



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

**“Estudio para la reducción de oxidación y manchas de dureza
en latas de conserva de atún post-esterilización en la empresa
Fishcorp S.A.”**

Autor:

Natalia Santana Abad

Tutor de Titulación:

Ing. Joubert Antonio Azua Alvia, Mg.

Manta - Manabí - Ecuador

2026



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Estudio para la reducción de oxidación y manchas de dureza en latas de conserva de atún post-esterilización en la empresa Fishcorp S.A.”

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANO DE LA FACULTAD
Ing.

DIRECTOR
Ing.

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Santana Abad Natalia**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Industrial, período académico **2026-1**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "**Estudio para la reducción de oxidación y manchas de dureza en latas de conserva de atún post-esterilización en la empresa Fishcorp S.A.**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



Ing. Joubert Antonio Azua Alvia, Mg.

TUTOR DE TITULACIÓN

Declaración de Autoría de Tesis

Santana Abad Natalia, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Industrial, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **“Estudio para la reducción de oxidación y manchas de dureza en latas de conserva de atún post-esterilización en la empresa Fishcorp S.A.”**. Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Joubert Antonio Azua Alvia y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Santana Abad Natalia

C.I. 1728988385



Ing. Azua Alvia Joubert Antonio

C.I. 1310185481

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia, Esperanza, Elías y Benji, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y su fe en mí. Gracias por ser mi mayor ejemplo y por acompañarme con paciencia y orgullo a lo largo de este camino.

Reconocimiento

Con profunda estima y reconocimiento, extendiendo mi más sincera gratitud a todas las personas que han hecho posible la culminación de esta tesis. En especial, al Ing. Joubert Azúa por su orientación y confianza, y a quienes compartieron tiempo y conocimientos para que este trabajo pudiera desarrollarse con éxito.

Índice de Contenido

Certificación del Tutor	iii
Declaración de Autoría de Tesis	iv
Dedicatoria	v
Reconocimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Anexos.....	xiii
Resumen Ejecutivo	xiv
Executive Summary	xv
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Macro Contexto	2
Meso Contexto	3
Micro Contexto	4
Formulación del problema	5
Preguntas Directrices	5
Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	6
Justificación.....	7
Capítulo 1	8
1 Fundamentación Teórica	8
1.1 Antecedentes Investigativos	8
1.2 Bases Teóricas	11

1.2.1	Composición y Estructura de la Hojalata	11
1.2.2	Oxidación en Metales	12
1.2.3	Corrosión en Metales.....	14
1.2.3.1	Clasificación de la Corrosión	15
1.2.4	Corrosión Electroquímica	17
1.2.5	Manchas de Dureza en Metales	18
1.2.6	Uso de Barniz en la Protección Anticorrosiva de la Hojalata	21
1.3	Marco Conceptual.....	23
1.3.1	Oxidación Química	23
1.3.2	Corrosión	23
1.3.3	Dureza del Agua	23
1.3.4	Esterilización de Alimentos.....	23
1.3.5	Doble Cierre.....	24
1.3.6	Lata Metálica	24
1.3.7	Barniz	24
1.3.8	Hojalata	25
1.4	Marco Legal y Ambiental	25
1.5	Marco Metodológico.....	26
1.5.1	Modalidad Básica de la Investigación.....	26
1.5.2	Enfoque	27
1.5.3	Nivel de Investigación.....	27
1.5.4	Objeto de Estudio	28
1.5.5	Técnicas de recolección de datos.....	28
1.5.6	Plan de recolección de datos.....	29
1.5.7	Procesamiento de la Información	30
1.5.7.1	Justificación de Elecciones Metodológicas.....	30
Capítulo 2		31

2	Diagnóstico o Estudio de Campo.....	31
2.1	Datos Generales de la Empresa.....	31
2.1.1	Antecedentes.....	31
2.1.2	Portafolio de Productos	31
2.2	Diagnóstico Situacional del Proceso Actual.....	32
2.2.1	Descripción del Proceso de Línea de Enlatado de Conservas de Atún	32
2.3	Evaluación de Problemas por Presencia de Manchas de Dureza y Oxidación.....	35
2.3.1	Recepción de Insumos y Materiales	35
2.3.2	Sellado.....	35
2.3.3	Esterilización.....	35
2.3.3.1	Comportamiento del Agua en el Sistema de Recirculación .	36
2.3.3.2	Comportamiento del agua en la esterilización	37
2.3.3.3	Corrientes galvánicas en autoclaves	39
2.3.3.4	Mantenimiento del Autoclave.....	41
2.3.4	Secado	41
2.3.5	Etiquetado	42
2.3.6	Análisis de los Defectos Registrados.....	43
	Capítulo 3.....	45
3	Propuesta de Mejora.....	45
3.1	Planteamiento de la Problemática Operativa.....	45
3.1.1	Propuesta de Solución: Control Químico del Agua de Recirculación	45
3.2	Viabilidad de la Propuesta	46
3.2.1	Tratamiento Químico	46
3.2.2	Volteador de Latas.....	46

3.2.3	Capacitación al Personal	47
3.3	Impacto Esperado	47
3.4	Plan de Monitoreo	47
3.4.1	Indicadores de Monitoreo	47
3.4.2	Procedimiento del Monitoreo	48
3.4.3	Responsables y Frecuencia del Monitoreo	49
3.4.4	Acciones Correctivas ante Desviaciones	50
3.5	Implementación de Mejoras y Evaluación de Resultados	50
3.5.1	Comparación de Defectos Antes y Después de la Propuesta de Mejora	50
	Conclusiones	54
	Recomendaciones	55
	Bibliografía	56
	Anexos	63

Índice de Tablas

Tabla 1	29
Tabla 2	38
Tabla 3	43
Tabla 4	48
Tabla 5	49
Tabla 6	50
Tabla 7	51

Índice de Figuras

Figura 1	16
Figura 2	16
Figura 3	17
Figura 4	31
Figura 5	32
Figura 6	36
Figura 7	40
Figura 8	43
Figura 9	49
Figura 10	51
Figura 11	52
Figura 12	52

Índice de Anexos

Anexo A. Lista de verificación para el control de manchas de dureza y oxidación en las latas.	63
Anexo B. Formato de entrevista aplicado al personal de planta.	63
Anexo C. Entrevista al supervisor de la recepción de insumos.	64
Anexo D. Entrevista realizada a inspector de la etapa de doble cierre.	65
Anexo E. Entrevista realizada a operador de autoclaves.	66
Anexo F. Entrevista realizada a operadora de etiquetado.	67

Resumen Ejecutivo

El presente estudio analiza la aparición de oxidación y manchas de dureza en latas de conserva de atún producidas por Fishcorp S.A., después de la esterilización. El objetivo es identificar los factores asociados a su aparición y determinar la incidencia de estos defectos durante un periodo determinado de producción. La investigación emplea un enfoque mixto basado en revisión documental, observación directa en planta y una ficha de inspección diseñada para clasificar y registrar las latas afectadas después del proceso de esterilización. Se concluyó que la calidad del agua de recirculación y la acumulación de residuos en el doble cierre generan rayaduras que favorecen la oxidación. La implementación de un tratamiento químico del agua, el volteador de latas y la capacitación del personal fueron efectivos. Las rayaduras se eliminaron, la oxidación disminuyó 82,5% y las manchas de dureza 55,6%.

Palabras clave: oxidación, manchas de dureza, esterilización, calidad, producción

Executive Summary

This study analyzes the occurrence of oxidation and hardness stains in canned tuna produced by Fishcorp S.A., following the sterilization process. The objective is to identify the factors associated with their appearance and to determine the incidence of these defects during a specific production period. The research employs a mixed-methods approach based on document review, direct observation on the plant floor, and an inspection form designed to classify and record affected cans after the sterilization process. It was concluded that the quality of the recirculation water and the accumulation of residues in the double seam generate scratches that promote oxidation. The implementation of a chemical water treatment, a can tumbler, and staff training proved effective. Scratches were eliminated, oxidation decreased by 82.5%, and hardness stains by 55.6%.

Keywords: oxidation, hardness stains, sterilization, quality, production

Introducción

En la producción de conservas de atún, pequeños defectos en la lata pueden ser señales de problemas en el proceso que no son fáciles de detectar. Entre estos defectos, la oxidación y manchas de dureza preocupan por su impacto visual y las posibles fallas que puedan indicar. Cuando estos defectos aparecen después de la esterilización, fase donde el producto está casi finalizado, esto puede generar dudas en el cliente y obligar a la empresa a realizar reprocesados o descartar lotes completos, lo que representa pérdidas operativas y económicas para la empresa,

El propósito de este estudio es identificar y analizar los factores relacionados con la oxidación y las manchas de dureza que se presentan en las latas de conserva después del proceso de esterilización en Fishcorp S.A. La realización de esta investigación se justifica porque estos defectos afectan la imagen del producto, generan costos adicionales y comprometen la calidad e inocuidad que la empresa debe garantizar. De hecho, al comprender las causas de origen será posible plantear acciones correctivas que reduzcan la aparición de dichas fallas.

Esta investigación se desarrolla en tres capítulos. El primero presenta antecedentes y fundamentos teóricos para entender por qué aparecen la oxidación y manchas de dureza en las latas. El segundo explica la metodología utilizada, el diseño del instrumento de recolección de datos y los procedimientos aplicados en la empresa Fishcorp S.A. Finalmente, el capítulo tres expone resultados, su análisis y conclusiones obtenidas en la investigación, junto con recomendaciones para reducir la incidencia de oxidación y manchas de dureza en la producción.

Planteamiento del problema

Macro Contexto

De acuerdo con Fortune Business Insights (2025) a nivel global la demanda de alimentos precocinados ha crecido notablemente en los últimos años. Dicho fenómeno surge como consecuencia de la creciente preferencia del mercado hacia productos envasados, favorecida por el aumento de la población activa y los actuales estilos de vida, los cuales han contribuido significativamente a la expansión de este sector alimentario. El mercado mundial del atún enlatado muestra una tendencia de crecimiento, proyectando un crecimiento de 29 660 millones de dólares de 2025 a 36 520 millones en 2032, con una tasa anual de crecimiento compuesta (TCAC) de 3,01%. De hecho, cada vez más fabricantes se enfocan en lanzar al mercado productos innovadores y obtener certificaciones para ofrecer a los consumidores productos de calidad y un excelente servicio.

Específicamente, en el mercado latinoamericano, Grand View Research (2025) estima que el mercado latinoamericano de atún enlatado registre la mayor tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC), alcanzando un 6,3%, durante el periodo 2025 – 2030. Dicho crecimiento, se debe al mayor interés por alimentos marinos prácticos, con un alto contenido proteico y de origen sostenible. Además, se estima la expansión del mercado, mediante canales de venta como los supermercados y comercio electrónico.

La OMS (2024) afirma que contar con alimentos inocuos, nutritivos y en una cantidad adecuada es básico para mantener una buena salud. De este modo, los gobiernos, productores y consumidores deben trabajar de forma conjunta para asegurar la inocuidad de los alimentos y la calidad de los sistemas alimentarios. Además, la OMS (2023) en su resumen ejecutivo “Estrategia Mundial de la OMS para la Inocuidad de los Alimentos 2022-2030: hacia sistemas más sólidos de gestión de la inocuidad de los alimentos y la cooperación mundial”, menciona que los sistemas de gestión de la inocuidad alimentaria deben estar preparados para detectar y evaluar problemas actuales y emergentes, para responder de manera proactiva y no reactiva.

Es relevante mencionar que la OMS y la FAO (2009) trabajan de forma conjunta para garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos a través de la elaboración de códigos de práctica, entre los cuales se destaca el “Código de práctica para el pescado y los productos pesqueros”, que establece una orientación técnica para la pesca, elaboración, transporte y venta de pescado y productos pesqueros. En su Sección 18, el Código se enfoca en la producción de productos de pescado y marisco en conserva esterilizados destinados al consumo humano, identificando los posibles peligros y defectos en las distintas fases del proceso y estableciendo medidas de control y correctivas necesarias para garantizar la inocuidad y calidad de las conservas.

Otras organizaciones como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (2022), establece en su guía llamada “Guía sobre peligros y controles del pescado y los productos pesqueros”, los peligros y controles que deben de aplicar los procesadores y autoridades reguladoras para asegurar la inocuidad del producto.

Meso Contexto

Según la Cámara Ecuatoriana de Industriales y Procesadores Atuneros (CEIPA, 2025) en los meses de enero y febrero de 2025, Ecuador exportó 53.243,50 toneladas de atún, lo que representa un aumento del 23,01% en comparación al año 2024, cuando se enviaron 43.284,50 toneladas. Estos resultados evidencian el fortalecimiento del sector atunero ecuatoriano, el cual se posiciona como uno de los más activos en la economía exportadora del país. El subsector pesquero dedicado al procesamiento y conservación de pescado y otros productos marinos, registró un valor aproximado de USD 579,75 millones, es decir, una participación del 0,80% en el PIB Total (Corporación Financiera Nacional B.P, 2024).

El Instituto de Promoción del Ecuador (2024) declara que el atún del país cuenta con una destacada reputación y reconocimiento internacional gracias a su calidad y aplicación en prácticas sostenibles, cuyos aspectos son valorados por los consumidores que cada vez muestran preferencia por productos sostenibles. De hecho, es necesario que el atún en conserva exportado cumpla

con requisitos generales de inocuidad y calidad, un etiquetado apropiado y un cumplimiento administrativo.

En el marco normativo ecuatoriano, el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2016b) en su norma RTE INEN 253 (1R), establece los requisitos que deben cumplir los envases flexibles recortables destinados al envasado de alimentos sometidos a un proceso de esterilización por calor, con el fin de proteger la salud y la vida de la población y evitar prácticas que puedan inducir a error al consumidor. Este reglamento dispone que los materiales de los envases deben ser inocuos, resistentes y capaces de mantener la integridad del producto durante el tratamiento térmico, evitando fugas o alteraciones químicas que puedan comprometer su inocuidad.

Micro Contexto

La presente investigación se desarrolla en la empresa Fishcorp S.A., ubicada en Jaramijó, Manabí, Ecuador. La empresa se dedica a la elaboración de conservas de atún en diferentes presentaciones, siendo una de estas las conservas de atún en lata. Además, aplica controles de calidad e inocuidad conforme a las normativas nacionales e internacionales.

Posterior al proceso de esterilización, se han identificado problemas de calidad en el producto final, principalmente oxidación y manchas de dureza. Estos defectos afectan la apariencia del envase y la percepción de la calidad por parte de los consumidores. Además, la corrosión puede generar perforaciones o microperforaciones que dañan el producto y pueden afectar la salud del consumidor. Estas incidencias pueden impactar en la reputación de la empresa, ocasionar la pérdida de clientes e incrementar los costos por la intervención de los envases afectados.

Actualmente, la empresa cuenta con procedimientos de control de calidad, pese a ello, estos incidentes evidencian la necesidad de la empresa por optar la optimización de variables específicas del proceso de producción para mejorar la calidad y presentación de las conservas post-esterilización.

Formulación del problema

¿De qué manera puede reducirse eficazmente la presencia de oxidación y manchas de dureza en las latas de conserva de atún producidas por la empresa Fishcorp S.A., posterior al proceso de esterilización?

Preguntas Directrices

- ¿Cuáles son las causas principales de la oxidación y manchas de dureza en las latas de conservas de atún tras la esterilización?
- ¿Qué acciones correctivas son factibles para disminuir los problemas de oxidación en manchas de dureza en las latas de conservas de atún?
- ¿Cómo se puede implementar un plan de acción que garantice la reducción de estos problemas en las producciones futuras?
- ¿Qué mecanismos de monitoreo se pueden utilizar para evaluar la efectividad del plan de acción en la calidad de las conservas de atún en lata?

Objetivos

Objetivo General

- Realizar un estudio para la reducción de oxidación y manchas de dureza en latas de conserva de atún post-esterilización en la empresa Fishcorp S.A.

Objetivos Específicos

- Identificar las causas que originan la presencia de óxido y manchas de dureza en latas de conserva de atún posterior a la operación de esterilizado.
- Evaluar las acciones correctivas adecuadas para tratar los problemas de oxidación y manchas de dureza en las latas de conservas de atún.
- Proponer un plan de acción que mitigue la presencia de oxidación y manchas de dureza en las latas de conservas de atún.
- Diseñar un programa de monitoreo para evaluar el impacto del plan de acción sobre las producciones de conservas de atún en lata en la empresa Fishcorp S.A.

Justificación

La aparición de oxidación y manchas de dureza en las latas de conservas de atún constituye un problema para Fishcorp S.A., ya que afecta directamente a la calidad e imagen del producto, genera devoluciones y aumenta los costos asociados a reprocesos o desperdicios.

La industria alimentaria tiene la responsabilidad legal y moral de proporcionar a sus clientes, alimentos que cumplan con todos los requisitos de calidad y seguridad establecidos (Inteaz, 2004). En el caso de no cumplirse tales requisitos, estos defectos pueden generar desconfianza en el consumidor y, en el peor de los casos, poner en riesgo su salud.

Estudiar las causas que provocan estos defectos, permitirá identificar los puntos del proceso donde se generan problemas. A partir de esto, se podrán aplicar controles y acciones correctivas que reduzcan la oxidación y los depósitos minerales en la superficie externa de las latas. Esto contribuirá a mantener la estabilidad del producto en el mercado y cumplir con los estándares que exige la empresa y la normativa.

La presente investigación es relevante por la necesidad de identificar y aplicar medidas que reduzcan la aparición de defectos post-esterilización (oxidación y manchas de dureza) para mejorar los estándares de calidad de Fishcorp S.A. Además, al reducir reprocesos y desperdicios de producto, se contribuye a un proceso más eficiente. Esto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible N.º 9, que promueve la implementación de procesos eficientes con menor generación de desperdicios (ONU, 2023).

Capítulo 1

1 Fundamentación Teórica

1.1 Antecedentes Investigativos

Deng et al. (2022) en su investigación titulada “Análisis de las causas de fallo de la hojalata recubierta con resina epoxi-fenólica tras la esterilización por ebullición”, desarrollaron un estudio de tipo experimental con una muestra de hojalata recubierta con resina epoxi-fenólica. Los autores de dicha investigación plantearon como objetivo explicar las causas del blanqueamiento que provocan la corrosión bajo la película de los recubrimientos tras la inmersión de la muestra en una solución de NaCl al 3,5% durante tres días. La metodología empleada hizo uso de técnicas analíticas como, la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), circuitos equivalentes (ECC), microscopía electrónica de barrido (SEM), ensayos de inmersión solución salina, análisis de potencial de circuito abierto (OCP), microscopía óptica y el estudio de la morfología transversal de las probetas. Los resultados indicaron que la ebullición degrada el recubrimiento epoxi-fenólico, lo que conlleva a un peor desempeño en su resistencia a la corrosión. De igual modo, se observó que la heterogeneidad en el espesor y los defectos de manufactura de la hojalata favorecen la aparición del blanqueamiento. Por otro lado, el análisis transversal evidenció desprendimiento y corrosión bajo la película con mayor severidad en las probetas tratadas térmicamente.

Liu et al. (2024) realizaron una investigación titulada “Evaluación rápida de la resistencia al proceso de esterilización por vapor a alta temperatura para hojalata recubierta con recubrimiento orgánico mediante método electroquímico”, donde desarrollaron un estudio experimental con una muestra de doce probetas de hojalata (acero bajo en carbono recubierto con estaño) y recubrimientos orgánicos de tres tipos: poliéster sin PBA, epoxi-fenólico y epoxi-aminado. El objetivo central de la investigación fue establecer un método rápido de prueba para sistemas de recubrimiento de hojalata basado en polarización catódica y EIS, combinado con la observación morfológica superficial e interfacial, con el fin de observar el mecanismo de fallo por acción del vapor en

estos recubrimientos. Los autores concluyeron que el método que permite discriminar de manera eficaz las propiedades de los recubrimientos de la es la corriente de polarización catódica. Se determinó también que el recubrimiento epoxi-fenólico posee la mejor resistencia a la corrosión, el epoxi-aminado una resistencia intermedia y el poliéster la peor resistencia. Además, se estableció que la resistencia al vapor depende directamente de la adhesión y de la humectabilidad del recubrimiento.

Chang (2021) en su tesis doctoral titulada “Corrosión en latas de hojalata utilizadas para almacenar alimentos”, desarrolló un estudio experimental con latas de hojalata recubiertas con polímeros libres de bisfenol A (BPA-NI). El objetivo principal de la investigación fue desarrollar y evaluar recubrimientos alternativos sin BPA que ofrecieran una resistencia a la corrosión y un rendimiento equivalente a los recubrimientos tradicionales con BPA, bajo condiciones de esterilización y almacenamiento. La metodología empleada consistió en ensayos de almacenamiento acelerado en latas a 49 °C durante distintos periodos de tiempo y espectroscopía de EIS en soluciones de almacenamiento y en NaCl al 3,5% p/p. Los resultados mostraron que los recubrimientos delgados BPA-NI se saturaban de agua en pocos minutos tras la exposición a soluciones acuosas, lo que comprometía su estabilidad. El almacenamiento en NaCl al 3,5% generó los efectos más dañinos, mientras que los iones nitrato y las condiciones de bajo pH aceleraron significativamente la degradación del recubrimiento.

Hussein et al. (2023) en su artículo titulado “Investigación del efecto de la temperatura y la concentración de NaCl en el comportamiento de la corrosión utilizando latas de alimentos comerciales”, desarrollaron un estudio experimental con muestras de latas comerciales utilizadas para envasar salmón, guisantes verdes y maíz. El objetivo principal fue analizar el efecto de la temperatura y la concentración de NaCl sobre el comportamiento de corrosión de las superficies metálicas de las latas. La metodología incluyó diversas técnicas como la polarización Tafel, OCP, microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), difracción de rayos X (XRD) y pruebas de inmersión en soluciones de NaCl en distintas temperaturas (25 °C, 35 °C, y 50 °C) durante 30

minutos, con el fin de simular condiciones de transporte y almacenamiento. Los resultados mostraron que el incremento de temperatura intensificó significativamente la corrosión, siendo más severa a 50 °C, especialmente en las latas de guisantes verdes, asociadas con mayores concentraciones de NaCl. Se observó que las concentraciones elevadas de NaCl aceleraron el proceso de corrosión, debilitando la película pasiva protectora y promoviendo la formación de picaduras. En contraste, las latas de salmón con menor contenido de NaCl presentaron un comportamiento más favorable, debido a la formación de productos protectores como la magnetita.

Dhuey et al. (2021) presentaron el artículo “Desarrollo de compuestos inducidos por calor en tomate procesado y su influencia en el inicio de la corrosión en latas metálicas de alimentos”, en el cual desarrollaron un estudio experimental con 32 latas metálicas y 4 frascos de vidrio como grupos control. El propósito de la investigación fue identificar y cuantificar los compuestos volátiles y no volátiles generados en tomates procesados bajo condiciones de calor en una retorta, determinar cuáles de ellos deterioraba el revestimiento protector de las latas y originaban corrosión y medir la migración de compuestos metálicos hacia los tomates envasados. La metodología incluye el uso de espectrometría de masas con flujo de iones seleccionados (SIFT-MS) y cromatografía iónica (IC) para evaluar la presencia de compuestos en tomate sin el recubrimiento polimérico antes y después del procesamiento térmico. Los resultados evidenciaron que la degradación térmica de aminoácidos presentes en los tomates dio lugar a la formación de sulfuros de metilo volátiles y compuestos nitrogenados no volátiles, los cuales fueron absorbidos por el revestimiento de la lata. De igual forma, se identificó que la interacción de estos compuestos con el recubrimiento polimérico generó brechas que facilitaron la difusión de especies corrosivas hacia el metal base, iniciando procesos de corrosión.

Los antecedentes seleccionados permitieron establecer un panorama integral de los factores que influyen en la degradación de los recubrimientos y en la corrosión de envases metálicos. Las investigaciones de Deng et al. (2022) y Liu et al. (2024) demuestran la vulnerabilidad de los recubrimientos epoxi-

fenólicos y la importancia de métodos electroquímicos rápidos para evaluar su resistencia, evidenciando que las condiciones de esterilización, la calidad del espesor y la adhesión determinan su desempeño. Chang (2021) aporta su análisis al explorar recubrimientos alternativos sin bisfenol A, revelando limitaciones significativas frente a medios agresivos y señalando fenómenos críticos como la corrosión localizada y formación de ampollas. Hussein et al. (2023) destacan como variables externas como la temperatura y la concentración de cloruros intensifican la corrosión en latas comerciales. Dhuey et al. (2021) profundiza en el papel de compuestos formados durante el procesamiento térmico de alimentos, en particular el sulfuro de dimetilo como desencadenantes del deterioro del recubrimiento y la migración metálica hacia el producto. En conjunto, estos estudios ofrecen un marco de referencia sólido para comprender los fenómenos que originan oxidación y manchas de dureza en envases metálicos, aportando bases científicas que sustentan la investigación orientada a reducir estas problemáticas en las latas de conserva de atún post esterilización en la empresa Fishcorp S.A.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Composición y Estructura de la Hojalata

De acuerdo con la INEN (2013b) en su reglamento NTE INEN 874:2013, la hojalata se define como: “Lámina de acero blando con bajo contenido de carbono, de un espesor máximo de 0,5 mm, recubierta por ambos lados con una película de estaño aplicada por inmersión o por un proceso electrolítico”. La INEN (2013b) establece el espesor nominal de la hojalata como un múltiplo de 0,01 mm, que esté entre 0,15 mm – 0,50 mm. Este material combina la resistencia y ductilidad del acero con la protección contra la corrosión y el acabado del estaño (Ecoembes, 2018).

ITRA Ltd. (2000) menciona que la fabricación de la hojalata se divide en dos etapas: la producción de banda o chapa de acero dulce delgado con las dimensiones y propiedades mecánicas requeridas, y el proceso de recubrimiento. La base de acero utilizada para la fabricación de hojalata es un

acero dulce de bajo carbono (0,003% - 0,12%) y del recubrimiento de estaño, la pureza mínima debe de ser del 99,85 %

Esta organización afirma que en la producción de hojalata, la lámina de acero y el recubrimiento de estaño son fabricados por separado. Esto permite que cualquier recubrimiento de estaño o combinación de recubrimientos puede aplicarse a cualquier lámina de acero, generando una variedad de combinaciones. La composición del acero influye en su resistencia a la corrosión, por ello en ambientes muy corrosivos es necesario controlar los elementos que lo componen.

ITRA Ltd. (2000) establece tres grados de hojalata: el estándar, segunda calidad y material de desecho. El grado estándar es la producción normal que aplica procedimientos usuales de inspección y clasificación, permitiendo el lacado y la impresión en toda la superficie. El de segunda calidad está disponible en ciertos países y pueden tener pequeñas imperfecciones en la superficie, defectos en el estañado o deformaciones, pero no están fuera de medida ni con agujeros. Por último, el material de desecho no es un tercer grado oficial, sin embargo, puede ser útil para usos no críticos debido a que está fuera de medida o con agujeros pequeños.

1.2.2 Oxidación en Metales

Ortega (1990) describe la oxidación como la reacción donde un metal reacciona con un átomo o molécula y pierde electrones. El autor indica que el incremento de energía libre de Gibbs (ΔG) para casi todos los óxidos metálicos es negativo, entonces son estables ante la atmósfera de oxígeno. Todo lo contrario pasa con los metales, cuya presencia ante la atmósfera de oxígeno no es estable, y por ello, tienden a oxidarse. Además, clasifica los óxidos como protectores y no protectores. Los protectores son aquellos que protegen su metal base, y los no protectores los que la destruyen.

Siguiendo esta lógica, todos los metales deberían volver al estado combinado al quedar expuestos a la atmósfera, sin embargo esto no pasa debido a los fenómenos cinéticos. Ortega (1990) infiere entonces que la formación de

óxidos entorpece la posterior reacción del oxígeno con la superficie del metal, provocando una reacción más lenta.

Similarmente, Winston y Uhlig (2008) mencionan que la velocidad de oxidación, después de formarse la primera capa, dependerá de la continuidad y protección de esta, o si tiene grietas o poros que la hacen menos efectiva. Además, estos autores mencionan que si la capa se forma bajo tensión, esta tenderá a romperse y si se forma bajo compresión, protegerá mejor el metal.

Hauffe (1965) explica la formación del óxido de la siguiente forma:

El producto de la reacción frecuentemente se presenta como una fase compacta con las sustancias reactivas espacialmente separadas entre sí, y la reacción posterior solo es posible si al menos uno de los reactivos se difunde a través de la capa incrustante hacia el otro reactivo.

En otras palabras, cuando ocurre la oxidación se crea una capa protectora de producto que separa físicamente los dos reactivos (metal y medio oxidante), donde dicha oxidación podrá extenderse solo si el medio oxidante logra atravesar la capa.

Evans (1987) afirma que la función de la película de óxido es aislar al metal del contacto del aire, para posteriormente ir ralentizando la reacción conforme la oxidación empieza a aumentar el espesor, incluso a temperaturas ambientes. Es importante tener en cuenta la temperatura, pues cuanto más altas sean estas, la película se convierte en lo suficientemente gruesa, plástica y uniforme para dar lugar a colores de interferencia. Pasa lo opuesto a temperaturas ambiente o bajas, donde la película puede agrietarse y el aspecto del metal no sufre cambios, a no ser que haya presencia de compuestos sulfurosos en el ambiente.

Para Hauffe (1965) la reacción de oxidación estará determinada por cinco factores, siendo estos:

- reacción de interfase, nucleación y crecimiento cristalino

- transporte de cationes, aniones y electrones a través de la capa de óxido
- procesos de transporte en capas límite
- estabilidad termodinámica del óxido
- estructura cristalina de la capa y del metal

1.2.3 Corrosión en Metales

Winston y Uhlig (2008) definen a la corrosión como el deterioro de un metal producto de una reacción química o electroquímica con el medio que lo rodea. En algunos casos, dicho deterioro puede venir acompañado de daños físicos como la erosión, desgaste o fricción. Este término, es aplicado exclusivamente a metales.

Los autores explican que es importante diferenciar que dentro de los metales, los metales ferrosos su deterioro se conoce como oxidación, pues forma óxidos ferrosos (herrumbre). En cambio en los metales no ferrosos, su reacción con el ambiente se conoce como corrosión, por tanto, se corroen pero no se oxidan.

Desde el punto de vista de Winston y Uhlig (2008) la corrosión tiene un impacto significativo en tres ámbitos: economía, seguridad y conservación. En lo económico, la corrosión provoca desperdicios de material (tuberías, componentes, máquinas, etc.). En seguridad, puede causar fallas peligrosas en calderas, álabes, contenedores, etc. Por último, en conservación la corrosión genera un desperdicio de energía, agua y trabajo humano utilizado para fabricar esas estructuras metálicas.

Para que la corrosión suceda, Vázquez (2018) explica que es necesaria la participación de tres componentes: oxidación, una especie que capte los electrones liberados y medio líquido disolvente de iones. Dado que la oxidación fue abordada anteriormente, a continuación se profundizará en los elementos restantes.

Ahora bien, la autora explica que como los electrones no pueden acumularse en el metal, se requerirá de una sustancia que capte los electrones liberados, por ejemplo, el aire o un medio líquido con aire disuelto. En otras palabras, se necesitará de la reducción de la sustancia. Por último, los cationes formados en el metal no pueden acumularse en la interfase del metal y la sustancia, para ello, será necesario un medio líquido para disolver los iones generados, alejarlos del metal y cerrar el circuito de cargas positivas.

Roberge (2008) señala que el inicio y profeso de la corrosión puede deberse a múltiples factores como: naturaleza del metal o aleación, homogeneidad de estructura metálica, naturaleza de ambiente corrosivo, factores ambientales incidentales, tensión, capas de óxido, depósitos en las superficies, superficies desgastadas y fisuradas, efectos galvánicos y presencia de corrientes eléctricas externas.

1.2.3.1 Clasificación de la Corrosión

Otero (2002) clasifica a la corrosión según la morfología del ataque y el mecanismo. Según la morfología se distingue la corrosión: a) uniforme, homogénea o generalizada, b) en placas o selectiva, c) por picaduras, d) en resquicio, e) intergranular y f) corrosión bajo tensión.

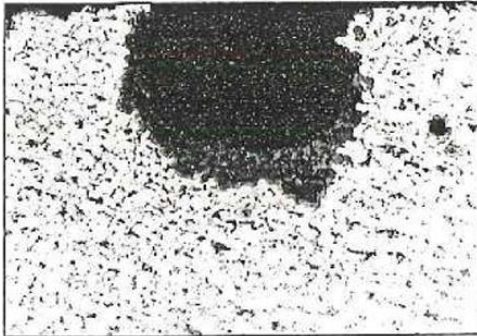
La corrosión uniforme se caracteriza por extenderse homogéneamente y penetrar de forma media por toda la superficie metálica, teniendo una relación indirecta entre la pérdida de material, reducción de espesor y magnitud del fenómeno. La corrosión de placas o selectiva, es aquella donde el ataque no se distribuye homogéneamente, sino en zonas específicas de la superficie metálica. Este fenómeno suele ocurrir en aleaciones que poseen distintas fases con diferentes contenidos de los metales que las componen.

La corrosión por picaduras consiste en zonas localizadas que presentan una corrosión de 1 o 2 mm² de extensión, que se propagan rápidamente hacia el interior del material generando conductos pequeños. Este tipo de corrosión se suele dar en superficies que carecen de homogeneidad y que pueden pasivarse, pues cuando se rompe la película es cuando surge este fenómeno. La corrosión en resquicio es aquella producida en uniones, espacios intermedios, áreas de

solapamiento, zonas con roscas o mal aireadas, donde existen diferentes presiones superficiales de oxígeno en la superficie del metal y la renovación del medio corrosivo está condicionada por los mecanismos de difusión.

Figura 1

Corrosión por picadura en un acero al carbono.

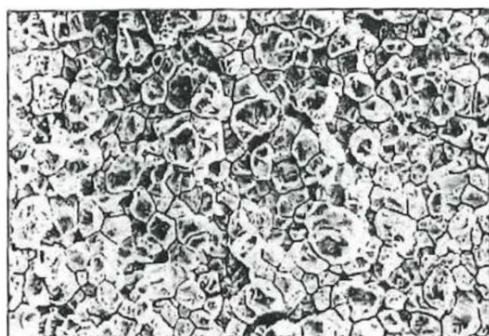


Nota. Tomado de *Corrosión y degradación de materiales* (p. 25), por E. Otero Huerta, 2002, Editorial Síntesis, S.A.

La corrosión intergranular, se localiza en los límites del grano del metal y debilita la unión entre los granos del material, reduciendo su resistencia y las características propias del metal. Finalmente, la corrosión bajo tensión se caracteriza por las pequeñas grietas o fisuras provocadas y direccionadas (transgranular o intergranular) por la tensión mecánica de tracción del metal, haya sido esta aplicada, residual o por estar en contacto con un medio agresivo para el mismo.

Figura 2

Corrosión intergranular en acero inoxidable austenítico en contacto HNO_3 caliente.

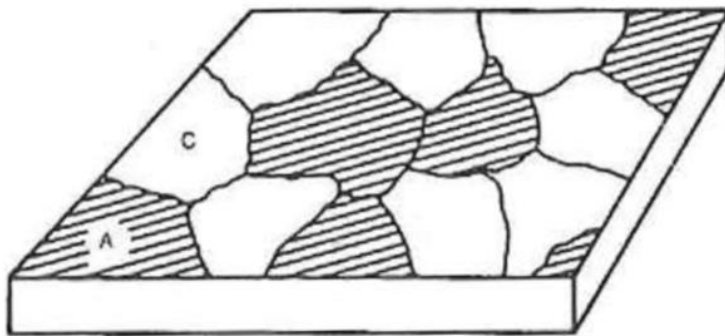


Nota. Tomado de *Corrosión y degradación de materiales* (p. 26), por E. Otero Huerta, 2002, Editorial Síntesis, S.A

Para la corrosión según el mecanismo, se presenta la corrosión electroquímica y la directa. La electroquímica se debe a la actuación de pilas electroquímicas que provocan disoluciones en las regiones anódicas del metal, sin afectar toda la superficie de igual forma. Este tipo de corrosión se origina cuando los materiales metálicos están en contacto con medios de conductividad electrolítica (soluciones salinas y humedad de la atmósfera o suelos), siendo necesaria la presencia de moléculas de agua para que ocurra.

Figura 3

Representación esquemática de la superficie de un material metálico con zonas de distinto potencial electroquímico.



Nota. Tomado de *Corrosión y degradación de materiales* (p. 28), por E. Otero Huerta, 2002, Editorial Síntesis, S.A.

La corrosión directa se da cuando el material opera a alta temperatura y no existe la posibilidad de la formación de una película de humedad encima de esta, siendo característica en metales expuesto a gases o a vapores calientes de forma homogénea. Para que dicha corrosión suceda la superficie debe estar libre los electrolitos y debe de ser un proceso de corrosión generalizado.

1.2.4 Corrosión Electroquímica

Kelly et al. (2003) en su obra titulada “Técnicas electroquímicas en la ciencia e ingeniería de la corrosión” explican la diferencia entre una reacción química y electroquímica. La reacción química es aquella donde se añaden o eliminar elementos de una especie química. En las reacciones puramente

químicas, la sustancia no sufre cambios de valencia, es decir, no se oxida ni se reduce. Por otro lado, en la reacción electroquímica no solo se pueden añadir o eliminar elementos de una especie química, sino que al menos una especie sufre un cambio en el número de electrones de valencia.

Una vez aclarado la diferencia entre los dos tipos de reacciones, es posible profundizar en la corrosión electroquímica. De acuerdo con Ávila y Genescá (1995) la corrosión electroquímica se define como:

Un proceso espontáneo que denota siempre la existencia de una zona anódica (la que sufre la corrosión), una zona catódica y un electrolito, y es imprescindible la existencia de estos tres elementos, además de una buena unión eléctrica entre ánodos y cátodos, para que este tipo de corrosión pueda tener lugar.

Turner (2008) coincide con Ávila y Genescá al señalar que la corrosión galvánica es un proceso electroquímico donde un metal se corroe cuando está en contacto eléctrico con otro metal de diferente tipo, estando ambos metales dentro de un electrolito, como el agua. En esta situación, el metal más noble se corroe menos que si estuviera solo, mientras que el metal menos noble se corroe con mayor rapidez, funcionando como ánodo de sacrificio.

1.2.5 Manchas de Dureza en Metales

UNICEF (2008) define a la dureza del agua describiéndola como:

La dureza es la suma de los iones metálicos polivalentes presentes en el agua. El calcio y el magnesio son los componentes principales, y las aguas duras son más comunes en las aguas subterráneas, especialmente cuando provienen de acuíferos de piedra caliza, dolomita o creta.

Según Roberge (2008), el agua posee la capacidad de disolver la mayoría de sustancias inorgánicas presentes en la naturaleza, y por ello, posee diversas impurezas que pueden llegar a causar problemas de formación de depósitos en cualquier superficie en contacto con el oxígeno. La corrosión debido a dichos depósitos puede tener impactos en:

- salud y normativas

- estética y percepción del cliente
- deterioro prematuro de tuberías e impactos económicos
- preocupaciones ambientales

Para poder explicar la formación de dichos depósitos es necesario explicar los distintos tipos de agua, pues como sostiene Roberge (2008) su naturaleza corrosiva depende de su composición y de la aleación expuesta a ella. Existen tres tipos de agua natural establecidas por el autor: agua dulce, agua salobre y agua de mar.

El agua dulce proviene de fuentes superficiales o subterráneas y tiene un contenido menor del 0,1% de cloruro de sodio (<1000 ppm). Esta agua puede ser abundante (dura) o pobre (blanda) en sales de calcio y magnesio. El agua salobre contiene entre 0,1 - 2,5% de NaCl (1000 y 25 000 ppm) proveniente de agua dulce, dilución del agua de mar o fuentes naturales. Además, Roberge (2008) afirma que dependiendo de la composición del agua salobre, esta puede ser más agresiva que el agua de mar.

Finalmente, el autor indica que el agua de mar contiene cerca de un 3,5% de NaCl (alta corrosividad para los metales), aunque este valor puede variar por la dilución con agua dulce o por la evaporación solar. Además, explica que muchos de los componentes no se presentan como iones simples, sino como pares iónicos. Dicho esto, alrededor del 13% de magnesio y 9% de calcio aparecen como sulfato de magnesio y sulfato de calcio. De igual forma, los aniones también están asociados en complejos como: 90% de carbonato, 50% de sulfato y 30% de bicarbonato. Es importante, considerar que la velocidad de corrosión está controlada por el contenido de cloruro, la disponibilidad de oxígeno y la temperatura.

Por ello, la presencia natural de calcio y magnesio en el agua de mar favorece la creación de una película protectora de depósitos calcáreos sobre superficies metálicas. Estos depósitos se generan por la polarización catódica del metal y actúa como una barrera que reduce la corriente hasta cierto punto para mantener un potencial catódico deseado.

Para explicar la formación de depósitos calcáreos, Roberge (2008) hace énfasis en las siguientes reacciones:



En agua de mar, el pH está determinado por el dióxido de carbono expresado en las Ecuaciones 1, 2 y 3. Además si a la Ecuación 3 se le añade un grupo hidroxilo (OH^-) proveniente del proceso catódico, es posible la formación del depósito calcáreo en la Ecuación 4:



La Ecuación 1 y 4 indican como a medida que se producen iones hidroxilo (OH^-), el pH aumenta y se generan protones que amortiguan el cambio de pH del agua. Sin embargo, como el pH sigue alto, el carbonato de calcio ($CaCO_3$) y el hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$) empiezan a precipitar y depositarse sobre el metal.

Es importante considerar que el ($CaCO_3$) puede aparecer en dos tipos de cristales: calcita y aragonita. Los compuestos de magnesio, como el ($Mg(OH)_2$) pueden contribuir a la protección del depósito calcáreo, sin embargo, al no estar sobresaturado en el agua salada, como el ($CaCO_3$), tiende a disolverse por su poca estabilidad.

Roberge (2008) afirma que los problemas de corrosión por la formación de estos depósitos pueden variar debido a factores como: material de tuberías, antigüedad, espesor de pared, aditivos del agua, tratamiento de inhibidores de corrosión, química y humedad del suelo, nivel freático local y corrientes parásitas.

1.2.6 Uso de Barniz en la Protección Anticorrosiva de la Hojalata

Pelletier (2000) define al barniz como: “un material macromolecular depositado sobre la superficie del metal para formar una película delgada, adherente e inerte (de 3 a 15 μm de espesor)”.

Roberge (2008) menciona que el uso de recubrimientos en la industria se ha convertido en el método más utilizado para la protección de metales. Existen tres clases de recubrimientos: orgánicos, inorgánicos y metálicos. Para la creación de estos recubrimientos, los cuales suelen tener de 15 a 20 ingredientes, las variables a considerar son: “impermeabilidad”, “inhibición” y “pigmentos protectores catódicamente”. Dentro de los recubrimientos orgánicos se incluyen pinturas, resinas, lacas y barnices, los cuales destacan por cubrir más metal en función del peso, a diferencia de otros recubrimientos.

La organización ITRA Ltd. (2000) menciona los diferentes tipos de recubrimientos orgánicos existentes en la actualidad: organosoles, acrílicos, vinílicos, epoxi y fenólicos. Su función es prevenir la disolución del estaño para reducir la masa de recubrimiento de estaño, mejorar la apariencia de la lata en la apertura y garantizar que el contenido de la lata esté protegido de ataques bacteriológicos y de la contaminación por trazas de sustancias nocivas.

Otras propiedades importantes del barniz, es su capacidad de extenderse de manera uniforme y completa sobre las superficies de hojalata y adherirse a las superficies en lo que pueden ser condiciones adversas. Dicha adhesión puede fallar mediante el agrietamiento, desprendimiento y socavación. Los dos primeros, pueden ocurrir en una deformación mecánica o procesamiento térmico. La socavación por corrosión puede propagarse desde un arañazo o discontinuidad en el recubrimiento del barniz. De hecho, la rugosidad superficial de la hojalata y posiblemente el espesor del recubrimiento de estaño pueden influir en la adhesión del barniz.

ITRA Ltd. (2000) menciona que la aplicación de barnices en envases de hojalata electrolítica es utilizada para ofrecer una protección adicional y permitir el uso de recubrimientos de estaño más delgados. En el interior de las latas, el barniz debe actuar como una barrera que separe el metal del contenedor con su

contenido, sin transmitir ningún olor o sabor extraño al contenido que esté en contacto con él.

La misma organización, declara que actualmente los barnices epoxi-fenólicos son los más usados, pues. tienen buena resistencia a productos ácidos y el componente epoxi confiere adherencia y flexibilidad. Este recubrimiento se cura a unos 200°C y se utilizan en latas para envasar sopas, carnes, pescado, frutas y jugos de frutas, e interna y externamente en chapas de corona y otros cierres.

Winston & Uhlig (2008) determinan tres requisitos que todo barniz debe cumplir: “proporcionar una buena barrera de vapor”, “inhibir la corrosión” y “proporcionar larga vida útil a un costo bajo”. Asimismo, explican tres pasos para poder aplicar correctamente un recubrimiento.

En primer lugar, será necesario limpiar la superficie con disolventes o soluciones alcalinas para eliminar cualquier residuo de suciedad, aceite y grasas. El segundo paso será eliminar completamente el óxido y la corteza de laminación mediante técnicas de decapado o arenado. Finalmente, se aplicará una capa primaria sobre la superficie del metal seca, lo más rápido posible después de la limpieza para conseguir una óptima adhesión.

Schweitzer (2006) explica que una vez haya sido aplicado el recubrimiento al metal, la resistencia de iones aumenta y en el caso que se llegue a formar una película de óxido, la resistencia eléctrica también lo hará. Además, en el caso que se llegase a producir una corrosión bajo el recubrimiento, se darían los siguientes procesos:

- I. Agua, oxígeno e iones atraviesan el recubrimiento.
- II. La formación de capa de líquido entre el recubrimiento y metal.
- III. La superficie del metal debe estar activa para reacciones de corrosión.
- IV. Se debilita la zona entre el recubrimiento y metal que causa el deterioro.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 Oxidación Química

Gutiérrez (2002) define a la oxidación química como: “la pérdida de cargas negativas (electrones) por una sustancia química al estar frente al agente oxidante”. Por otro lado, Ramírez Delgado (2015), lo define como: “el proceso por el cual se remueven electrones de un átomo o de un ion”.

1.3.2 Corrosión

Vázquez (2018) describe a la corrosión de la siguiente forma: “un proceso químico, a través del cual un metal o una aleación pasa de estar en su estado puro, como elemento, a otro estado en el que muy comúnmente forma parte un óxido”. Desde otro punto de vista, Otero Huerta (2002) la describe como: “la reacción química o electroquímica de un metal o aleación con su medio circundante con el consiguiente deterioro de sus propiedades”.

1.3.3 Dureza del Agua

De acuerdo con el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (2016a) la dureza se entiende como: “concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, y en particular se define como la concentración de iones de calcio y magnesio. La dureza se entiende como la capacidad del agua para precipitar al jabón”.

1.3.4 Esterilización de Alimentos

Montanari et al. (2018) define a la esterilización como: “la respuesta tecnológica a la resistencia de los agentes microbiológicos que pueden afectar la salud humana y causar una degradación significativa de los alimentos”.

Potter y Hotchkiss (1995) aportan una definición más completa, definiéndola como: “la destrucción completa de los microorganismos”. Los autores señalan que debido a la resistencia de ciertas esporas bacterianas al calor, generalmente se requiere un tratamiento de 121 °C de calor húmedo como mínimo durante 15 minutos o su equivalente, donde cada partícula del alimento reciba dicho tratamiento térmico.

1.3.5 Doble Cierre

Oldring y Nehring (2007) en su reporte para el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI) definen al doble cierre como el procedimiento donde se unen los dos extremos de una lata al cuerpo a través de una costura, garantizando un sellado hermético y minimizando la entrada de microorganismos al envase.

La Asociación de Funcionarios de Alimentos y Medicamentos (AFDO) (2011) la describe como el proceso donde la pestaña del cuerpo y la curva del fondo de entrelazan, creando una costura doble resistente y hermética, que claro está, necesitará de la ayuda de un sellador adecuado alrededor del metal para asegurar dicho cierre.

1.3.6 Lata Metálica

Según la Asociación Europea de Fabricantes de Envases de Acero (SEFA) y la Asociación Europea de Fabricantes de Envases Metálicos Ligeros (EMPAC) (2009) clasifican a las latas en dos categorías: a) lata de dos piezas y b) lata de tres piezas. La lata de dos piezas está conformada por el cuerpo y la base que forman una pieza, mientras que la tapa se une mediante el doble cierre tras llenarla. Por otra parte, la lata de tres piezas consta de un cuerpo cilíndrico abierto por ambos extremos y con tapas separadas que se unen al cuerpo mediante la costura en ambos extremos.

1.3.7 Barniz

Pelletier (2000) define al barniz como: “un material macromolecular depositado sobre la superficie del metal para formar una película delgada, adherente e inerte (de 3 a 15 μm de espesor)”. La función principal del barniz es proteger tanto el metal del envase como su contenido, evitando afectar negativamente al estar en contacto.

La SEFA y la EMPAC (2009) describen al barniz como un recubrimiento orgánico aplicado a envases metálicos (lacas internas, barnices externos, tintas, etc.) para protegerlos o decorarlos. Para el interior de la lata se puede trabajar con o sin recubrimiento y para el exterior, se puede decorar con imprimación, tintas o barniz, para colocar una etiqueta posteriormente.

1.3.8 Hojalata

Ecoembes (2018) define a la hojalata como un material laminado que consiste en una lámina de acero de bajo carbono (0,03% - 0,13%), recubierta por ambas caras con estaño.

ITRA Ltd. (2000) la describe en cambio como una lámina de acero laminado en frío, recubierta en ambas caras con estaño puro. La hojalata se comercializa desde espesores de 0,5 mm hasta 0,13 mm, pudiéndose llegar a recubrir con diferente espesor de estaño.

1.4 Marco Legal y Ambiental

En Ecuador, existen distintas normativas que regula la producción de conservas de atún, siendo esta la norma NTE INEN 184:2013 establecida por la INEN (2013a), la cual establece los requisitos que deben cumplir el atún y el bonito en conserva. Asimismo, la INEN (2011) en el reglamento RTE INEN 198, establece los requisitos que deben de cumplir los envases metálicos de calibre ligero y los tubos colapsables, para la prevención de riesgos en la salud del consumidor. En cuanto a la composición del envase, la NTE INEN 874:2013 (INEN, 2013b) también especifica las características de calidad y requisitos que la hojalata y la chapa negra, deben cumplir para la fabricación de artículos y su uso en envases metálicos.

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) (2023) publicó la Normativa Técnica Sanitaria para alimentos procesados, cuya función es instaurar las condiciones sanitarias mínimas y regular la notificación sanitaria y el registro de productos para garantizar alimentos seguros para el consumo humano.

Finalmente, en el ámbito legal también se mencionan los reglamentos de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para alimentos procesados, donde se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir establecimientos, procesos, manipulación y equipos que procesan alimentos para garantizar su inocuidad, calidad y seguridad en su consumo.

Para el marco ambiental, el Código Orgánico del Ambiente (Autoridad Ambiental Nacional, 2019) tiene como propósito establecer los instrumentos, criterios, procedimientos y responsabilidades que deben cumplir personas naturales o jurídicas y entidades para la prevención de daños, conservación de ecosistemas y sostenibilidad.

1.5 Marco Metodológico

1.5.1 Modalidad Básica de la Investigación

Bartis (1985) define a la “investigación de campo” como: “la observación y cuidados y recolección de eventos y materiales al ocurrir estos dentro de un contexto o ambiente natural”. Para que exista dicha investigación, es necesario la implicancia de tres elementos: observación directa, observación, participantes y entrevistas cualitativas

Por otro lado, Parrales (2022) define a la investigación bibliográfica o documental como: “un proceso sistemático y metódico que consiste en buscar, seleccionar y evaluar información relevante sobre un tema específico, con el objetivo de obtener un conocimiento profundo y actualizado sobre él mismo”. Además, este tipo de estudio permite conocer el estado actual del tema, identificar teorías y enfoques existentes, y proponer futuras líneas de investigación.

A continuación de la idea, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) describen la investigación no experimental como: “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”. Es importante destacar que la investigación no experimental se caracteriza por ser un proceso sistemático, observando o midiendo los fenómenos y variables tal como se dan en su contexto natural, sin manipular las que ocurrieron previamente.

Así pues, la modalidad básica de la investigación será de campo, ya que se recopilará información del entorno natural y real; bibliográfica-documental, porque se seleccionará y evaluará información relevante sobre el tema de interés para el conocimiento actualizado de este y no experimental, dado que no se

manipularán variables y solo se observará o medirá el fenómeno de interés para observarlo en su contexto natural.

1.5.2 Enfoque

Reyes et al. (2021) indica que el enfoque mixto: “es un conjunto de procesos de revisión sistemática, este a su vez analiza y vincula datos mixtos, los mismos que deben contener datos reales sobre la investigación realizada”. Dicho enfoque comprende la obtención, el análisis y la interpretación de información tanto cualitativa como cuantitativa que el autor estime pertinente para el desarrollo del estudio.

En ese mismo contexto, se establece que el enfoque para la investigación es mixto, pues desde el enfoque cualitativo se realizará una revisión sistemática de la literatura que permitirá determinar las causas que puedan influir en la aparición de defectos en las latas de conserva. Por otro lado, el enfoque cuantitativo permitirá comparar resultados y determinar el impacto de las acciones correctivas aplicadas, una vez se haya implementado el plan de acción, con el fin de obtener resultados precisos y verificables que contribuyan a la mejora del proceso productivo de Fishcorp S.A.

1.5.3 Nivel de Investigación

Según Ramos Galarza (2020) el nivel de investigación exploratorio es aquel donde “la investigación es aplicada en fenómenos que no se han investigado previamente y se tiene el interés de examinar sus características”. El autor afirma que este tipo de investigaciones es aplicable tanto en investigaciones con un enfoque cualitativo o cuantitativo.

Ahora bien, en cuanto al nivel de la investigación descriptivo Stewart (2024), lo define como: “un enfoque sistemático utilizado por los investigadores para recopilar, analizar y presentar datos sobre fenómenos de la vida real con el fin de describirlos en su contexto natural”. El objetivo de este nivel no es establecer relaciones causa-efecto, por el contrario, es brindar una descripción detallada del entorno.

Por tanto, el nivel de investigación del presente estudio será exploratorio y descriptivo. Es descriptivo porque busca comprender y caracterizar los factores

que propician la aparición de óxido y manchas de dureza en las latas de conservas de atún. Es exploratorio porque se pretende proponer medidas para reducir estos problemas, considerando la limitada cantidad de estudios previos sobre el tema.

1.5.4 Objeto de Estudio

El objeto de estudio estará conformado por las latas de conservas de atún afectadas después del proceso de esterilización, etapa en la cual se identifican los defectos que son objeto de análisis en este estudio.

1.5.5 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se observó la línea de producción en las áreas de doble cierre, esterilización y producto terminado de la empresa Fishcorp S.A., con la autorización del Jefe de Producción durante dos semanas. Durante la observación se identificaron visualmente los tipos de oxidación y manchas de dureza presentes y se registraron las condiciones operativas relevantes mediante notas y fotografías.

Se realizó una revisión documental donde se analizaron registros previos como: reportes de control de calidad, registro de no conformidades y hojas de monitoreo de autoclaves. Estos datos fueron facilitados por el departamento de calidad y fueron seleccionados según su relación con los problemas de oxidación o manchas de dureza en las latas.

Finalmente, se aplicó una ficha de verificación diseñada a partir de criterios identificados en la revisión literaria, lo cual permitió registrar los defectos presentes en las latas. Con esta información, se calculó la proporción entre el total de latas evaluadas en un lote de producción y aquellas que presentaron algún tipo de afectación.

1.5.6 Plan de recolección de datos

Tabla 1

Plan de recolección de datos.

N.º	Preguntas Frecuentes	Explicación
1	¿Para qué?	Para identificar los factores que generen oxidación y manchas de dureza en latas de atún post-esterilización y proponer medidas de reducción.
2	¿De qué objetos?	Las latas de conserva de atún de la empresa Fishcorp S.A. después del proceso de esterilización.
3	¿Sobre qué aspectos?	La oxidación y manchas de dureza en las latas.
4	¿Quién investiga?	Estudiante de séptimo nivel: Natalia Santana Abad
5	¿Cuándo?	Durante el periodo académico 2025 (2)
6	¿Dónde?	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Matriz, facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, carrera de Ingeniería Industrial
7	¿Cuántas veces?	Una sola vez
8	¿Qué técnica de recolección?	Ficha de verificación de defectos, tipo checklist, basada en la literatura revisada.
9	¿Con qué?	Latas de conservas de atún afectadas de la línea de producción.
10	¿En qué situación?	Aplicando la ficha de verificación a las latas afectadas post-esterilización en la línea de producción, para registrar los defectos observados en cada lata.

Nota. Adaptado de *Plan de Titulación* (p. 30), por Comisión Académica de la Carrera de Ingeniería Industrial, 2023.

1.5.7 Procesamiento de la Información

El análisis de datos se desarrolló bajo un enfoque mixto, donde se hizo uso de métodos cuantitativos y cualitativos para poder averiguar las causas de la oxidación y manchas de dureza en las latas de conserva de atún después del esterilizado.

Para el método cualitativo, la información proveniente de la observación, fotografías y revisión de documentos se organizó según el tipo de defecto y el lote donde se identificó. Esto permitió reconocer patrones y relacionar los defectos con los aspectos operativos.

Para el método cuantitativo, los datos numéricos obtenidos a partir del registro del número de latas afectadas por cada tipo de defecto fueron organizados y verificados. Se revisó si existían datos faltantes o erróneos y se estandarizaron las categorías de los defectos para proceder con el análisis. Una vez depurados, los datos se procesaron utilizando el software de Microsoft Excel que permitió calcular frecuencias, proporciones e incidencias.

1.5.7.1 Justificación de Elecciones Metodológicas

La elección de un enfoque mixto se justificó porque el objetivo de la investigación es comprender cómo, dónde y en qué condiciones aparecen los defectos en las latas post-esterilización y que tan frecuentes son en las líneas de producción.

Un enfoque cualitativo solo hubiese permitido describir como se ven los defectos, pero no su frecuencia. En cambio, un enfoque cuantitativo habría medido la frecuencia numérica, pero no sus causas. En el caso de métodos cuantitativos estandarizados (mediciones electroquímicas o análisis instrumentales), no eran adecuados porque se centran en medir la magnitud del defecto, lo cual no cumple con el objetivo de la investigación.

Una limitación del enfoque mixto fue que los datos cuantitativos únicamente se basaron en el conteo de latas afectas y no permitió medir con precisión la evolución del defecto. Claro está, con el uso de técnicas cualitativo, se aportó el contexto sobre cómo y por qué se originan los defectos, para interpretar mejor las cifras obtenidas.

Capítulo 2

2 Diagnóstico o Estudio de Campo

2.1 Datos Generales de la Empresa

2.1.1 Antecedentes

Fishcorp S.A. fue fundada el 7 de agosto de 1996 en Jaramijó, Manabí, Ecuador. Desde sus inicios, la compañía orientó sus operaciones en el mercado al procesamiento de pescado fresco y camarón. La empresa cuenta con una cámara de frío de tres mil toneladas y opera bajo certificaciones internacionales de calidad como: HACCP, FDA, BRICG-IFS y BSCI. Asimismo, mantiene relaciones comerciales con diversos mercados como Europa, Estados Unidos, Colombia, Perú, Chile y Venezuela (Fishcorp S.A., 2025).

2.1.2 Portafolio de Productos

Fishcorp S.A. cuenta con un portafolio de productos amplio enfocado en la producción de conservas de atún. Las latas se presentan con lomos de atún o atún desmenuzado en aceite (140 – 200 g). Además, la empresa produce pouch de atún en lomo (1 – 7 kg), y camarón enlatado y camarón para exportación (5 – 10 kg).

Figura 4

Presentación de atún en conserva elaborado por Fishcorp S.A.



Nota. Tomado de Fishcorp S.A. (2015).

2.2 Diagnóstico Situacional del Proceso Actual

2.2.1 Descripción del Proceso de Línea de Enlatado de Conservas de Atún

En la empresa Fishcorp se procesan tres especies de túnidos: yellowfin (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*) y bigeye (*Thunnus obesus*). Para el procesamiento de dichas especies, se establecen las siguientes etapas en el diagrama de flujo de la línea de enlatado:

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de conservas de atún en Fishcorp S.A.



Nota. Elaboración propia, basada en la información recopilada por la empresa Fishcorp S.A.

Recepción de Materia Prima. La materia prima se transporta a planta en contenedores con aislamiento térmico y es descargada en la zona de clasificación. Durante la recepción se verifica que el pescado llegue a una temperatura por debajo de los 9°C para garantizar la cadena de frío.

Emparrillado. Las tinas con la materia prima previamente descongelada se vacían en coches, donde el pescado se limpia y clasifica según su talla y especie. Una vez el pescado se coloca en las parrillas, se procede a identificarlos mediante su código correspondiente.

Cocción. En esta etapa se hace uso de cocinadores que operan con vapor saturado, donde el tiempo de cocción dependerá del tipo de pescado. Al finalizar, se verifica la temperatura en la espina del pescado para asegurar su correcta cocción.

Rociado. Después de la cocción, se rocía el pescado con agua potable fría en determinados intervalos de tiempo, para facilitar su enfriamiento mediante el choque térmico.

Nebulizado. Cuando ya ha sido rociado el pescado, este se nebuliza mediante agua potable y agua a presión para que la piel del pescado se mantenga hidratada y no se adhiera a la carne.

Limpieza. Los coches son trasladados al área de proceso, donde se realiza la limpieza del pescado de forma manual mediante operaciones de volteo y despellejado. En esta etapa se retiran las impurezas del pescado (vísceras, piel, sangre, etc.) procurando obtener el subproducto (miga). Finalmente los lomos limpios se trasladan al área de empaque donde se posicionan en el envase según el requerimiento del cliente.

Envasado. Los envases metálicos son enviados desde el área de almacenamiento mediante un sistema de carrusel hasta la máquina empacadora. En este equipo se colocan lomos de atún en envases de hojalata, y una vez envasados, se pesan en una balanza para verificar que el peso cumpla con lo requerido.

Dosificación de Líquido. A los envases se les adiciona una dosis de líquido de cobertura, que puede ser agua y/o aceite, de acuerdo con la especificación del cliente.

Sellado. En la operación de sellado, la tapa y el fondo se unen al cuerpo de la lata mediante un proceso de doble cierre. Para ello la máquina utiliza dos rulinas: la primera enrolla los bordes para formar el cierre y la segunda ajusta y plancha el cierre para asegurar la hermeticidad del envase.

Lavado. Una vez que las latas han sido selladas, estas son transportadas hacia la máquina lavadora. Esta máquina realiza el lavado de las latas con agua y jabón a presión para eliminar residuos externos, mediante el uso de una boquilla y una bomba.

Esterilización. Las latas se colocan en coches y se trasladan a los autoclaves de vapor saturado, que se cierran herméticamente mediante sistemas hidráulicos. Este proceso consta de tres etapas registradas en charts: barrido, esterilización y enfriamiento. Al finalizar, los coches se retiran para su enfriamiento y el autoclave se limpia con agua clorada.

Secado. Las latas se secan y enfrían con ayuda de un ventilador y luego, el personal realiza la limpieza manual de las latas para verificar posibles defectos en el envase.

Etiquetado. Las latas son transportadas por una banda hacia la máquina codificadora, la cual asigna un código de identificación según el cliente. Después pasan por la máquina etiquetadora, la cual aplica pegamento para la adhesión de la etiqueta.

Almacenamiento. El producto se ubica en cartones para su almacenamiento en pallets dentro de la bodega hasta su despacho. Esta bodega debe ser amplia y fresca, para conservar en condiciones óptimas las conservas de atún.

2.3 Evaluación de Problemas por Presencia de Manchas de Dureza y Oxidación

2.3.1 Recepción de Insumos y Materiales

De acuerdo con la información proporcionada por el personal de la empresa Fishcorp S.A., se evaluaron posibles causas relacionadas con la aparición de manchas y oxidación en las latas empezando por el área de recepción. El personal de esta área indicó que el movimiento de los insumos (latas vacías) en la cámara de frío podría provocar rozaduras durante su transporte. Esta posible causa se sustenta en lo indicado por laccheri et al. (2023) quienes señalan que la presencia de fijaciones y astillas en pallets de madera, pueden dañar el producto por pinchazos o laceraciones.

2.3.2 Sellado

En la etapa de sellado el proceso de doble cierre es inspeccionado por el área de Control de Calidad para verificar la hermeticidad del envase. Según los inspectores, las rayaduras en la superficie del envase podrían deberse al desgaste de las rulinas, a la presencia de residuos provenientes de las rulinas y a problemas de insumos (envase, barniz, etc.). Para justificar esta posible causa, la AFDO (2011) afirma que:

La variabilidad de los materiales de fabricación de latas, los ajustes de la máquina de cierre y/o el desgaste de los rodillos pueden provocar variaciones significativas en la doble costura.

2.3.3 Esterilización

En la empresa el proceso de esterilización se lleva a cabo en autoclaves de vapor saturado de hierro negro y monel. Para esta etapa por cada producción se registran las condiciones de barrido, esterilización y enfriamiento en *charts*. Según los operadores cada autoclave tiene una capacidad de 8800 latas. El autoclave hace uso de agua proveniente de una cisterna de recirculación, y en el caso de que el agua de la red pública sea insuficiente, se suele utilizar agua de tanqueros o agua tratada.

Figura 6

Interior del autoclave de vapor saturado con presencia de depósitos de dureza en su superficie interna.



Nota. Elaboración propia (2025).

2.3.3.1 Comportamiento del Agua en el Sistema de Recirculación

Para esta etapa se entrevistó al encargado de una empresa especializada en el tratamiento químico del agua, quien proporcionó información sobre el comportamiento fisicoquímico del agua en sistemas de recirculación. Es necesario aclarar que el término “sistema” en la entrevista hace referencia a la tubería que conecta la salida de la autoclave con la torre de enfriamiento.

El entrevistado señaló que para definir tratamiento químico adecuado, es necesario determinar la tendencia del agua, la metalurgia del sistema (material en contacto con el agua) y la temperatura máxima de operación. Asimismo explicó que el agua de recirculación y la de reposición presentan diferencias debido a la concentración de sales durante la operación, por lo que ambas deben evaluarse mediante colorimetría.

Este análisis permite determinar parámetros como pH, aniones, cationes, dureza total, alcalinidad, etc. Los cuales sirven para identificar si el agua presenta una tendencia corrosiva o incrustante dentro del sistema. Según el resultado se aplican tratamiento químicos, empleando inhibidores para controlar la corrosión o la incrustación mediante procesos de pasivación catódica o anódica.

La pasivación catódica permite la formación de una capa protectora sobre la superficie metálica mediante precipitación. Por otro lado la pasivación anódica ayuda a la formación de una película de óxidos protectores. La selección del tratamiento depende de la metalurgia del sistema, y se utilizan azoles en presencia de cobre y combinaciones de azoles con inhibidores cuando hay materiales mixtos.

En cuanto a la dosificación, el entrevistado explicó que la eficacia del tratamiento depende de una correcta dosificación aplicada bajo una frecuencia establecida según los resultados de la colorimetría. Una sobredosificación genera incrustaciones, especialmente de fosfato de calcio, mientras que una subdosificación no permite controlar ni la corrosión ni la incrustación. Para verificar el funcionamiento del sistema, la empresa proveedora del servicio químico hace uso de indicadores que indican la tasa de corrosión expresada en MPY (mm de pérdida/año).

Finalmente, se comentó que en algunos casos existe la idea de que eliminar calcio, magnesio y sílice mediante la reducción de alcalinidad es suficiente para controlar las incrustaciones, sin embargo esto puede hacer que el agua se vuelva más corrosiva o incrustante. De este modo, no existe solución fisicoquímica para solucionar la tendencia del agua, pero sí existen tratamientos químicos adaptables a la necesidad de esta.

2.3.3.2 Comportamiento del agua en la esterilización

Lopez (1987, pág. 33) indica que todas las aguas presentan de forma natural impurezas como: sulfatos, cloruros y carbonatos de calcio y magnesio, que al reaccionar con el jabón, precipitan formando incrustaciones.

La Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) (2012), establece límites recomendados para la calidad del agua en sistemas de vapor saturado, donde parámetros como la dureza deben mantenerse bajos para prevenir incrustaciones y garantizar un buen funcionamiento.

Tabla 2

Límites de dureza del agua según presión en sistemas de vapor.

Presión (PSIG)	Dureza Permitida (mg/L CaCO₃)
0-300	≤ 0,3
301-450	≤ 0,3
541-600	≤ 0,2
601-750	≤ 0,2
751-900	≤ 0,1

Nota. Adaptado de *Consensus on Operating Practices for the Control of Feedwater and Boiler Water Chemistry in Modern Industrial Boilers* (p. 42), por The American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2012.

Tucker y Featherstone (2021) establecen parámetros recomendados para minimizar la corrosión y reducir la formación de incrustaciones en un agua de procesamiento o enfriamiento típica:

- pH = 7,0-8,0
- Contenido de cloruros + sulfatos ≤ 100 ppm
- Halógenos libres < 5 ppm
- Dureza (como CaCO₃) entre 30 y 150 ppm

Claro está es necesario el control de estos aspectos fisicoquímicos, ya que un agua blanda puede generar un entorno altamente corrosivo, por lo que tanto la alta como la baja concentración de dureza, favorece la corrosión (Tucker & Featherstone, 2021).

Lopez (1987) indica que la alcalinidad debe estar entre 7,5-9,5 para el agua de alimentación y entre 10,2-11,5 para el agua de caldera, pues valores fuera del rango pueden desarrollar corrosión en la caldera. Finalmente López (1987) sostiene que si el agua de alimentación de la caldera es de mala calidad, su recuperación y reutilización puede provocar arrastre por vapor.

Buecker (1997, pág. 83) define el fenómeno como: “el proceso mediante el cual los sólidos se transfieren al vapor”, pues el vapor nunca es completamente puro. Para controlar este problema y determinar la frecuencia del purgado en la caldera, se puede medir el contenido de cloruros el cual aumenta a medida que se incrementa la concentración de minerales.

2.3.3.3 Corrientes galvánicas en autoclaves

Fontana (1987) explica que en sistemas industriales es común la coexistencia de diferentes metales en contacto. Si a esto se le suma la presencia de un medio conductor (agua o soluciones salinas) esto genera una diferencia de potencial eléctrico entre los metales. Además cuando dos metales distintos están conectados de forma eléctrica, esto produce un flujo de electrones llamado corriente galvánica donde:

- I. El metal menos resistente se convierte en ánodo y se corroe más rápido generando un flujo de electrones.
- II. El más resistente actúa como cátodo y se protege.

La velocidad de corrosión se expresa por milésimas por año (MPY) e indica la pérdida de peso de la probeta metálica durante el ensayo de corrosión haciendo uso de la siguiente fórmula (Fontana, 1987):

$$mpy = \frac{534W}{DAT}$$

Donde W es la pérdida de peso (mg), D es la densidad de la probeta (g/cm³), A es el área de la probeta (in) y T es el tiempo de exposición (h).

Fontana (1987) recomienda algunas indicaciones para evitar la corrosión, tales como:

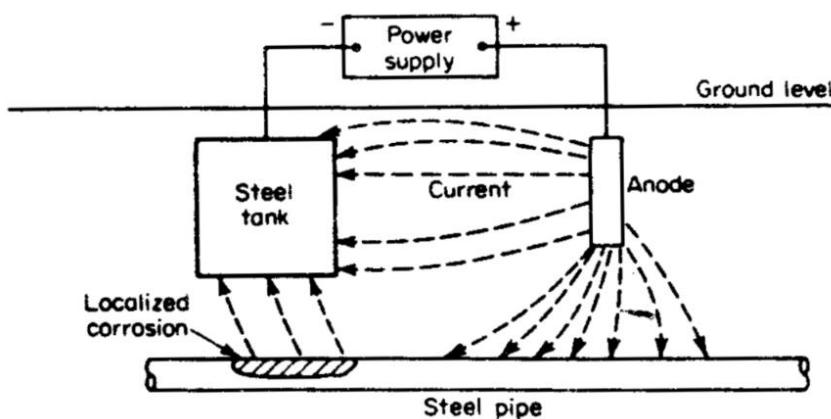
- Evitar combinaciones poco favorecedoras al área, pues aceleran la corrosión del ánodo.
- Aislar metales disímiles para cortar el potencial eléctrico.

- Usar recubrimientos y pintura para aumentar la resistencia eléctrica del contacto.
- Proteger el metal anódico ya que es el más propenso a degradación si el recubrimiento falla.
- Añadir inhibidores de corrosión para disminuir la agresividad del agua.
- Diseñar piezas anódicas para poder reemplazarlas con facilidad y que sean más gruesas para un mayor tiempo de vida útil.
- Usar un tercer metal más anódico como protección sacrificial en el sistema.

Según Fontana (1987) esta “protección sacrificial” puede ser catódica o anódica. La protección catódica consiste en convertir el metal que se quiere proteger en el cátodo de una celda galvánica, lo que evita la corrosión. Sin embargo en este tipo de protección, surgen con más frecuencia las corrientes parásitas. Domínguez (2014) define a esta corriente como aquella que: “aparece como un circuito con trayectoria aleatoria, fuera de conductores, en el que la corriente busca el camino de menor resistencia”.

Figura 7

Corrientes parásitas generadas a partir de sistema de protección catódica.



Nota. Tomado de *Corrosion Engineering* (p. 299), por M.G. Fontana (1987), McGraw-Hill Book Company.

Una de las consecuencias de la corriente parásita ocurre cuando esta al circular por su medio conductor (tierra o agua) encuentra tuberías, tanques o cualquier estructura metálica. Es ahí donde la corriente atraviesa y sale del metal provocando corrosión acelerada y localizada (Fontana, 1987). Para evitar este fenómeno algunas recomendaciones son (Domínguez, 2014):

- Conectar eléctricamente todas las piezas metálicas con un cable para igualar sus potenciales.
- Si una pieza metálica está aislada, se puede conectar su propio cable de aterrizamiento para igualar su potencial eléctrico con el resto.
- Conectar los ánodos de sacrificio al sistema eléctrico para que puedan proteger todas las piezas metálicas que están unidas.

2.3.3.4 Mantenimiento del Autoclave

Para el mantenimiento del equipo, en la empresa se lleva a cabo una limpieza con cloro por cada uso del autoclave de vapor saturado, realizados por los operadores. Esta limpieza se realiza con el fin de reducir la acumulación de residuos y mantener en condiciones higiénicas el sistema.

Dicho esto el proceso de limpieza existe, pero depende del operador, por ello la importancia de capacitarlo ya que (Chiavenato, 2009, pág. 371): “produce un cambio permanente en un individuo y que mejora su capacidad para desempeñar un trabajo. La capacitación implica un cambio de habilidades, de conocimientos, de actitudes o de comportamiento.”

2.3.4 Secado

En la empresa se observó que tras la esterilización las latas se secan y enfrían mediante un ventilador. Según Tucker y Featherstone (2021) si las latas permanecen húmedas o se manipulan a temperaturas inadecuadas puede generarse: corrosión, deterioro del producto y el fenómeno de "deterioro por apilamiento", que ocurre cuando las latas se paletizan y almacenan aún calientes.

Para prevenir estos problemas, los autores recomiendan secar lo antes posible las latas después del procesamiento, asegurando que el equipo de secado:

1. Elimine la mayor cantidad posible de agua de la lata mediante volteo y aire, especialmente en zonas como la incisión y la anilla.
2. Permita un calor residual dentro del envase (35-40 °C) para completar el secado bajo los bordes enrollados de la anilla o emplear aire caliente si es necesario.

Un enfriamiento excesivo puede dificultar este proceso y favorecer la oxidación y contaminación microbiana. Además, se recomienda eliminar el aire del sistema a temperaturas superiores a 85 °C, ya que su presencia al momento del secado incrementa la corrosión. Finalmente, es importante minimizar la retención de agua de las latas en los coches, colocándolas con la apertura hacia abajo después del enfriamiento (Tucker & Featherstone, 2021).

Aunque el proceso de enfriamiento busca reducir el riesgo de corrosión, en la práctica pueden presentarse casos de oxidación y manchas de dureza en algunas latas. Cuando esto ocurre la empresa realiza un reproceso previo al etiquetado, el cual consiste en:

- I. Limpiar la zona afectada con una solución de alcohol al 50%.
- II. Aplicar un barniz protector para su curación.

2.3.5 Etiquetado

Por otro lado, para el proceso de etiquetado se mencionó que los sitios más comunes donde aparecen las manchas de óxido, una vez han sido esterilizados, son:

- Anilla
- Incisión (problema del proveedor del envase)
- Fondo (mandril)
- Borde

- Cuerpo de la lata (en este caso, no es necesario curar el óxido).

De acuerdo con Tucker y Featherstone (2021) las etiquetas y empaques secundarios deben ser no corrosivos cumpliendo con un pH de 5,5-7,5, cloruros $\leq 0,05\%$ y sulfatos $\leq 0,25\%$ medidos en extracto acuoso. De igual forma, en caso de aplicar adhesivos a base de agua, no se deberá aplicar en cantidad excesiva ni a temperaturas bajas, ya que puede generar corrosión o aparición de moho.

2.3.6 Análisis de los Defectos Registrados

Para sustentar el análisis de estos defectos, se registraron los casos de rayaduras y oxidación en las latas desde junio hasta diciembre de 2025. El formato se presenta en el Anexo A. A partir de este registro se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3

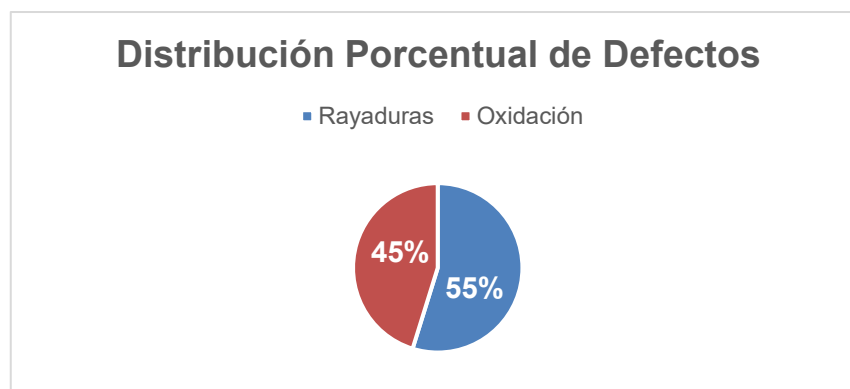
Frecuencia de los defectos de rayaduras y oxidación registrados entre junio y diciembre de 2025.

Defecto	Frecuencia	Porcentaje
Rayaduras	97	55%
Oxidación	80	45%
Total	177	100%

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 8

Defectos de rayaduras y oxidación registrados entre junio y diciembre de 2025.



Nota. Elaboración propia (2025).

En la Figura 8 se observa que durante el periodo de junio hasta diciembre de 2025, las rayaduras fueron el defecto con mayor frecuencia a diferencia de la oxidación. Estos resultados evidencian que las rayaduras constituyeron el principal defecto durante el periodo de evaluación. Sin embargo esto no significa que la oxidación sea un defecto menos importante, ya que ambos defectos pueden estar relacionados y afectar la calidad del envase.

Por otra parte según lo indicado por uno de los operadores del autoclave, las manchas de dureza no se registran en este formato ya que cuando se presentan problemas en la calidad del agua, el defecto afecta a toda la producción del lote. Entonces señaló que durante los seis meses de evaluación este problema se presentó aproximadamente tres veces en un mismo mes, para después transcurrir cerca de dos meses sin presentarse. Esto quiere decir que durante los seis meses de evaluación se presentó un total de 9 producciones con presencia de depósitos calcáreos.

Capítulo 3

3 Propuesta de Mejora

3.1 Planteamiento de la Problemática Operativa

A partir del análisis del capítulo anterior, se identificaron factores que pueden afectar a la aparición de oxidación y manchas de dureza en las latas de atún dentro del proceso productivo de la empresa.

Se determinó que estos defectos pueden originarse en distintas etapas del proceso, sin embargo la fase de esterilización es un punto crítico debido a que la calidad del agua de recirculación favorece la formación de depósitos calcáreos sobre la superficie del envase.

Asimismo el sistema de doble cierre es otro punto crítico, donde el desgaste de rulinas y la acumulación de residuos podría provocar rayaduras las que favorecen la oxidación. Por último en la etapa de enfriamiento, un secado inadecuado podría influir en la oxidación.

3.1.1 Propuesta de Solución: Control Químico del Agua de Recirculación

Como propuesta de mejora se plantea la implementación de un tratamiento químico mediante el uso de inhibidores con pasivación catódica en el agua de recirculación, la incorporación de un volteador de latas y la ejecución de capacitaciones dirigidas al personal del proceso.

El tratamiento químico mediante la combinación de diferentes inhibidores químicos y el uso de mecanismos como la pasivación catódica, protegerá la superficie metálica del envase para evitar la corrosión y manchas de dureza. Esta propuesta se complementará con el monitoreo de colorimetría del agua, lo cual permitirá ajustar la dosificación del tratamiento y mantener el equilibrio del sistema durante la operación.

Como complemento se propone la instalación de un volteador de latas al finalizar la etapa de esterilización, con el fin de favorecer el drenaje del agua retenida sobre la tapa y reducir el tiempo de contacto con la superficie metálica.

Finalmente se plantea realizar capacitaciones al personal sobre el control del tratamiento químico, la operación de volteo y el mantenimiento de la máquina de doble cierre. Estas acciones permitirán fortalecer el control operativo y contribuir a la reducción de la oxidación y manchas de dureza en las latas de conserva de atún.

3.2 Viabilidad de la Propuesta

La viabilidad de la propuesta se analizó desde tres aspectos: técnico, operativo y económico para cada una de las acciones de mejora planteadas.

3.2.1 Tratamiento Químico

En el aspecto técnico la empresa cuenta con un sistema de recirculación de agua en la etapa de esterilización y en la torre de enfriamiento. Dado que el tratamiento químico podría ser realizado por una empresa especializada, esto permite realizar ajustes en la dosificación sin cambiar la infraestructura del sistema. En cuanto al aspecto operativo, la aplicación del tratamiento no interrumpe el proceso productivo ya que se ejecutaría al inicio de la operación en la cisterna que contiene el agua de recirculación con un análisis previo del agua. Finalmente en el aspecto económico la propuesta permitirá reducir la aparición de corrosión en las latas, productos no conformes y costos asociados al mantenimiento correctivo. Estos ahorros compensarían el costo del servicio químico externo.

3.2.2 Volteador de Latas

Para el aspecto técnico, la instalación de un volteador es factible ya que puede integrarse en la línea de producción al finalizar la esterilización sin necesidad de modificaciones significativas en la línea de producción. En el aspecto operativo el equipo funcionaría de manera continua durante la producción para favorecer el drenaje del agua sobre las latas sin afectar el flujo de fabricación. Por último para el aspecto económico, aunque su implementación requiere una inversión inicial, se espera que la reducción de productos no conformes, los costos asociados al reproceso de estos y mantenimiento, contribuyan a recuperar dicha inversión.

3.2.3 Capacitación al Personal

En cuanto a lo técnico la capacitación es viable ya que puede impartirse al personal involucrado en las etapas de esterilización y enfriamiento, fortaleciendo sus conocimientos en la prevención de oxidación y depósitos calcáreos. En el aspecto operativo las capacitaciones pueden programarse en horarios establecidos sin afectar la continuidad de la producción. Posteriormente en el aspecto económico, esta propuesta requiere una inversión baja en comparación con las propuestas anteriores y ayudaría a reducir errores operativos y productos no conformes.

3.3 Impacto Esperado

Con la implementación del tratamiento químico del agua de recirculación se espera disminuir la oxidación y las manchas de dureza en las conservas mediante el control de la tendencia del agua. Además de reducir la formación de incrustaciones en tuberías y equipos y evitar el arrastre por vapor como causa de la formación de óxido y depósitos calcáreos por la corrosión galvánica.

En cuanto a la implementación del volteador, se espera reducir la oxidación causada por el agua retenida sobre las latas al favorecer su secado después de la esterilización y disminuir el tiempo de contacto del agua con la superficie del envase.

Para finalizar con la capacitación del personal, se espera fortalecer el cumplimiento de los procedimientos operativos y las buenas prácticas de trabajo, para prevenir errores operativos que favorezcan la oxidación y las manchas de dureza.

3.4 Plan de Monitoreo

3.4.1 Indicadores de Monitoreo

El objetivo del plan es garantizar la continuidad de las mejoras implementadas, mediante la medición de defectos y la detección de desviaciones a tiempo. Para ello se hará uso de los siguientes indicadores de control:

Tabla 4

Indicadores de control para defectos en latas.

Indicador	Método de Cálculo	Frecuencia
Tasa de Oxidación	$\left(\frac{\text{Latas Oxidadas}}{\text{Total Latas Inspeccionadas}} \times 100 \right)$	Por lote
Frecuencia de Manchas de Dureza	$\left(\frac{\text{Latas con Manchas de Dureza}}{\text{Total Latas Inspeccionadas}} \times 100 \right)$	Mensual
Tasa de Rayaduras	$\left(\frac{\text{Latas con Rayaduras}}{\text{Total Latas Inspeccionadas}} \times 100 \right)$	Por lote
Control del Agua	Registro de pH, dureza, alcalinidad, entre otros parámetros.	Diario

Nota. Elaboración propia (2026).

3.4.2 Procedimiento del Monitoreo

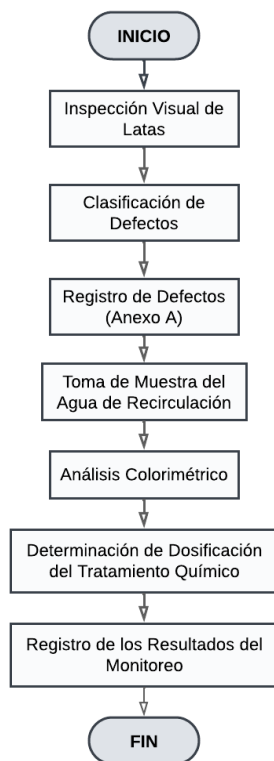
El procedimiento de monitoreo inicia con el inspector de calidad, quien realizará una inspección visual de las latas antes del área del etiquetado y hará uso del Anexo A, clasificando los defectos de la siguiente forma:

- Oxidación, corresponde a manchas de color marrón o anaranjado.
- Manchas de dureza, son las manchas blancas o calcáreas.
- Rayaduras, aquellas marcas o rayas en la superficie.

Antes de cada operación en el autoclave, el área de Control de Calidad tomará muestras del agua de recirculación para realizar un análisis colorimétrico, para determinar la dosificación necesaria del tratamiento químico. El procedimiento propuesto se presenta en la Figura 9:

Figura 9

Procedimiento de monitoreo.



Nota. Elaboración propia (2026).

3.4.3 Responsables y Frecuencia del Monitoreo

Tabla 5

Frecuencia y responsables del monitoreo.

Actividad	Frecuencia	Responsable
Revisión visual de latas	Por lote	Inspector de Calidad
Registro de defectos	Por lote	Inspector de Calidad
Análisis del agua	Todos los días (antes de operar)	Analista de Calidad
Consolidación de datos	Cada semana	Jefe de Producción
Reporte de tendencias	Cada mes	Jefe de Producción

Nota. Elaboración propia (2026).

3.4.4 Acciones Correctivas ante Desviaciones

El monitoreo se basará en el seguimiento continuo de los resultados obtenido por lote y en identificar si existe variación con respecto al comportamiento habitual del proceso. Entonces en caso de detectarse desviaciones, la Tabla 6 muestra cómo se debe actuar según el defecto:

Tabla 6

Acciones correctivas según el tipo de defecto.

Defecto	Acción Correctiva
Aumento de la oxidación	Revisar dosis del tratamiento químico, verificar volteado e inspeccionar el doble cierre.
Aumento de manchas de dureza	Analizar el agua, ajustar la dosis de inhibidores y revisar el agua de reposición.
Aumento de rayaduras	Revisar las rulinas, limpiar el sistema y verificar la calidad de insumos.
Parámetro del agua fuera del rango	Ajustar los químicos, hacer purga del sistema o cambiar total o parcialmente el agua.

Nota. Elaboración propia (2026).

3.5 Implementación de Mejoras y Evaluación de Resultados

3.5.1 Comparación de Defectos Antes y Después de la Propuesta de Mejora

Una vez implementadas las mejoras en el proceso, se realizó la comparación de la frecuencia de defectos antes y después de su aplicación, con el fin de evaluar el impacto en la calidad del producto. En el periodo previo a la implementación (2025) se registró un total de 177 defectos de los cuales el 55% correspondía a rayaduras (97 latas) y el 45% a oxidación (80 latas).

Figura 10

Volteador industrial para coches de esterilización y eliminación de humedad residual.



Nota. Fotografía del equipo tomada en las instalaciones de la empresa Fishcorp S.A. Elaboración propia (2026).

Posterior a la implementación (2026), se evidenció una disminución de los defectos de oxidación a 14 casos aislados. En este periodo las rayaduras desaparecieron por completo del proceso, mientras que las manchas de dureza se mantienen bajo control y solo aparecieron 4 veces de forma esporádica, pues existe un uso ocasional de agua de tanqueros, en vez de hacer uso de agua tratada.

Tabla 7

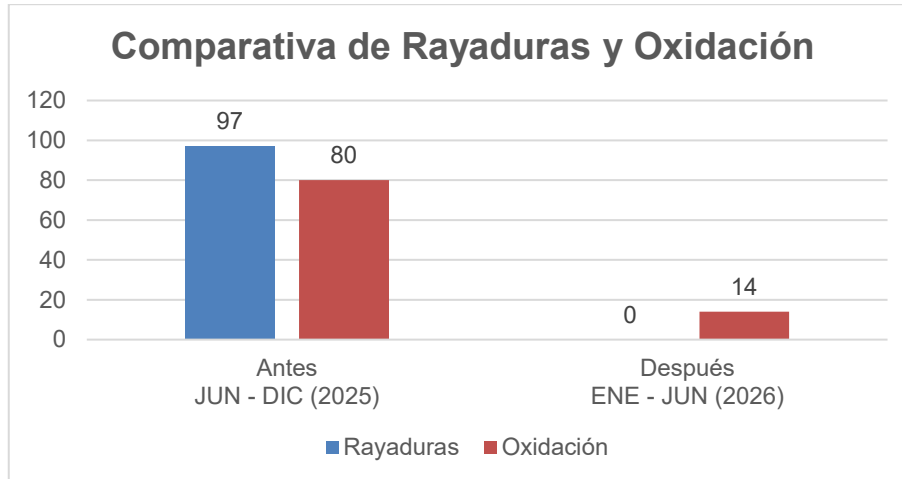
Comparación de defectos tras la implementación de la propuesta de mejora, según tipo de defecto y unidad.

Defecto	Unidad	Antes	Después	Reducción (%)
Rayaduras	Latas	97	0	100%
Oxidación	Latas	80	14	82,5%
Manchas de Dureza	Lotes	9	4	55,6%

Nota. Los datos corresponden al total de defectos registrados por latas en un periodo de seis meses. Elaboración propia (2026).

Figura 11

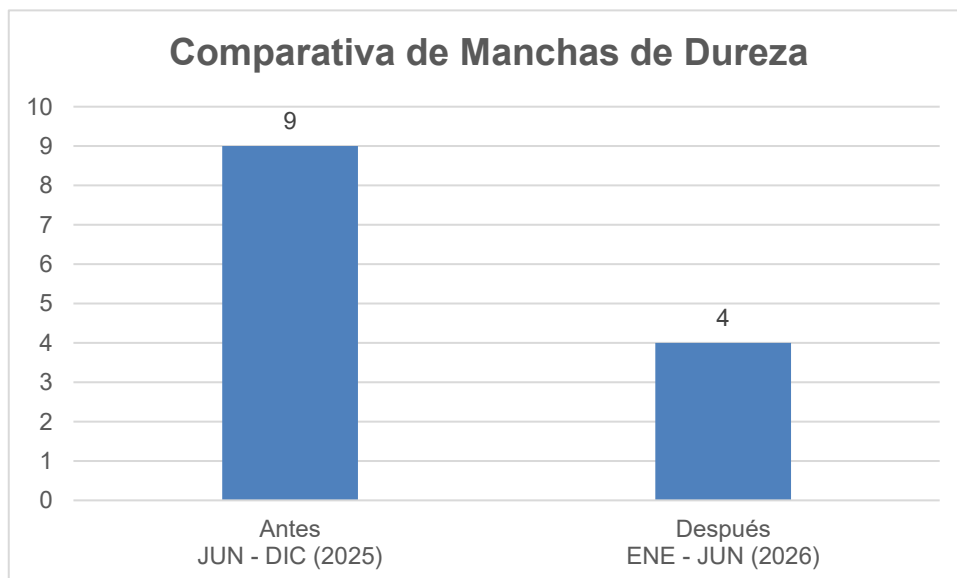
Gráfico de barras comparativo de la reducción de defectos superficiales (rayaduras y oxidación) antes y después de la propuesta de mejora.



Nota. Elaboración propia (2026).

Figura 12

Gráfico de barra comparativo de producciones con manchas de dureza antes y después de la propuesta de mejora.



Nota. Elaboración propia (2026).

En resumen, los resultados obtenidos demuestran que la propuesta de mejora fue efectiva. Las rayaduras se eliminaron por completo, al pasar de 97 a

0 latas afectadas. La oxidación se redujo de 80 a 14 latas, es decir una disminución del 82,5%. En cuanto a las manchas de dureza también se redujo de 9 lotes en 2025 a 4 lotes con manchas de dureza en 2026, es decir una reducción del 55,6%.

Se puede afirmar entonces que las acciones implementadas lograron una mejora significativa en la aparición de oxidación y manchas de dureza de las latas. Además aunque la oxidación y depósitos calcáreos aún persisten en una pequeña cantidad, la reducción es notoria. Estos datos confirman que las medidas aplicadas funcionaron, y que es necesario seguir aplicándolas y darles seguimiento para que los resultados perduren.

Conclusiones

La investigación identificó las principales causas de la oxidación y manchas de dureza en las latas de conserva de atún después del proceso de esterilización. Se concluye que la etapa de esterilización es el punto más crítico del proceso, ya que la calidad del agua de recirculación favorece la formación de manchas de dureza sobre las latas. También se concluye que el desgaste de las rulinas y la acumulación de residuos en la etapa de doble cierre favorecen la generación de rayaduras que incrementan el riesgo de oxidación. Otro hallazgo fue que un secado insuficiente en la etapa de enfriamiento puede contribuir a la aparición de oxidación por la permanencia de humedad sobre la lata.

La investigación demostró que la implementación del tratamiento químico en el agua de recirculación, la incorporación del volteador de latas y la capacitación del personal sobre las mejoras realizadas, fueron medidas efectivas para controlar las causas de los defectos. El programa de monitoreo permitió verificar la efectividad de las mejoras y evaluar su efecto en la disminución de las fallas del proceso.

El principal hallazgo fue comprobar la efectividad de las mejoras implementadas. Las rayaduras fueron eliminadas por completo. Los casos de oxidación se redujeron en un 82,5% y las manchas de dureza en un 55,6%. Se concluye que el tratamiento químico del agua, el volteador y el seguimiento del programa de monitoreo, fortalecieron el control del proceso y mejoraron la calidad de las latas de conservas de atún.

Una de las limitaciones del estudio fue que no se desarrolló un análisis económico detallado de los costos y beneficios de las mejoras implementadas. Este aspecto podría considerarse en futuras investigaciones para incorporar una evaluación costo-beneficio para complementar los resultados presentados.

Se recomienda mantener el programa de monitoreo y continuar con el control periódico de la calidad del agua. También es importante dar seguimiento al mantenimiento del sistema de doble cierre, al funcionamiento del volteador y a la capacitación del personal.

Recomendaciones

De acuerdo con las conclusiones presentadas se recomienda mantener un seguimiento periódico de los resultados obtenidos después de la implementación de mejoras. Esto permitirá verificar la estabilidad del proceso y detectar posibles variaciones en la aparición de defectos que puedan afectar la calidad del producto.

Se recomienda evitar en la medida de lo posible, el uso de agua de tanqueros durante el proceso de esterilización y evaluar su influencia en la aparición de defectos. Esto permitirá determinar si existe una variación en el porcentaje de reducción de oxidación y manchas de dureza.

Es importante establecer una evaluación económica de las acciones aplicadas. De esta forma se determinará la relación entre la inversión realizada y los beneficios obtenidos por la reducción de productos defectuosos. Así pues se podrá conocer el impacto económico de las mejoras implementadas.

También se recomienda fortalecer la gestión de los registros del proceso mediante la digitalización de la información relacionada con los defectos encontrados y las condiciones operativas en cada lote de producción. Esto facilitará el seguimiento de los resultados, análisis más rápidos y una mejor toma de decisiones.

Para futuras investigaciones, se sugiere analizar el comportamiento del tratamiento aplicado durante periodos más prolongados. Mediante este análisis se podrán complementar los resultados obtenidos, generar oportunidades de mejora en la producción y verificar si los resultados obtenidos se mantienen a largo plazo.

Bibliografía

- AFDO. (noviembre de 2011). *A Guide to Can Defects and Basic Components of Double Seam Containers*. Obtenido de Association of Food and Drug Officials : https://www.afdo.org/wp-content/uploads/2020/11/A_Guide_to_Can_Defects_and_Basic_Components_of_Double_Seam_Containers_acc_updated_2011.pdf
- ARCSA. (2023). *Normativa Técnica Sanitaria para Alimentos Procesados*. Quito: Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/07/RESOLUCION-ARCSA-DE-2022-016-AKRG_NORMATIVA-TECNICA-SANITARIA-SUSTITUTIVA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf
- Autoridad Ambiental Nacional. (2019). *Reglamento al Código Organico del Ambiente*. Quito. Obtenido de <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Ávila, J., & Genescá, J. (1995). *Más Allá de la Herrumbre : la lucha contra la corrosión*. México, D.F. : Fondo de Cultura Economica, S. A. DE C. V.
- Bartis, P. (5 de diciembre de 1985). *Tradición popular e investigación de campo: una introducción sobre las técnicas de la investigación de campo*. Washington D.C.: Centro Americano de Tradición Popular. Obtenido de https://hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Tradicion_Popular_Investigacion_Campo.pdf
- Buecker, B. (1997). *Power Plant Water Chemistry: A Practical Guide*. Tulsa: PennWell Corp.
- CEIPA. (30 de enero de 2025). *El atún ecuatoriano es un pilar fundamental para la economía nacional*. Obtenido de Cámara Ecuatoriana de Industriales y Procesadores Atuneros: <https://ceipa.com.ec/2025/01/30/el-atun-ecuatoriano-es-un-pilar-fundamental-del-desarrollo-economico-y-social/>

- Chang, K.-H. (2021). Corrosion in Tinsplate Cans Used for Food Storage. *[Tesis doctoral]*. Ohio, Estados Unidos: Ohio State University. Obtenido de http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1626397320664951
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del Talento Humano*. México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://jgestiondeltalentohumano.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/gestion-del-talento-humano-idalberto-chiavenato-3th.pdf>
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2024). *Ficha Sectorial Pesca*. Obtenido de Corporación Financiera Nacional: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2024/07/Ficha-Sectorial-Pesca.pdf>
- Deng, C.-M., Zhu, Y., Sun, S., Wei, J., & Xia, D.-H. (2022). Engineering Failure Analysis. *Analysis of failure causes of epoxy-phenolic coated tinsplate after*, 135. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106129>.
- Dhuey, E., Castada, H. Z., Barringer, S., Josehp, J., Hadad, C. M., Ruffley, K., & Pascall, M. A. (2021). Heat- induced compounds development in processed tomato and their influence on corrosion initiation in metal food cans. *Food Science & Nutrition*, 9, 4134-4145. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.2376>
- Domínguez, J. (28 de Febrero de 2014). *GUIA PARA EVITAR LA CORROSION POR EFECTO DE CORRIENTES PARASITAS O NO PLANIFICADAS*. Obtenido de Tecnavin S.A.: https://www.tecnavin.com/w/wp-content/uploads/2014/02/CORR_PARASITA_ARTICULO.pdf
- Ecoembes. (junio de 2018). *Guía de buenas prácticas en la gestión de envases domésticos metálicos en las plantas de recuperación*. Obtenido de Ecoembes: <https://www.ecoembes.com/sites/default/files/inline-files/administraciones-publicas/guia-buenas-practicas-metal.pdf>
- Evans, U. R. (1987). *An Introduction to Metallic Corrosion, 3rd Edition*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.

- FAO, & OMS. (2009). *Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros*. doi:<https://doi.org/10.4060/cb0658es>
- FDA. (junio de 2022). *Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance*. Obtenido de FDA: <https://www.fda.gov/food/seafood-guidance-documents-regulatory-information/fish-and-fishery-products-hazards-and-controls#Downloads>
- Fishcorp S.A. (2015). *Fishcorp S.A., Empresa Procesadora de Atún y Camarón*. Obtenido de Fishcorp S.A.: <https://www.fishcorpsa.com.ec/>
- Fishcorp S.A. (2025). *Fishcorp*. Obtenido de Quiénes Somos: <https://www.fishcorpsa.com.ec/>
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Fortune Business Insights. (22 de septiembre de 2025). *Canned Tuna Market*. Obtenido de Fortune Business Insights: <https://www.fortunebusinessinsights.com/canned-tuna-market-103190>
- Grand View Research. (15 de mayo de 2025). *Mercado de atún enlatado (2025-2030)*. Obtenido de Grand View Research: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/canned-tuna-market>
- Gutiérrez, J. A. (2002). *Química de todos los días: un mundo de óxidos*. Guanajuato: Acta Universitaria. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uileam/8267?page=5>
- Hauffe, K. (1965). *Oxidation of Metals*. Berlin: Springer-Verlag OHG. doi:DOI 10.1007/978-1-4684-8920-0
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V.

- Hussein, S. S., Radhi, A. A., & Mahmood, W. K. (2023). Investigating the effect of temperature and NaCl concentration on corrosion behavior using commercial food cans. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 33(1), 65-72. doi:10.55713/jmmm.v33i1.1595
- Iaccheri, E., Cevoli, C., Davison, P., & Fabbri, A. (2023). Chapter Three - Pallets and bags. *Transporting Operations of Food Materials Within Food Factories*, 31-60. doi:10.1016/C2018-0-04496-5
- INEN. (2011). *RTE INEN 198 "Envases metálicos"*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-198.pdf>
- INEN. (2013a). *NTE INEN 184:2013 "Atún y bonito en conserva. Requisitos"*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2013b). *NTE INEN 874:2013 "Hojalata electrolítica laminada en frío y chapa negra"*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2016a). *NTE INEN 974 "Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA"*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de INEN: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%20974%20-%20AGUA%20POTABLE.%20DETERMINACI%C3%93N%20DE%20LA%20DUREZA%20TOTAL%20POR%20TITULACI%C3%93N%20CON%20EDTA.pdf>
- INEN. (2016b). *RTE INEN 253 (1R) "Envases flexibles retortables para el envasado de alimentos sometidos a un proceso de esterilización por calor"*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-253-1R.pdf>
- Instituto de Promoción del Ecuador. (30 de abril de 2024). *Atún en conserva en Estados Unidos 2024*. Obtenido de PRO ECUADOR: <https://ceipa.com.ec/wp-content/uploads/2025/01/Estudio-de-mercado-de-Atun-en-USA-revisado-mayo-2024-1.pdf>

- Inteaz, A. (2004). *Food quality assurance: principles and practices*. Boca Raton: CRC Press LLC. Obtenido de https://elearn.univ-tlemcen.dz/pluginfile.php/123609/mod_resource/content/2/Food_Quality_Assurance_Principles.pdf
- ITRA Ltd. (2000). *Providing expertise in tin technology and applications*. Uxbridge: ITRA Ltd.
- Kelly, R. G., Shoesmith, D. W., & Buchheit, R. G. (2003). *Electrochemical Techniques in Corrosion Science and Engineering*. New York: Marcel Dekker, Inc. doi:10.1201/9780203909133
- Liu, Z., Deng, C.-M., Wei, J., & Xia, D.-H. (2024). Fast Evaluation of Resistance to High Temperature Steam Sterilization Process for Organic Coating Coated Tinplate by Electrochemical Method. *Journal of the Chinese Society of Corrosion and Protection*, 44(4), 883-890. doi:10.11902/1005.4537.2023.296
- Lopez, A. (1987). *A Complete Course In Canning* (Vol. I). Baltimore, Maryland: The Canning Trade Inc.
- Montanari, A., Barone, C., Barone, M., & Santangelo, A. (2018). *Thermal Treatments of Canned Food*. Cham: Springer International Publishing AG.
- Oldring, P. K., & Nehring, U. (2007). *Packaging material: 7. Metal packaging for foodstuffs*. Bruselas: ILSI Europe. doi:D/2007/10.996/7
- OMS. (2023). *Estrategia mundial para la inocuidad de los alimentos 2022-2030: hacia sistemas más sólidos de gestión de la inocuidad de los alimentos y la cooperación mundial*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/publications/b/64838>
- OMS. (4 de octubre de 2024). *Inocuidad de los alimentos*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- ONU. (12 de octubre de 2023). *Goal 9: Build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation*. Obtenido de

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/infrastructure-industrialization/>

- Ortega Maiquez, J. A. (1990). *Corrosión Industrial*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Otero Huerta, E. (2002). *Corrosión y degradación de materiales*. Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Parrales, H. (31 de diciembre de 2022). *Investigación Bibliografica*. Obtenido de Aprobados: <https://aprobados.net/investigacion-bibliografica/>
- Pelletier, Y. (20 de junio de 2000). *Inner linings for metal packaging*. Obtenido de Techniques de l'Ingénieur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/en/resources/article/ti088/inner-linings-for-metal-packaging-f1310/v1/varnish-composition-and-characteristics-2>
- Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (1995). *Food Science*. Nueva York: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4985-7_8
- Ramírez Regalado, V. M. (2015). *Química 1*. México D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Reyes, L. M., Aular de Durán, J., Santana Pérez, Y., & Nava Perozo, R. (2021). *Aprender a vivir para un mundo diferente*.
- Roberge, P. R. (2008). *Corrosion Engineering: Principles and Practice*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. doi:10.1036/0071482431
- Schweitzer, P. A. (2006). *Paint and coatings: applications and corrosion resistance*. Boca Raton: Taylor & Francis Group .
- SEFA; EMPAC. (2009). *Guide to good manufacturing and hygiene practices for metal packaging in contact with food*. Obtenido de AGMPM: <https://www.pac.gr/bcm/uploads/gmp-metal-packaging.pdf>

- Stewart, L. (27 de febrero de 2024). *¿Qué es la investigación descriptiva y cómo se utiliza?* Obtenido de ATLAS.ti: <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-descriptiva>
- The American Society of Mechanical Engineers. (2012). *Consensus on Operating Practices for the Control of Feedwater and Boiler Water Chemistry in Modern Industrial Boilers*. Nueva York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Tucker, G., & Featherstone, S. (2021). *Essentials of Thermal Processing*. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd.
- Turner Walker, G. (2008). *A Practical Guide to the Care and Conservation of Metal*. Taichung: Headquarters Administration of Cultural Heritage, Council for Cultural Affairs.
- Vázquez, M. (2018). *La corrosión: el peor de los villanos cuando dominan los metales*. Mar de Plata: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Winston Revie, R., & Uhlig, H. H. (2008). *Corrosion and corrosion control: an introduction to corrosion science and engineering*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Anexos

Anexo A. Lista de verificación para el control de manchas de dureza y oxidación en las latas.

		FORMATO DE INSPECCIÓN CONTROL DE MANCHAS DE DUREZA Y OXIDACIÓN EN CONSERVAS DE LATAS DE ATÚN		
DATOS DE PRODUCCIÓN		DEFECTOS		
Fecha ▼	Lote ▼	Oxidación ▼	Rayaduras ▼	Observaciones ▼
TOTAL				

Anexo B. Formato de entrevista aplicado al personal de planta.

GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL DE PLANTA	
Área:	
Cargo:	
Fecha:	
1. ¿Qué problemas se han presentado en esta etapa del proceso? 2. ¿Con qué frecuencia ocurren estos problemas? 3. ¿Qué factores cree que influyen en estos problemas? 4. ¿Cómo se detectan o evidencian los problemas en esta etapa del proceso?	
OBSERVACIONES DEL INVESTIGADOR:	

Anexo C. Entrevista al supervisor de la recepción de insumos.

GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL DE PLANTA	
Área:	Recepción de Insumos
Cargo:	Supervisor
Fecha:	06/05/25
1. ¿Qué problemas se han presentado en esta etapa del proceso? En la recepción de insumo se empiezan a observar los primeros defectos de rayaduras en las latas. 2. ¿Con qué frecuencia ocurren estos problemas? Ocurren con mucha frecuencia, sobre todo en lotes que han tenido mayor manipulación durante el transporte o recepción. 3. ¿Qué factores cree que influyen en estos problemas? El principal factor podría ser el excesivo movimiento que experimentan las latas antes de llegar al área de procesos y la forma en la que están apiladas. 4. ¿Cómo se detectan o evidencian los problemas en esta etapa del proceso? Se detectan una vez llegan al área de procesos y se empiezan a visualizar y agravar este tipo de fallos.	

Anexo D. Entrevista realizada a inspector de la etapa de doble cierre.

GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL DE PLANTA	
Área:	Control de Calidad
Cargo:	Inspector de Doble Cierre
Fecha:	15/05/25
1. ¿Qué problemas se han presentado en esta etapa del proceso? Se han presentado problemas como la aparición de rayaduras después del doble cierre. 2. ¿Con qué frecuencia ocurren estos problemas? Algunas veces, generalmente cuando las máquinas de sellado han necesitado ajustes o calibración. 3. ¿Qué factores cree que influyen en estos problemas? Puede deberse al desgaste de rulinas o a una incorrecta lubricación de la máquina de doble cierre, el material de la lata o problemas con los insumos. Además cuando hay daños en la tapa, se atribuye a la primera rulina y en la parte inferior a la segunda rulina. 4. ¿Cómo se detectan o evidencian los problemas en esta etapa del proceso? Se detectan mediante la prueba destructiva, donde se verifica parámetros como la profundidad, espesor, gancho de cuerpo y de tapa, etc. En caso de detectar no conformidades, antes de alertar se corrige y se para la línea para la limpieza de las rulinas. Después se notifica a bodega para la revisión de coches.	

Anexo E. Entrevista realizada a operador de autoclaves.

GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL DE PLANTA	
Área:	Esterilización
Cargo:	Operador de Autoclaves
Fecha:	20/05/25
1. ¿Qué problemas se han presentado en esta etapa del proceso? Manchas de dureza y oxidación. 2. ¿Con qué frecuencia ocurren estos problemas? La oxidación a menudo. Las manchas de dureza han sucedido unas tres veces en un mismo mes, para después transcurrir cerca de dos meses sin presentarse. 3. ¿Qué factores cree que influyen en estos problemas? Puede afectar la acumulación de impurezas en la corriente de recirculación del autoclave, aunque se realizan limpiezas en esta con una solución de cloro. También el agua utilizada, muchas veces por escasez se necesita hacer uso de agua de tanqueros que no poseen las mejores condiciones y características para un proceso de esterilización. 4. ¿Cómo se detectan o evidencian los problemas en esta etapa del proceso? Se detecta en la etapa posterior, el enfriamiento. Al secarse la lata esta suele presentar machas en la parte superior del envase. En el área de esterilización se manejan los charts, mas no se atribuye el registro de este como causa alguna la condición operacional del autoclave. Los materiales de los que está hecho el autoclave, que son monel y hierro negro, sí podrían desencadenar alguna reacción química que provoque la corrosión.	

Anexo F. Entrevista realizada a operadora de etiquetado.

GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL DE PLANTA	
Área:	Etiquetado
Cargo:	Operadora
Fecha:	22/05/25
1. ¿Qué problemas se han presentado en esta etapa del proceso? Manchas de dureza y oxidación en las latas, antes de etiquetarlas. 2. ¿Con qué frecuencia ocurren estos problemas? En cada lote de producción. 3. ¿Qué factores cree que influyen en estos problemas? Los factores que influyen en la oxidación podrían ser la calidad de los insumos, lo cual es responsabilidad del proveedor y de la máquina de doble cierre. En cuanto a las manchas de durezas, las cuales se han visto sobre todo en el fondo, se cree que es por el método de secado que se utiliza. 4. ¿Cómo se detectan o evidencian los problemas en esta etapa del proceso? Se detecta en la etapa posterior, el enfriamiento. Al secarse la lata esta suele presentar machas en la parte superior del envase. En cuanto a la oxidación, se ha encontrado sobre todo en lugares como la anilla, incisión, borde, fondo y cuerpo. Cuando aparece oxidación en la incisión esto se atribuye al proveedor del envase de la lata. En cambio cuando aparece en el fondo es porque no se le está dando un buen mantenimiento a la máquina de doble cierre.	