada por oxidación | % afectado por oxidación |
| C255345: eng | 50 | 0 | 0 |
| C255654: eng | 50 | 0 | 0 |
| C255782: eng | 50 | 0 | 0 |
| C255389: eng | 50 | 0 | 0 |
| Total, Población | 200 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

En este experimento el 100% de la población salió sin rastros de oxidación por lo cual sería una de las posibles soluciones. Se menciona como posibles debido a que los lotes originales son de 2500 unidades y se debería de replicar el experimento con las condiciones reales, pero por motivo de solicitudes ingenieriles no se puede replicar este experimento con producción real por protocolos de la empresa.

- **Propuesta 3: Cleaning no es capaz de eliminar la contaminación**

Recordando que una de las principales causas de la oxidación en los aceros inoxidables es la contaminación y basados en las pruebas de laboratorios se confirma que el subproceso de Cleaning no es capaz de eliminar toda la contaminación y se considera que un jabón diferente sería la posible solución.

La muestra presentaba contaminación distribuida y no homogénea a lo largo de la longitud del alambre después del subproceso Cleaning y los elementos detectados: C, S, K, Ca, O

Posibles picos relacionados con el Carbono omitido en el área de control, también muestra un color oscuro claro por lo cual se procede a realizar pruebas de cambio de jabón por otro tipo de elemento.

Se realizaron pruebas de limpieza con Liquinox y Metalnox M6353 con enjuague con agua caliente siguiendo el siguiente procedimiento que se resume a continuación.

- Lavar el tanque de acuerdo con la instrucción.
- Preparar el trabajo verificando los materiales de acuerdo con la instrucción.
- Se llena el tanque con agua desionizada y se le da la temperatura.
- Se ingresa el trabajo en el tanque de lavado completando el ciclo de acuerdo con la instrucción.
- Se saca el trabajo, se transporta a la pila de enjuague.
- Se enjuaga con agua desionizada a temperatura según con la instrucción.
- Preparar la mesa de secado de acuerdo con la instrucción.
- Una vez enjuagado se transporta a la mesa de secado.
- Se debe de mantener en la mesa de secado de acuerdo con la instrucción.
- Preparo bandejas de transporte previamente lavadas.
- Se revisa que la temperatura del material este de acuerdo con la instrucción.
- Se transporta el material a la bandeja.
- Se empaca el material (sellado)
- Se transporta el material a la siguiente estación.

Todo este proceso se debe de realizar utilizando guantes industriales.

El procedimiento de recolección de dato fue el mismo que se usó para la propuesta anterior.

Las indicaciones para la recolección de datos fueron las siguientes:

- Se debe de inspeccionar el producto al 100%.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de oxidación.
- Indique la cantidad y si el material pasa o falla de acuerdo con la especificación de calidad por el criterio de contaminación.
- Indique la cantidad y si el material pasa por doble rayones, torceduras, abrasión a 4X, filos en ambos lados de las piezas o acabados.

Se trabajaron 4 Jobs de 50 unidades cada uno con los resultados que se muestran arriba se analizan de la siguiente forma en la tabla.

Los resultados de experimento anterior se pueden apreciar en la siguiente tabla número 22.

TABLA 21. Datos de resultados del experimento de Cleaning

| Numero de parte | | | |
|-----------------|---------|---------------------------------|--------------------------|
| Numero de job | Muestra | Cantidad afectada por oxidacion | % afectado por oxidacion |
| C255586:eng | 50 | 35 | 70% |
| C2551245:eng | 50 | 28 | 56% |
| C255236:eng | 50 | 42 | 84% |
| C255426:eng | 50 | 41 | 82% |
| Total Poblacion | 200 | 146 | 73% |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados anteriores no fueron no fue tan efectivo cambiar el tipo de jabón por otro, se aprecia que el jabón si tiene mucho que ver en el experimento debido y que según con la información anterior si el producto presenta contaminación él tendrá muchas posibilidades a presentar oxidación.

Para los cálculos de la mejora tenemos los siguientes resultados:

El 73% del producto salió afectado con el cambio de jabón para el área de Cleaning con una mejora del proceso de un 27%, si el costo de realizar Blue Away en el transcurso de un año fue de \$ 187334.73 obtendríamos un costo veneficio de \$ 50 526,18 al año.

El experimento presenta mejoras, pero se deben de seguir experimentando con nuevos tipos de jabón y una vez encontrado el que funciones al 100% de le debe de informar al cliente para una nueva validación del proceso.

5.2 Análisis de costo - beneficio de cada una de las propuestas.

En la primera propuesta bajar la temperatura a un mínimo aceptado por el cliente se obtuvo una mejora de 72% y solo el 18% del producto salió afectado, en esta propuesta obtendríamos un costo veneficio de \$134 736,48 y solo se tendría que invertir en el proceso de Blue Away \$52 397,52 lo que es bastante menor a lo que realmente se venía invirtiendo. En este caso no se tendría que solicitar ningún permiso y tampoco se tendría que realizar ninguna validación nueva para la aprobación del nuevo procedimiento por lo que sería una buena propuesta para validar por parte del departamento de Ingeniería.

En la segunda propuesta que consiste en que la materia prima pierde sus propiedades de pasivado, se está proponiendo agregar un subproceso adicional que consiste en pasivar el producto antes del subproceso de Cleaning y después del subproceso de Debur, según información anterior dependiendo del proceso de torsión y estirado el material pierde sus propiedades de pasivado y esto producirá oxidación en cualquier producto no importa que tan bien procesado este.

Actualmente ya se cuenta con un subproceso adicional llamado Blue Away para poder eliminar la oxidación para que el producto obtenga la calidad que el cliente está ocupando por lo cual se podría mencionar que no está

mejorando nada, en este caso anteriormente se presentaron las diferencia de aplicar la solución propuesta en comparación la actual, con la solución propuesta la inversión seria de \$ 737 al año y el costo actual está en \$ 187334.57 para un costo beneficio de \$ 186597.88 para una mejora del proceso de 99.61%.

Pasivar el material se considera una de las mejores propuestas y no se debe realizar una validación solo se debe de agregar un subproceso adicional crear el procedimiento que ya existe debido a que este material no sería el primero en pasivarse, ya la empresa cuenta con todo lo que se necesita para este proceso y la inversión de mano de obra y tiempo no es representativo para el proceso.

En la tercera propuesta que consiste el subproceso de Cleaning no es capaz de eliminar toda la contaminación presente en el producto no fue tan certera, se basó en la teoría de que cuando el producto se le aplica un subproceso de tratamiento térmico este no debe de presentar ningún tipo de contaminación por lo contrario este presentaría oxidación, antes de todo subproceso térmico el material de pasar por otro subproceso de limpieza y secado y luego de eso debe de ser manipulado de la manera más limpia incluso el personal que manipule el producto debe de utilizar guantes industriales para evitar que la grasa que se tiene en las manos contaminen el producto.

El jabón que se utilizó para esta prueba mejoró un poco el proceso de acuerdo con los datos recolectados, pero no es suficiente para poner una corrida con el proceso real.

En el cambio de jabón para retar el proceso de Cleaning se obtuvo una mejora de 27% lo que dejo un 73% de producto impactado para un costo beneficio de \$50 526,18 al año.

Una vez obtenidos los datos de los tres experimentos se muestran a continuación en la siguiente tabla

TABLA 22. Costo beneficios Propuestas

| Costo Beneficios de las propuestas | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|----------|------------------|
| Propuesta | Gastos actuales anuales | Mejora % | Costo beneficios |
| Pasivar el producto antes de Cleaning | \$ 187 334,73 | 99,6% | \$ 186 604,12 |
| Bajar temperatura al mínimo | \$ 187 334,73 | 72% | \$ 134 881,01 |
| Cambiar Jabón en Cleaning | \$ 187 334,73 | 27% | \$ 50 580,38 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En este proyecto se encontraron tres posibles soluciones:

- La primera posible solución fue bajar la temperatura al mínimo que permite el cliente lo cual obtuvimos un buen resultado, pero no el mejor, con este experimento obtuvimos una mejora del proceso de 72% lo que significa que en costo beneficio obtendríamos \$ 134 881,01, pero por motivos de tiempo el experimento no se replicó con una corrida real, un job o lote de trabajo por lo general es de 2500 unidades, en una corrida real ya tendríamos otras variables.
- La segunda posible solución es pasivar el material después de la operación de Debur debido a que anteriormente se mencionó que en el área de estirado el producto es expuesto a una torción y estiramiento que podría estar afectando el material en sus propiedades de pasivado y perdiendo su propiedad antioxidante, debido a esto se propuso pasivar el material después que pasara por el proceso de Debur con ácido nítrico para eliminar cualquier tipo de contaminación y provocar que el material recupere sus propiedades antioxidantes, el experimento resulto muy bien y es el que tiene mejor resultados con un monto de costo beneficio de \$ 186 604,12 prácticamente el 99.60% del material no presento oxidación. Igual que el anterior por cuestiones de tiempo y permisos no se pudo replicar el proceso ya con material de producción normal, pero quedo pendiente de retar el proceso ya con material y el proceso normal.
- El tercer experimento consiste en retar el proceso de Cleaning con otro jabón para ver si es posible eliminar la oxidación, este experimento no fue lo que se esperaba, ya que los resultados no fueron muy buenos, se cambió el tipo de jabón para lograr quitar cualquier tipo de contaminación, pero solo obtuvimos un 27% de efectividad para un costo beneficio de \$ 50 580,38 lo que no es

mucho por lo que se descarta por lo menos la utilización del jabón que se utilizó para esta prueba.

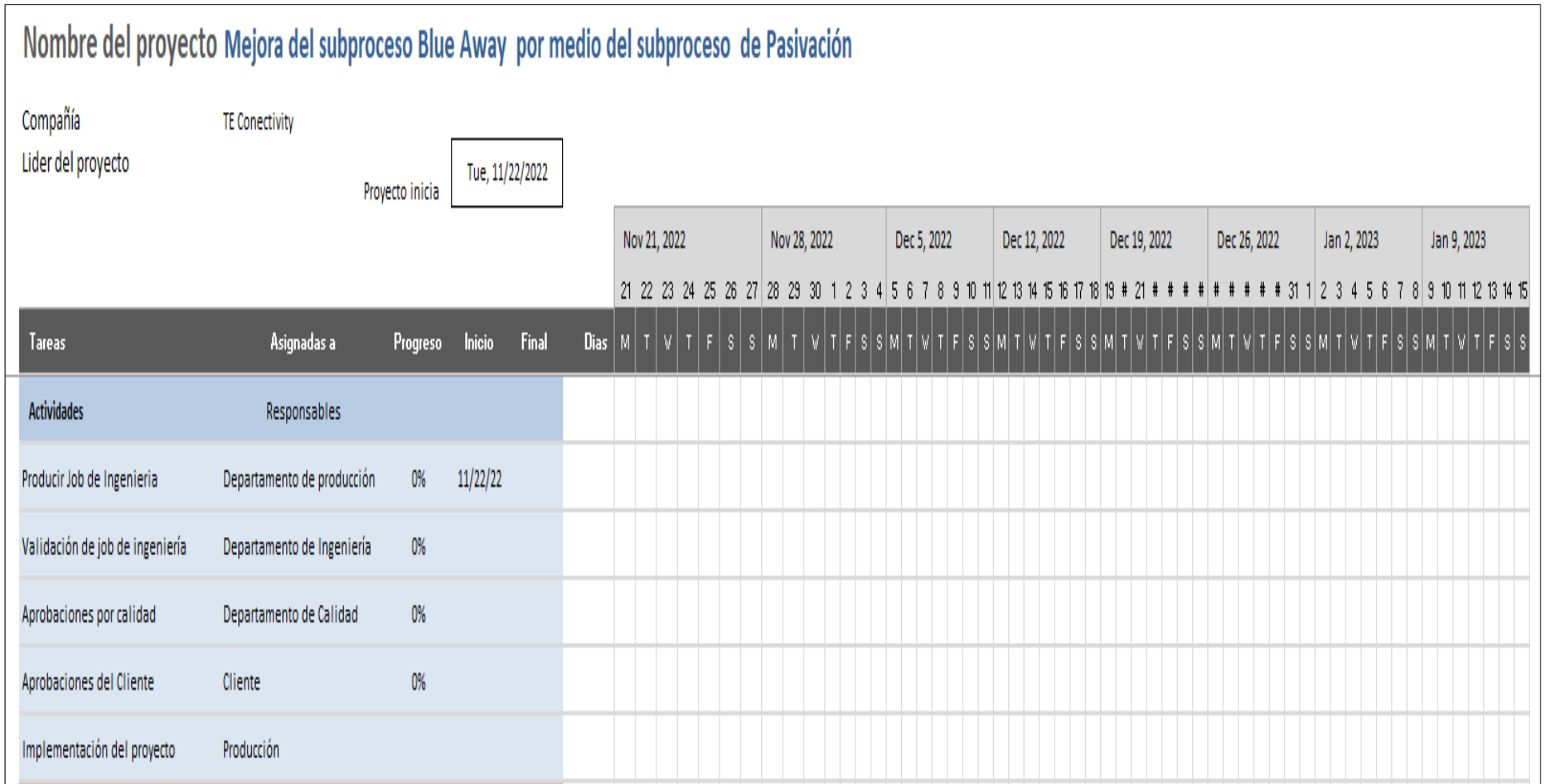
Para lograr llegar a las conclusiones citadas anteriormente se utilizaron las herramientas Ingenieriles y el método DMAIC, surgieron muchas ideas durante la tormenta de ideas la mayoría fueron descartadas y la que al final lograron quedar se realizaron los experimentos requeridos para poder retar el proceso y lograr llegar a una solución factible y que se pueda ejecutar.

6.2 Recomendaciones

1. Buscar otro tipo de jabón para lavar el producto en el área de Cleaning, el jabón contiene grandes cantidades de carbono por lo cual se debería de buscar un tipo de jabón con menos cantidad de carbono.
2. Revisar las temperaturas de la máquina de lavado en Cleaning, durante el proceso de Cleaning se debe de tomar la temperatura del producto para ver si realmente este seco, se notó que durante el manejo del material no se estaba ejecutando.
3. Mejorar el manejo del producto al momento del transporte del material, se notó que alguna área no se usan los guantes industriales, se debería de fomentar el uso de los guantes en todo el proceso para evitar que las manos toquen el material y deben residuos que puedan provocar que el material se contamine y resulte en oxidación.

A continuación, se presenta una propuesta de pasos a seguir para la validación de proceso, estos deben de pasar por varios departamentos para revisar que los cambios que se realizaron no estén afectando la calidad del producto, como se menciona en las restricciones no tiene fechas de inicio y final porque dependen de la cantidad de trabajo que tengan acumuladas cada una de las áreas, también es importante recalcar que estos departamentos trabajan bajo prioridades, por lo cual se muestra solo una fecha de inicio pero no se muestra cómo se va a desarrollar por lo mencionado anteriormente.

FIGURA 43. Inicio de validación de propuesta



Fuente: elaboración propia

Bibliografía

- Albertis, M. (02 de 06 de 2020). *inoxidbles.com*. Obtenido de ocerind:
<https://inoxidable.com/corrosion.htm>
- Glassdoor. (2022). *Glassdoor* . Obtenido de Glassdoor: <https://www.glassdoor.com>
- Group, T. a. (2022). *Taylor and Francis Group*. Obtenido de Taylor and Francis Group:
<https://www.tandfonline.com/>
- Hernández, R. (2014). *Metodologia de la investigacion*.
- Humberto Gutierrez Pulido, R. d. (2009). CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA. En R. d. Humberto Gutierrez Pulido, *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA* (pág. 7). Mexico: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- humberto Gutierrez Pulido, R. d. (2009). *Control Estadistico de la calidad y seis sigma*. México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Martínez, J. M. (2002). *Innovación y mejora continua según el modelo EFQM de excelencia*. Valencia: Diaz de Santos S.A.
- Medical, C. (10 de Marzo de 2021). *Creganna Medical*. Obtenido de Creganna medical is part of: <https://www.creganna.com/company/history/>
- Metals, F. W. (2022). *Fort Wayne Metals*. Obtenido de Fort Wayne Metals:
<https://fwmetals.es/materials/stainless-steel/304v/>
- Rafinejad, D. (2007). *Innovation, Product Development and Commercialization: Case Studies and Key Practices for Market Leadership* . USA: J.Ross Publishing .
- Ruedas, J. G. (s.f.). *Dirección y gestión de Proyectos de Tecnologías de la Información en la Empresa*. Madrid : FC Editorial .
- Ruiz, J. A. (2018). *Ingenieria industrial, Metodos de trabajos , Tiempos y su aplicacion a la planmificacion y mejroa continua*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor ,S.A.de C.V.
- Salina, A. S. (2010). *Contabilidad de costos , analisis para la toma de decisiones* . Mexico : McGraw-hill companie .

Apéndices

Apéndice A proceso 140423-mtl-01 en epicor

Job Tracker

File Edit Tools Actions Help

Job Tracker C257468

Job Tracker Job Tracker

C257468

ASM: 0 140423-01-MTL

Subassemblies

Operations

- Opr: 10 OP: INVEN
- Opr: 20 OP: STSGCR
- Opr: 30 OP: DEBUR
- Opr: 40 OP: CLENHT
- Opr: 50 OP: H.VAC
- Opr: 60 OP: H.VAC.2
- Opr: 65 OP: INSP
- Opr: 68 OP: P&S
- Opr: 70 OP: DOCUM
- Opr: 2000 OP: INSP2

Materials

Job / Part

Job: C257468

Part: 140423-01-MTL

Cross Reference:

Rev: 01 Draw: CM4-054

Desc: WS, Heat Treated only for P/N:

Group: SWP1: Straight Wire

Exp Code:

Prod Team:

Planner: Heather Walker

Type: Manufacturing

Quantities

Prod: 1,500.00000 EA

Mode: Sequential

Completed: 0.000000000

Locked: Production Yield:

Dates

Req By: 9/12/2022

Start: 11/9/2022

Final Op: 11/17/2022

Receive Time: 0

Due: 1/12/2023

Scheduling Priority

Priority: 3 - Normal Locked:

Project

Project ID:

Proj. Phase:

Analysis Code

Analysis:

Job Code

Job Code:

Planning Contract

Contract:

Demand Summary

Make To Stock Make To Order Make To Job People Comments Co-Parts

| Demand Summary | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|----------|-----------------|-------------|----------------|------|--------|--------------|-----|
| Part | Source | Prod Qty | Outstanding Qty | Line Number | Transfer Order | Line | ShipBy | Received Qty | Sta |
| ▶ 140423-01-MTL | Whse CRRM | 1,500.00 | 1,500.00 | | | 0 | | 0.00 | |

Apéndice B proceso 140423-01

Job Tracker

File Edit Tools Actions Help

C257154

Tracker Job Tracker

Job Project Job Details Shipments Miscellaneous Shipments Serial Numbers Part Locations Links Mfg. Receipts Machine MES Custom

Job / Part

Job... C257154

Part: 140423-01

Cross Reference:

Rev: 01 Draw: CM4-087

Desc: Wire - 304V SS, Ground wire, OD

Quantities

Prod: 2,400.00000 EA

Mode: Sequential

Completed: 0.000000000

Locked: Production Yield:

Dates

Req By: 3/10/2023

Start: 2/24/2023

Final Op: 3/9/2023

Receive Time: 0

Due: 3/9/2023

Status

Open

Template

Firm

Engineered

Released

Machine MES:

Group: SGP1:Special Grind-CNC

Exp Code:

Prod Team:

Planner: Diana Post

Type: Manufacturing

Project

Project ID:

Proj. Phase:

Scheduling Priority

Priority: 3 - Normal

Locked:

Analysis Code

Analysis:

Job Code

Job Code:

Planning Contract

Contract:

Demand Summary | Make To Stock Make To Order Make To Job People Comments Co-Parts

| Part | Source | Prod Qty | Outstanding Qty | Line Number | Transfer Order | Line | ShipBy | Received Qty |
|-------------|------------|----------|-----------------|-------------|----------------|------|--------|--------------|
| ▶ 140423-01 | Whse CRFGI | 2,400.00 | 2,400.00 | | | 0 | | 0.00 |

Glosario

LOM: microscopía óptica de luz estereográfica

SEM: Microscopía electrónica de barrido

EDS: rayos X de dispersión de energía Espectroscopía

Anexos

Anexo 1 Bomba de vacío que se utiliza para el proceso de tratamiento térmico



Anexo 2 unidades con oxidación



Anexo 3 horno de tratamiento térmico



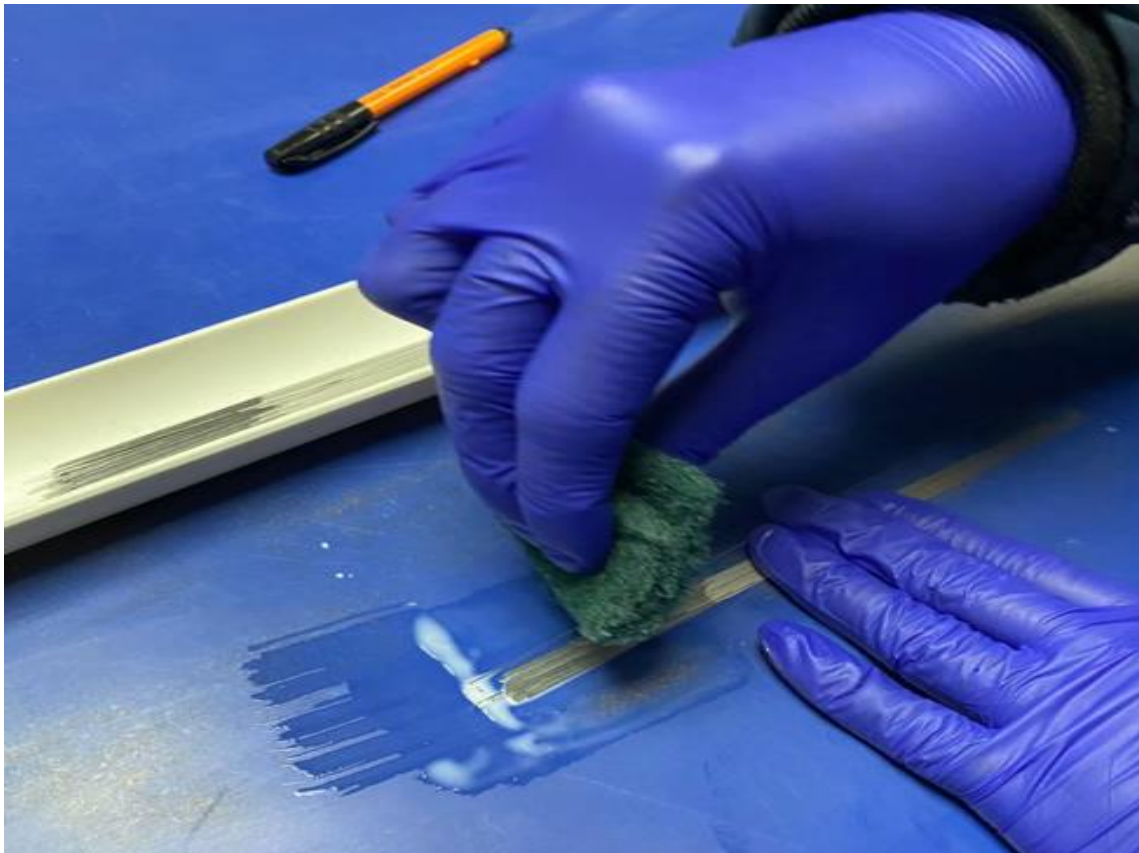
Anexo 4 área de enjuague del producto



Anexo 5 área de secado del producto



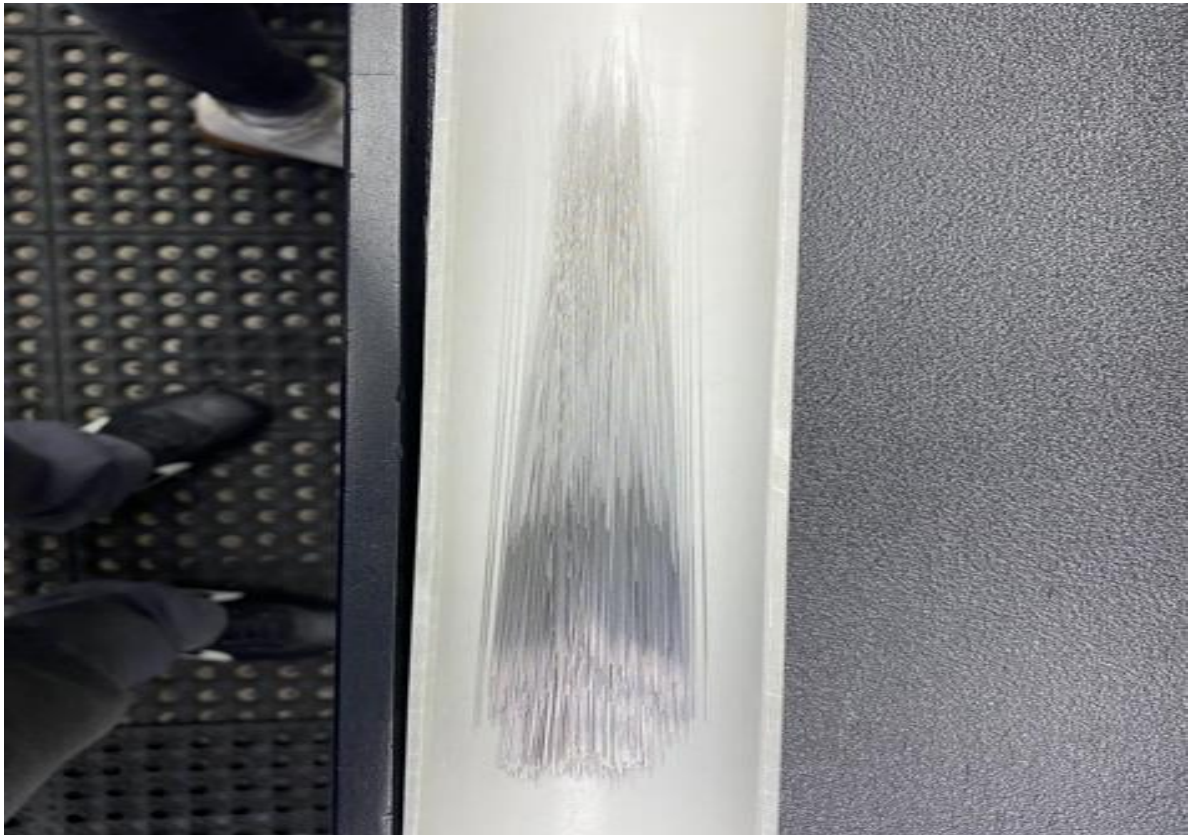
Anexo 6 subproceso de Blue Away



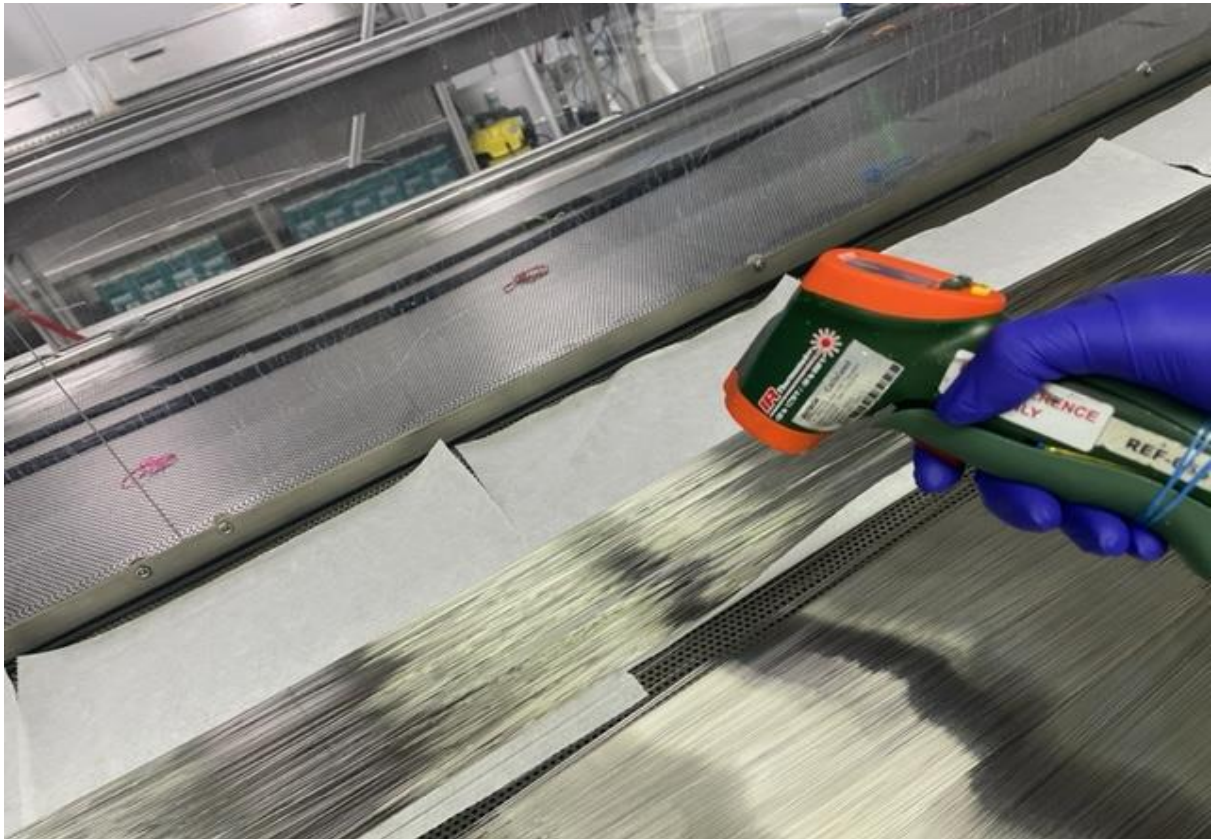
Anexo 7 Detergente que se utiliza para lavar el producto



Anexo 8 unidades que no presenta oxidacion



Anexo 9 toma de temperatura de secado



Anexo 10 cronometro área de hornos



Anexo 11 control de temperatura de hornos



Anexo 12 área de estirado



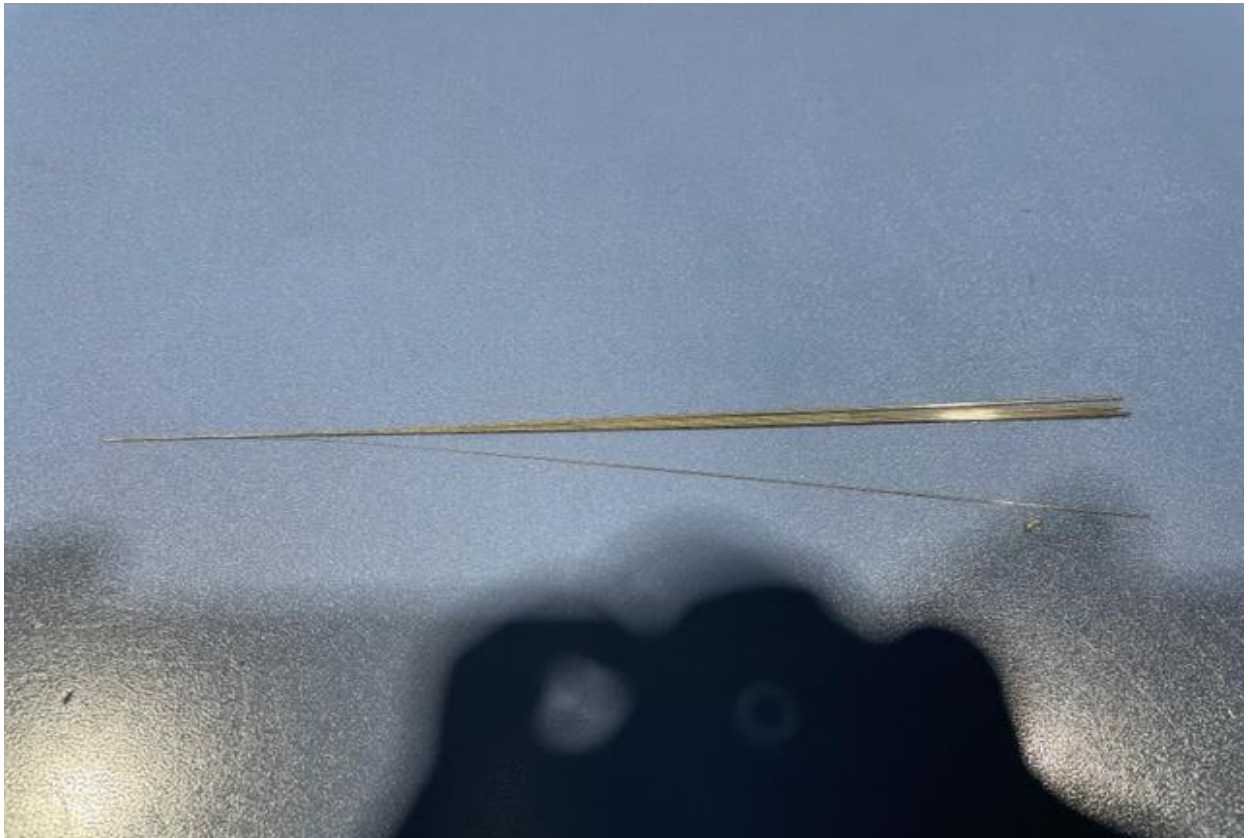
Anexo 13 area de almacenamiento



Anexo 14 maquina de rectificado del area de Special Grinding



Anexo 15 unidades después de rectificarse en el área de Special Grinding



Anexo 16 representación de la forma de las unidades revisadas en máquina de medición especial.

