

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR LA LICENCIATURA EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA  
REDUCCIÓN DEL COSTO GENERADO  
POR EL PROCESO DE SOBRE  
APLICACIÓN DE ZINC EN LAS BOBINAS  
GALVANIZADAS DE 0.32MM DE  
ESPESOR Y 914MM DE ANCHO EN LA  
LÍNEA 2 DE LA PLANTA DE PRODUCTOS  
RECUBIERTOS DE METALCO, DURANTE  
EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO  
2020.**

**AUTOR: ALEJANDRO FALLAS OCAMPO**

**TUTOR: ING. LUIS SALAS ROMERO**

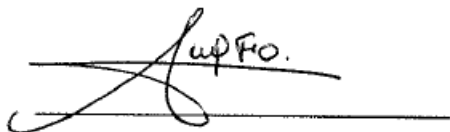
**PUNTARENAS, ENERO, 2021**

## ii. ACTA DE APROBACIÓN

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Alejandro Fallas Ocampo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1435-0244 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO GENERADO POR EL PROCESO DE SOBRE APLICACIÓN DE ZINC EN LAS BOBINAS GALVANIZADAS DE 0.32MM DE ESPESOR Y 914MM DE ANCHO EN LA LÍNEA 2 DE LA PLANTA DE PRODUCTOS RECUBIERTOS DE METALCO, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2020, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Puntarenas, a los 25 días del mes de Octubre del año dos mil veinte.



Firma del estudiante

Cédula: 1-1435-0244

## CARTA DEL TUTOR

San José, 25 de Octubre de 2020

**Destinatario**  
**Carrera Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

La estudiante Alejandro Fallas Ocampo, cédula de identidad número 1-1435-0244, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO GENERADO POR EL PROCESO DE SOBRE APLICACIÓN DE ZINC EN LAS BOBINAS GALVANIZADAS DE 0.32MM DE ESPESOR Y 914MM DE ANCHO EN LA LÍNEA 2 DE LA PLANTA DE PRODUCTOS RECUBIERTOS DE METALCO, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2020**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

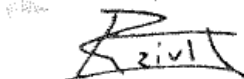
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	26%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	15%
	TOTAL		81%

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

Atentamente,



**Ing. Luis Salas Romero**  
**Ced. 1-1014-0116**

**CARTA DE LECTOR****San José,****Universidad Hispanoamericana  
Sede Llorente  
Carrera****Estimado señor**

El estudiante Alejandro Fallas Ocampo, cédula de identidad 1-1435-0244, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO GENERADO POR EL PROCESO DE SOBRE APLICACIÓN DE ZINC EN LAS BOBINAS GALVANIZADAS DE 0.32MM DE ESPESOR Y 914MM DE ANCHO EN LA LÍNEA 2 DE LA PLANTA DE PRODUCTOS RECUBIERTOS DE METALCO, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2020, el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

**Deyna Yurbieth Mora Montero  
Cédula 1-1622-0956**

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

San José, 28 de diciembre, 2020.

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Alejandro Follos Ocampo con número de identificación 1-1435-0244 autor (a) del trabajo de graduación titulado "Propuesta de mejora para la reducción del costo generado por el proceso de sobreaplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.3mm espesor y 914mm ancho en Línea 2 de Planta Productos Recubiertos de Metalú durante primer semestre del 2020" presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial;  SI /  NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente, Follos  
Firma y Documento de Identidad

1-1435-0244.

### **iii. DEDICATORIA**

Mi proyecto de graduación lo dedico primeramente a Dios, como agradecimiento de su misericordia y bendiciones hacia mí.

Seguidamente a mi esposa Natasha, por su amor y apoyo incondicional; por ser mi motivación para superar las metas diarias y construir un mejor futuro juntos.

A mis padres, por impulsarme siempre con educación, valores y unión familiar, para seguir adelante y alcanzar todos los objetivos en la vida.

Y finalmente, a todo aquel costarricense que quiere superarse con educación, con propósitos claros y sin miedo alguno a intentarlo hasta obtener la felicidad y el éxito que busca. Dedicado al que derriba barreras, al que rompe con lo tradicional y al que alcanza la excelencia.

#### **iv. AGRADECIMIENTOS**

Agradecer siempre a mi esposa Natasha y a mis padres Roberto y Lilly, por sus tantas virtudes que la vida misma se ha encargado de mostrarme.

Agradezco al tutor Luis Salas por su guía y su buen consejo, a la empresa Metalco por brindarme la oportunidad de desarrollar una propuesta de mejora en una de sus plantas industriales, a los compañeros de trabajo Franklin Esquivel del Departamento de Mantenimiento de Productos Recubiertos, Gustavo Ortíz del Departamento de Producción de Productos Recubiertos y Edwin Garita del Laboratorio de Calidad de Metalco. De igual manera a las gerencias respectivas que me permitieron las aprobaciones para mi proyecto de investigación como lo son los señores Santiago Mejía, Miguel Guillén y Juliana Noguera.

Finalmente, agradecer a todos mis profesores, tanto del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) como los de las tres sedes en las que cursé de la Universidad Hispanoamericana en, por tanta experiencia, buenas enseñanzas y entendimiento para lograr aprender de todos ellos.

## **v. EPÍGRAFES**

Somos el resultado de lo que hacemos repetidamente.

La excelencia entonces no es un acto, sino un hábito.

Aristóteles.

## vi. ÍNDICE

ii. ACTA DE APROBACIÓN .....	ii
iii. DEDICATORIA .....	vi
iv. AGRADECIMIENTOS .....	vii
v. EPÍGRAFES .....	viii
vi. ÍNDICE .....	ix
vii. ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
viii. ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ix. ACRÓNIMOS Y SIGLAS .....	xvi
x. RESUMEN EJECUTIVO .....	xvii
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>SECCIÓN 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>19</b>
<b>SECCIÓN 1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1.1 ORGANIGRAMA DE METALCO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.1.2 MISIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.1.3 VISIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.1.4 POLÍTICA DE CALIDAD .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.1.5 LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.1.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.2. ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>24</b>
<b>SECCIÓN 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>28</b>
<b>1.3.1. LA IDEA DEL PROBLEMA .....</b>	<b>28</b>
<b>1.3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>29</b>
<b>1.3.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>SECCIÓN 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>34</b>
<b>SECCIÓN 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>1.5.1. ALCANCES .....</b>	<b>35</b>

1.5.2. LIMITACIONES .....	35
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....</b>	<b>38</b>
2.1.1. INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	38
2.1.2. EFICACIA, EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD .....	39
2.1.3. PROCESOS .....	40
2.1.3.1 TIPOS DE PROCESOS .....	41
2.1.4. SERVICIOS .....	43
2.1.5. PRODUCTIVIDAD .....	43
2.1.6. CALIDAD EN LOS SERVICIOS .....	44
2.1.7. SATISFACCIÓN DEL CLIENTE .....	44
2.1.8. INDICADORES DE GESTIÓN .....	44
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>45</b>
2.2.1. METODOLOGÍA DMAIC .....	45
2.2.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	46
2.2.3. DIAGRAMA DE PARETTO .....	47
2.2.4. LOS 5 POR QUÉ .....	49
2.2.5. DIAGRAMA DE FLUJO.....	50
2.2.6. ANÁLISIS FODA .....	51
2.2.7. DIAGRAMA DE GANTT .....	52
2.2.8. ENTREVISTAS .....	53
2.2.9. LLUVIA DE IDEAS .....	53
2.2.10. MULTIVOTO .....	53
2.2.11. KPI.....	54
2.2.12. ROI .....	55
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>57</b>
<b>2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>61</b>
<b>3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO .....</b>	<b>63</b>

<b>3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO</b>	65
<b>3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b>	67
<b>3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS</b>	68
<b>SECCIÓN 3.5.1 REVISIÓN SEMANAL DE LOS INDICADORES</b>	69
<b>SECCIÓN 3.5.2 OBSERVACIÓN DIRECTA SOBRE EL AVANCE DE LA REDUCCIÓN DEL COSTO DE SOBRE APLICACIÓN</b>	69
<b>SECCIÓN 3.5.3 REUNIONES MENSUALES CON LA GERENCIA DE PRODUCCIÓN SOBRE LOS AVANCES EN AL REDUCCIÓN DEL COSTO DE SOBRE APLICACIÓN</b>	69
<b>CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS</b>	70
<b>SECCIÓN 4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL</b>	71
<b>SECCIÓN 4.1.1 ENTREVISTAS</b>	72
<b>SECCIÓN 4.1.2 PROCESO DE SOBRE APLICACIÓN DE ZINC</b>	72
<b>SECCIÓN 4.1.3 ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO</b>	75
<b>SECCIÓN 4.1.4 ANÁLISIS FODA</b>	79
<b>SECCIÓN 4.1.5 DIAGRAMA ISHIKAWA</b>	80
<b>SECCIÓN 4.1.6 ANÁLISIS MULTIVOTO</b>	82
<b>SECCIÓN 4.1.7 PARETO</b>	83
<b>SECCIÓN 4.1.8 ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUÉS</b>	85
<b>SECCIÓN 4.1.9 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA</b>	86
<b>SECCIÓN 4.1.10 ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE CONTROL</b>	87
<b>CAPÍTULO V. DISEÑO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	94
<b>SECCIÓN 5.1 DISEÑO DE LA PROPUESTA</b>	95
<b>SECCIÓN 5.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 1 “AUSENCIA DE KPI’S”</b>	95
<b>SECCIÓN 5.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 2 “NO HAY CONTROL EFICIENTE DE TIEMPOS”</b>	97
<b>SECCIÓN 5.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 3 “NO HAY PROCESO DE SEGUIMIENTO”</b>	100
<b>SECCIÓN 5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	105
<b>SECCIÓN 5.5.1 ANÁLISIS DEL ROI</b>	108

<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	109
<b>SECCIÓN 6.1 CONCLUSIONES</b> .....	110
<b>SECCIÓN 6.2 RECOMENDACIONES</b> .....	112
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	114

## vii. ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Organigrama Planta de Productos Recubiertos de Metalco .....</i>	21
<i>Figura 2 Productos de Metalco S.A.....</i>	24
<i>Figura 3 Mapa de Metalco S.A.....</i>	25
<i>Figura 4 Promedio Cuatrimestral del costo de sobre aplicación en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914mm ancho en Productos Recubiertos de enero 2019 a abril 2020. ....</i>	30
<i>Figura 5 Promedio Mensual del costo de sobre aplicación en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914mm ancho en Productos Recubiertos de enero 2019 a abril 2020. ....</i>	32
<i>Figura 6 Representación general de un proceso industrial.....</i>	41
<i>Figura 7 Clasificación de los procesos de manufactura.....</i>	42
<i>Figura 8 Ejemplo del Diagrama de Ishikawa .....</i>	47
<i>Figura 9 Ejemplo del Diagrama de Pareto.....</i>	49
<i>Figura 10 Ejemplo del Método de los 5 Por Qué.....</i>	50
<i>Figura 11 Ejemplo del Análisis FODA .....</i>	51
<i>Figura 12 Ejemplo de Diagrama de Gantt .....</i>	52
<i>Figura 13 Ejemplo de Fórmula del ROI .....</i>	56
<i>Figura 14 Análisis del Proceso Actual durante agosto a diciembre de 2019.....</i>	72
<i>Figura 15 Diagrama del Proceso Actual de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm ancho.....</i>	72
<i>Figura 16 Análisis FODA Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos.....</i>	79
<i>Figura 17 Diagrama de Ishikawa Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos.....</i>	80
<i>Figura 18 Gráfico de Pareto sobre las frecuencias.....</i>	84
<i>Figura 19 Análisis de los 5 Porqués del Proceso de Sobre Aplicación de Zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho .....</i>	85
<i>Figura 20 Fórmula del tamaño de la muestra.....</i>	86
<i>Figura 21 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Borde 1 de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho.....</i>	90
<i>Figura 22 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Centro de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho.....</i>	91

<i>Figura 23 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Borde 2 de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 24 Diagrama del Nuevo Proceso de Sobre aplicación de Zinc en bobinas (Implementación Causa 2) .....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 25 Dashboard Propuesto - Solución para la Causa 3.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 26 Diagrama de Gantt Propuesto – Solución para la Causa 3 .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 27 Dashboard Proyecto Puerto Rico .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 28 Diagrama de Gantt Proyecto Puerto Rico .....</i>	<i>104</i>

## viii. ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Conformación del Equipo de Producción de Planta de Productos Recubiertos</i> .....	26
<i>Tabla 2 Entorno organizacional del Equipo de Producción</i> .....	27
<i>Tabla 3 Metodología para la definición del problema</i> .....	61
<i>Tabla 4 Metodología para la propuesta de mejora</i> .....	66
<i>Tabla 5 Metodología para la verificación</i> .....	68
<i>Tabla 6 Análisis del Valor Agregado</i> .....	76
<i>Tabla 7 Matriz Análisis del Valor Agregado "Situación Actual"</i> .....	78
<i>Tabla 8 Análisis Multivoto de la Sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho</i> .....	82
<i>Tabla 9 Frecuencias del Diagrama de Pareto</i> .....	83
<i>Tabla 10 Registro de muestras tomadas durante Prueba de Espesor en tres puntos en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho de enero a abril 2020</i> .....	87
<i>Tabla 11 Análisis de Límites de Control de las muestras aplicadas en tres puntos de las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho durante enero a abril 2020</i> .....	90
<i>Tabla 12 Matriz Análisis del Valor Agregado "Nuevo Proceso"</i> .....	99
<i>Tabla 13 Cuadro Resumen Comparativo de Análisis del Valor Agregado</i> .....	99
<i>Tabla 14 Costos de Implementación del Dashboard</i> .....	104
<i>Tabla 15 Costos del Valor Presente Neto de la Implementación</i> .....	105
<i>Tabla 16 Datos Generales para el Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica"</i> .....	106
<i>Tabla 17 Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica" aplicando límites de control con base de LCI</i> .....	107
<i>Tabla 18 Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica" aplicando límites de control con base de X</i> .....	107

## **ix. ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

ASESCO: Siglas que significan “Corporación Aserías de Colombia”, corporación que conglomerada todas las empresas respectivas, como es el caso de Metalco en Costa Rica.

DMAIC: Ciclo de Mejora que comprende las fases de: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar por sus siglas en inglés “Define, Measure, Analyze, Improve, Control”.

EXCEL: Programa informático, software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

IVA: Índice de Valor Agregado.

KPI: Indicadores clave o medidores de desempeño por sus siglas en inglés “Key Performance Indicators”.

LPG: Liquefied Petrol Gas, nombre en inglés para el gas licuado del petróleo (GLP).

MINITAB: Programa de análisis para datos estadísticos.

ROI: Retorno sobre la Inversión, siglas en inglés “Return over investment”.

## **x. RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto se fundamenta en lo importante que representa para la empresa Metalco la ejecución eficaz de los costos generados por el proceso de sobre aplicación de zinc en las láminas galvanizadas, en relación con fomentar un sano ahorro en la organización; y aún más cuando el impacto de estos concierne a la empresa Metalco y a la corporación a la que pertenece.

La Corporación ADESCO, de la cual pertenece la compañía Metalco, detectó la necesidad de mejorar y reducir los costos generados por la sobre aplicación, en pro de las finanzas de la Planta de Productos Recubiertos. El objetivo del presente proyecto de tesis es la implementación de una propuesta de mejora para la reducción del costo generado por el proceso de sobre aplicación de zinc, el cual permita y fomente una gestión más eficiente sobre dichas finanzas.

La propuesta se implementó mediante la integración de distintas herramientas de seguimiento en un dashboard, el cual es fácil de interpretar y controlar por el Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos.

La herramienta establecida puede ser optimizada con el tiempo, en donde los costos generados por la sobre aplicación, pueden ser fortalecidos con más detalles e información. Con ello, dicha herramienta será más para hacer que este sea más eficiente y eficaz en productividad del sistema y en economía para el Departamento de Productos Recubiertos.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

## **SECCIÓN 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El éxito empresarial depende directamente del balance general que se desarrolle. Actualmente, inmersas en una economía dinámica y volátil, las empresas ejecutan proyectos de reducción de sus costos, para minimizar el impacto negativo en sus finanzas y procurar mayores ganancias; con el objetivo primordial de mantener y superar su posición estratégica en el mercado al que pertenezcan. El presente proyecto consiste en una propuesta de mejora para reducir los costos generados durante el proceso de sobre aplicación de zinc en laminas galvanizadas de la empresa Metalco en Ceiba de Orotina.

En el Capítulo I, se abordan temas generales de la empresa, se identifica y justifica el problema del proyecto, así como la formulación de los objetivos que desarrolla el estudio. Posteriormente, en el Capítulo II se plantea el marco teórico, el cual contiene distintas secciones que involucran conceptos propios de ingeniería industrial, del proyecto en cuestión.

El Capítulo III desenvuelve el marco metodológico en el que se exponen las herramientas y los métodos que se utilizaron para alcanzar los objetivos específicos y generales del presente estudio. Se ejecuta la metodología para definir, medir y respaldar cualitativamente el problema del proyecto. A la vez, se explica la propuesta de mejora y cómo se implementa, se asegura y verifica la misma, para un debido control y análisis de los resultados, promoviendo el seguimiento oportuno de mejora continua.

En el Capítulo IV se presenta un diagnóstico para conocer el estado actual del proceso en estudio, con su línea base y análisis de causas. El Capítulo V exhibe y presenta la propuesta e implementación de la mejora o solución a la problemática planteada.

Finalmente, el Capítulo VI manifiesta las conclusiones y recomendaciones sobre el proceso intervenido; por tanto, el proyecto responde a la línea de investigación de Operaciones Industriales, dentro del marco de las líneas de investigación de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. De acuerdo con ella, el proyecto promueve la implementación de una propuesta de mejora que optimice el costo generado durante el proceso de sobre aplicación de zinc en las láminas galvanizadas de Metalco, específicamente en la Planta Industria de Productos Recubiertos. Se incluye el análisis de tiempos y movimientos propios del proceso de galvanización, la ingeniería del valor agregado que fortalece la estructura de la sobre aplicación de zinc en el producto final y la optimización de la productividad en cuanto al proceso indagado.

## **SECCIÓN 1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

### **1.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

Metalco SA se creó hace 52 años con capital costarricense y colombiano, como parte de la Corporación Acerías de Colombia (ACESCO); posteriormente el grupo financiero adquirió la compra y logró la fusión comercial de las empresas costarricenses Galvatica y Tubotico. Por tanto, Metalco, de manera sostenible,

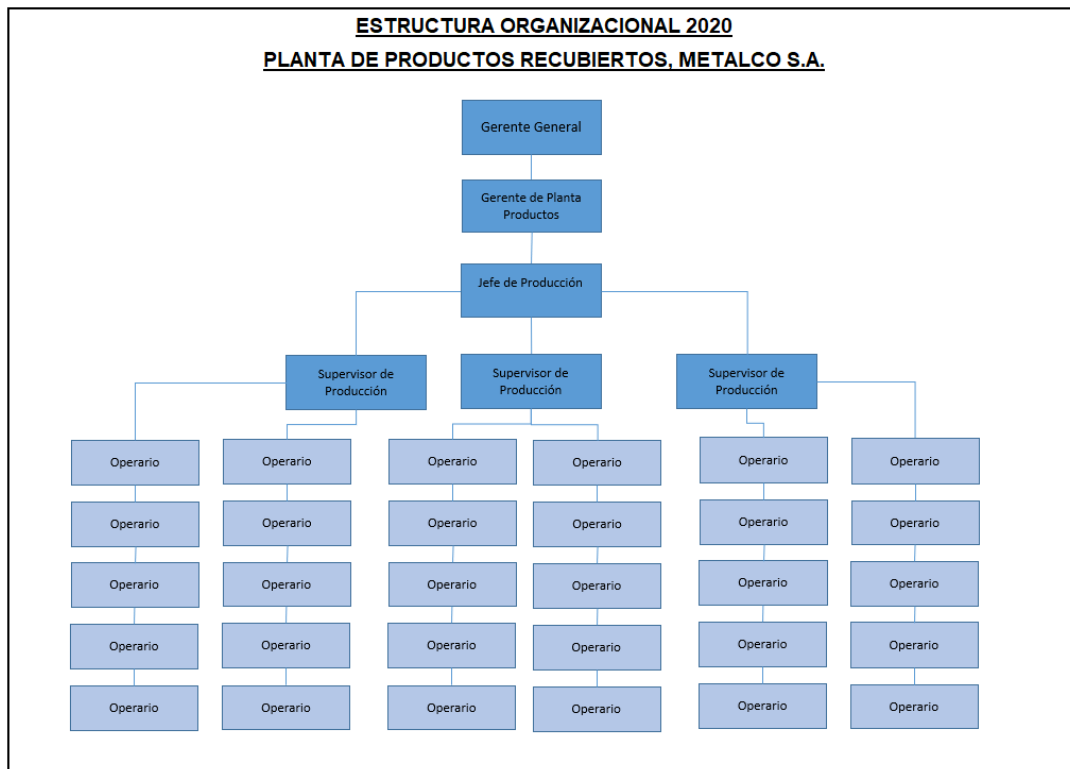
solucionaría los problemas para ACESCO con respecto a la falta de cobertura del mercado metalúrgico de Centroamérica y Caribe que se dio desde el año 2007.

Dicha empresa destaca por ser líder en la producción de aceros recubiertos y conformados, además cuenta con la mayor capacidad de producción del área centroamericana. De tal manera, la convierte en una de las principales organizaciones del sector de la construcción en Costa Rica.

### 1.2.1.1 ORGANIGRAMA DE METALCO

El proyecto se realizará en el Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos, el cual consta de 36 colaboradores, desde la gerencia hasta los operarios.

*Figura 1 Organigrama Planta de Productos Recubiertos de Metalco*



Fuente: Metalco

### **1.2.1.2 MISIÓN**

“Somos la empresa líder en la producción de aceros recubiertos y conformados, orientamos nuestros esfuerzos a maximizar la vida útil del acero, para brindar la mejor relación costo-beneficio a nuestros consumidores.

Buscamos generar valor a nuestros clientes, dirigiendo nuestras acciones a la búsqueda constante de la excelencia con una amplia disposición de servicio y fundamentados en los principios de respeto, honestidad y lealtad.

Al cumplir con lo anterior, contribuimos al desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, de todos los miembros de nuestra organización y a fortalecer la confianza de nuestros accionistas” (Metalco, s.f., s.p.).

### **1.2.1.3 VISIÓN**

“Seremos la compañía líder en el mercado del acero, ofreciendo soluciones sostenibles e innovadoras con nuestros productos y servicios, cumpliendo las expectativas de nuestros clientes” (Metalco, s.f., s.p.).

### **1.2.1.4 POLÍTICA DE CALIDAD**

“Garantizamos que nuestros productos cumplen con las normas especificadas por la compañía y que nuestros servicios satisfacen las necesidades de nuestros clientes buscando exceder sus requerimientos. Nuestra gestión se basa en la búsqueda constante de la excelencia y la disposición al servicio” (Metalco, s.f., s.p.).

El Sistema de Gestión Integrado de la empresa para sus plantas ubicadas en Colima de Tibás en San José y en La Ceiba de Orotina en Alajuela, incluye la

comercialización y producción de láminas de Acero con recubrimiento metálico y o pintadas, tubos y perfiles en C o Z de acero laminado en caliente, laminado en frío y galvanizado; como también los procesos de apoyo que puedan causar un impacto ambiental.

#### **1.2.1.5 LOCALIZACIÓN**

La sede administrativa de Metalco se ubica en Colima de Tibás, en donde principalmente se localizan los Departamentos de Tesorería, Contabilidad, Ventas Nacionales, Ventas Internacionales, Servicio al Cliente, Mercadeo y Publicidad.

Por otra parte, en Ceiba de Orotina destacan las tres plantas industriales: Productos Largos (fabricación de tubería), Productos Recubiertos (manufactura de láminas en rollo para ser procesadas) y Productos Planos (proceso de transformación de las láminas en onduladas, rectangulares, tejas, canaletas y demás productos). Igualmente, también se sitúa el Departamento de Proveduría con las tres bodegas de insumos.

Las gerencias y los Departamentos de RRHH, Tecnologías de Información (TI), Planeación, Exportaciones y Servicios Generales se manifiestan en ambas sedes.

#### **1.2.1.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS**

La empresa Metalco manufactura distintos productos los cuales se distribuyen en las tres plantas industriales: Productos Largos, Productos Recubiertos y Productos Planos. A continuación, la Figura 2 muestra un resumen de los mismos:

Figura 2 Productos de Metalco S.A.

Tipo de Producto	Dureza o Grado		Esfuerzo de Fluencia (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Elongación (%)			
	Descripción	HRb						
Canaleta	SUAVE	≤ 75	≤ 350	-	≥ 12			
Ondulado	DURO	> 85	> 550	-	-			
Rectangular (ver nota #3)								
Metal Deck (ver nota #2)	Grado 40	-	> 275	> 380	> 18			
Bobinas	Grado 33	-	> 230	> 310	> 20			
	FS Tipo B	-	-	-	> 26			
	Grado 37	-	> 255	> 380	> 18			
	Grado 50 Clase 1	-	> 340	> 450	> 12			
	Grado 50 Clase 2	-	> 340	-	> 12			
	Grado 57	-	> 390	-	-			
	Grado 80	-	> 550	> 570	-			
	Liso	SUAVE	≤ 75	-	-	-		
Botaguas								
Cumbreras								
Metal Lock								
Teja								
Hojalatería Galvanizado	275 a 350						-	≥ 18
Hojalatería Esmaltado	275 a 350						-	≥ 18
Perfiles	≤ 88						280 a 310	-
Perfil Zeta								
Tubo								
Perfil Muro Seco	Grado 80	-	> 550	> 570	-			

Fuente: Metalco

### 1.2.2. ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA

Metalco S.A. es la empresa más fuerte del Grupo ACESCO que vela por el mercado centroamericano y caribeño, demostrando su potencial con sus seiscientos veinte colaboradores distribuidos entre las sedes de Colima de Tibás y Ceiba de Orotina. Su cercanía con la costa pacífica y el Puerto Caldera, favorecen la entrada de materia prima y la logística de distribución del producto para el mercado nacional y

centroamericano. La Figura 3 muestra la ubicación contigua al Río Jesús María y la empresa Bekaert, en el Parque Industrial Condal.

*Figura 3 Mapa de Metalco S.A.*



Fuente: Metalco

### **Departamentos de Metalco S.A.**

- Gerencia General
- Gerencias de Área (gerencia de cada planta industrial)
- Producción (uno por cada planta industrial)
- Mantenimiento (uno por cada planta industrial)
- Planificación de Operaciones
- Proveeduría
- Crédito y Cobro
- Tesorería

- Contabilidad
- Tecnologías de Información (TI)
- Auditoría
- Exportaciones
- Ventas (Nacionales, Directas e Internacionales)
- Recursos Humanos
- Mercadeo
- Normalización
- Laboratorio de Calidad

*Tabla 1 Conformación del Equipo de Producción de Planta de Productos Recubiertos*

<b>Equipo Humano</b>	<b>Formación</b>
Gerente, Miguel Guillén Monroy	Máster en Ingeniería y Economía
Jefatura, Gustavo Ortiz Naranjo	Máster en Ingeniería Electrónica
Supervisor, Dennis Solórzano R.	Técnico en mantenimiento industrial
Supervisor, Gerardo H. Araya C.	Técnico en mantenimiento industrial
Supervisor, Víctor U. Rojas Z.	Técnico en mantenimiento industrial
Personal Operativo	Operadores de máquinas

Fuente: Elaboración propia.

## Entorno organizacional del Equipo de Producción de Planta de Productos Recubiertos

*Tabla 2 Entorno organizacional del Equipo de Producción*

<b>Departamento</b>	<b>Encargado</b>
Planificación de Operaciones	Jorge Augusto Quesada
Proveeduría	Carlos Saavedra Florez
Crédito y Cobro	Martha Lucía Florez B.
Tesorería	Mayela Brenes
Contabilidad	Luis Humberto Chacón
Tecnologías de Información	Moisés Madrigal
Auditoría	Rubén Román
Exportaciones	Pablo Campos
Ventas	Geovanny González
Recursos Humanos	Juliana Noguera Londoño
Mercadeo	Roy Shuster
Normalización	Mauricio Morales
Laboratorio de Calidad	Roxana García, Edwin Garita

Fuente: Elaboración propia.

## **SECCIÓN 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la siguiente sección se analizarán las temáticas y puntos de vida que pertenecen al problema, en relación con la idea inicial, y posteriormente se identificará el planteamiento del problema con su respectiva justificación.

### **1.3.1. LA IDEA DEL PROBLEMA**

La idea del presente proyecto surgió del Gerente de la Planta Industrial de Productos Recubiertos, el Sr. Miguel Guillén Monroy, ante la preocupación que representa el elevado costo generado en el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho; y se destaca como una problemática constante desde el año 2007, del cual no se ha podido controlar ante la falta de gestiones directas que impacten al costo en cuestión. Lo anteriormente expresado provoca las siguientes principales incidencias:

- La Alta Dirección de la empresa Metalco, al observar y analizar en los informes el costo tan elevado que el proceso de sobre aplicación de zinc en las láminas galvanizadas genera, solicitó que se estudie el área con el fin de aplicar las mejoras necesarias.
- El desperdicio del insumo de zinc, el cual puede ser aprovechado en otros procesos de la organización; factor que se interpreta como una falta de eficiencia productiva en relación con este insumo y el producto final.
- Se estima la pérdida de \$20,000 por cuatrimestre; monto que significaría un ahorro importante para la organización.

- En término de calidad, la compañía ofrece un producto final con una sobre especificación, sin embargo, el cliente no lo valora y además el mercado actual costarricense se rige más por la variable del precio que por la calidad excedida del producto terminado.

### **1.3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

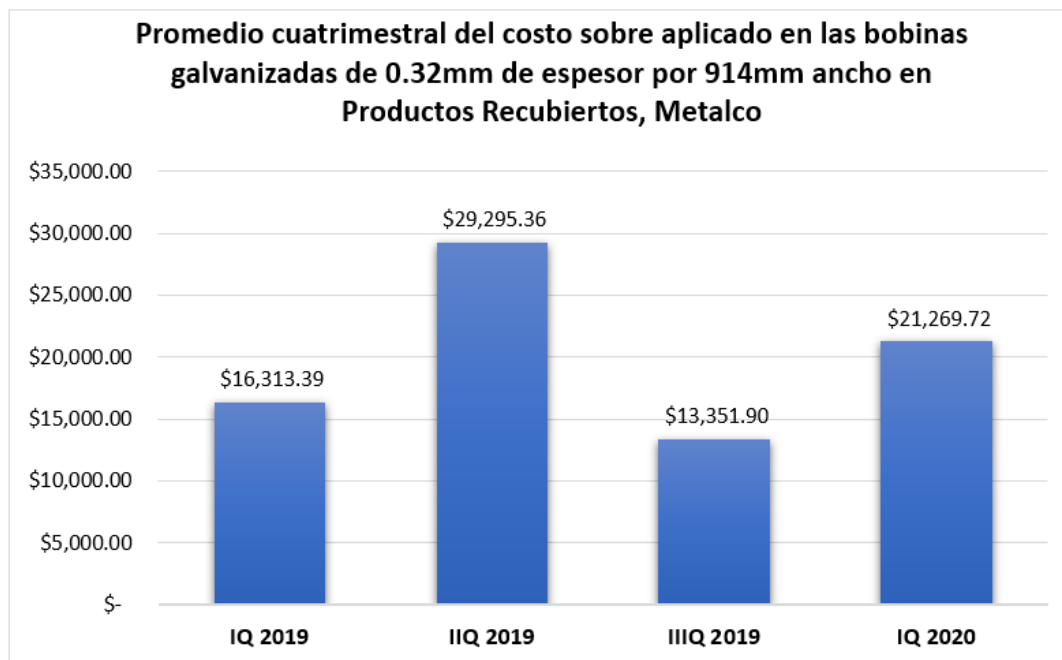
En la actualidad, en la Planta de Productos Recubiertos no se reduce la pérdida de dinero generada mediante el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor, lo que no permite a Metalco ser más eficiente en dicha gestión y constantemente perdiendo dinero.

Según el último informe presentado por la gerencia, la problemática aumenta en \$5,000, este dato se obtiene de comparar el costo de la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de espesor 0.32mm durante el primer cuatrimestre del 2019 y el primer cuatrimestre del 2020. La oportunidad de mejora detectada consiste en realizar una propuesta que reduzca dicho costo para la empresa, lo cual es importante porque la compañía aplica cuatrimestralmente un exceso de zinc equivalente a \$20,000.

En la Figura 4 se detalla el promedio cuatrimestral del costo generado por la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor desde enero 2019 hasta abril 2020. Como se puede observar, al comparar el primer cuatrimestre del 2019 contra el primero del 2020, se demuestra un incremento estimado de \$5,000, lo que se interpreta como deficiente pero esperado ante la falta de propuestas de mejora para reducir dicho costo. A la vez, el costo de sobre ampliación es variable, pero

siempre superior a los \$13,000, dato vital para fortalecer el hecho de proponer una mejora para reducirlo.

*Figura 4 Promedio Cuatrimestral del costo de sobre aplicación en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914mm ancho en Productos Recubiertos de enero 2019 a abril 2020.*



*Fuente: Elaboración propia.*

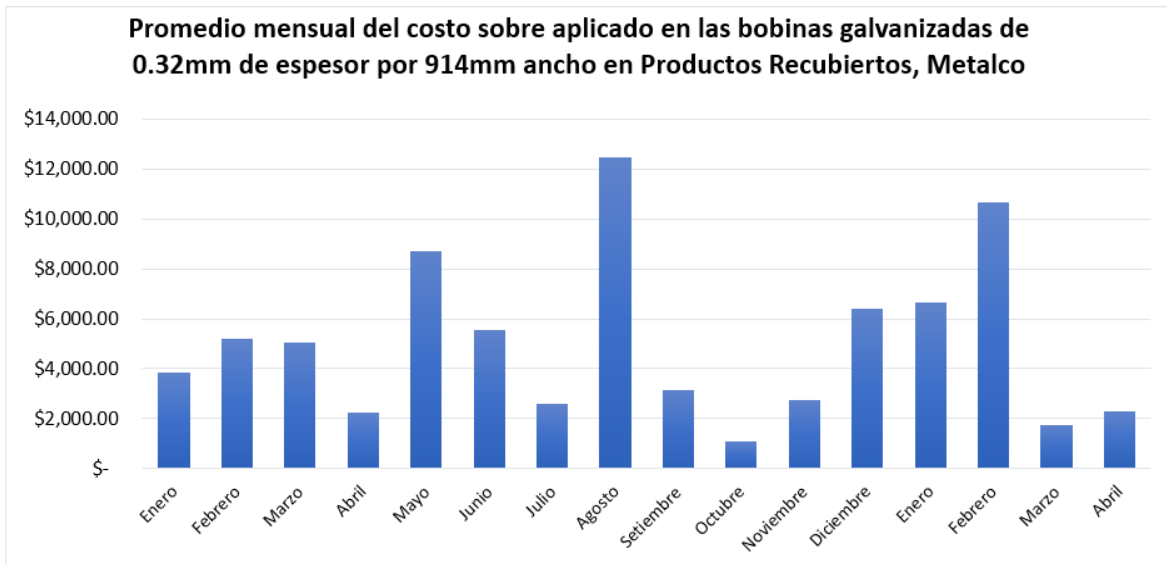
El Departamento de Producción y el de Contabilidad lo consideran una problemática significativa, debido a que se compra más zinc del necesario; el Departamento de Planeación considera que, de aplicar más zinc de manera descontrolada, puede que no alcance para los demás procesos. Sin embargo, el cumplimiento de la propuesta de mejora beneficia propiamente a la parte económica de Metalco, al tener un ahorro eliminando el desperdicio de zinc, por tanto, lo que se busca es generar un producto consumiendo la menor cantidad de recurso posible. Igualmente, se genera un ahorro

energético al manufacturar un producto más eficiente y que consuma menor electricidad. Actualmente, el mercado no valora ese exceso de aplicación, ni se le comunica al cliente que los productos llevan más zinc de lo especificado, por tanto, disminuir el desperdicio provocará que la compra de zinc rinda más y se dependerá menos de los precios a nivel internacional. La no implementación de esta propuesta de mejora causará perjuicios económicos.

El problema no es de temática de la calidad, por el contrario, éste representa una sobre especificación, cada bobina de espesor 0.32mm lleva más zinc de la cuenta. Una bobina de zinc es una bobina metálica recubierta de zinc o metalum; lo que hace que una bobina de zinc dure más no es la cantidad de metal que tiene sino qué tanto recubrimiento lleva por encima. Por tanto, entre más gramos de zinc o metalum por metro cuadrado tenga la bobina, más va a durar el agua o la humedad en atacar el acero base, por tanto, la lámina dura más en el techo, cuando ésta sea transformada en lámina galvanizada (tras proceso de transformación). La mayoría de los clientes no tienen conocimiento de ello, y a la competencia le beneficia más ganar el espesor con acero blanco laminado que con el zinc o metalum.

La Figura 5 desglosa mensualmente lo que se evidencia en la Figura 4, lo interpreta en un promedio mensual desde enero 2019 hasta abril 2020, en donde se identifica que agosto es el mes más costoso y la mayoría de los meses superan los \$2,000.

*Figura 5 Promedio Mensual del costo de sobre aplicación en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914mm ancho en Productos Recubiertos de enero 2019 a abril 2020.*



*Fuente: Elaboración propia*

### 1.3.3. JUSTIFICACIÓN

El constante aumento de la competitividad empresarial, la decisión de compra de los clientes basada en precio más que en calidad del producto y una mayor capacidad a informarse, son razones que justifican el por qué la empresa debe preocuparse por reducir el costo generado en la sobre aplicación de zinc. Por tanto, existe un impacto económico significativo, pero también están inmersos los competidores que manufacturan productos con un porcentaje de decapado bajo, lo que genera que dichos productos sean más baratos en el mercado; propiciando a que Metalco realice lo mismo, con lo cual se traslada parte de la ganancia al cliente y dicho cliente obtenga un producto que sea adquisitivamente más competitivo.

Este proyecto de graduación ayudará a resolver la problemática de dicho alto costo, en donde la empresa por años ha entregado al cliente un producto de una mayor calidad que sus competidores, sin embargo, las circunstancias financieras actuales de la sociedad costarricense demanda a que la situación cambie y que se tenga que reducir este costo sin dejar de optimizar el proceso y dejar de producir láminas conformes con la calidad. Por ende, se enmarca en una directriz o decisión de la alta dirección de la empresa, la cual radica de orden estratégico para fortalecer las áreas de finanzas, mercadeo y producción de Metalco, beneficiando con impacto económico a la organización.

La metodología DMAIC será muy útil en este proyecto, ya que, de una manera organizada y estratégica se podrá identificar el proceso actual, conocer sus puntos críticos, analizar las posibles mejoras a implementar por la organización y determinar cuáles se pueden controlar para conseguir una mejora continua y optimización del proceso en relación con la parte financiera. La finalidad del proyecto es mejorar un proceso por medio de la propuesta más adecuada para reducir el costo generado en la sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas. Con esto se busca beneficiar las finanzas de la Planta Industrial de Productos Recubiertos en relación con el presupuesto anual que la compañía les otorga, reduciendo el costo que el proceso de sobre aplicación de zinc genera en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho.

## **SECCIÓN 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar una propuesta de mejora en la gestión de los costos de la Planta de Productos Recubiertos de Metalco en Ceiba de Orotina, mediante la metodología DMAIC, para la mejora del costo generado en el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor por 914mm de ancho.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico del proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas y de las causas de la ineficiencia en la gestión de la administración del costo generado por dicho proceso por la Planta de Productos Recubiertos de Metalco.
- Elaborar una propuesta de mejora que permita la reducción del costo generado en la sobre aplicación de zinc con la optimización de los procesos actuales.
- Establecer los beneficios de la reducción del costo de sobre aplicación de zinc para determinar el impacto económico que puedan tener los mismos en la gestión del balance financiero productivo de la Planta de Productos Recubiertos.
- Evaluar la implementación de las propuestas para la gestión de la administración del costo generado por la sobre aplicación de zinc en la Planta de Productos Recubiertos.

## **SECCIÓN 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1. ALCANCES**

La propuesta de mejora engloba solamente al proceso de sobre aplicación de zinc de las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914m de ancho del área de Productos Recubiertos de Metalco, ya que en esa planta industrial se manufacturan otros tipos de productos como: lámina con metalum, lámina metaldeck, teja colonial, teja Toledo y lámina lisa. Los anteriores productos en distintos espesores.

Además, los datos tomados en cuenta para la realización de este proyecto de graduación son los que se obtuvieron desde el tercer cuatrimestre del año 2019 hasta el final del primer cuatrimestre del presente 2020.

### **1.5.2. LIMITACIONES**

Actualmente, el presupuesto para la Planta Industrial de Productos Recubiertos de Metalco para la producción de bobinas galvanizadas es limitado. Por tanto, la mejora propuesta debe ser con facultad a adaptarse eficientemente a los recursos disponibles, además la jefatura del área de producción de esta planta es relativamente nueva.

En la implementación se labora con el material facilitado por la Planta de Productos Recubiertos; solo se utilizó lo factible encontrado en el momento del mapeo de la situación actual, detallado en el capítulo IV de la presente tesis.

La propuesta de mejora será implementada con el personal existente en la Planta Industrial, y no se evaluará la posibilidad de contratar más personal, debido a que dicho proceso excede los límites de tiempo de la presente tesis.

Las herramientas recomendadas en términos de equipos, hardware y software, para mejorar el seguimiento de las variables que establecen el costo de sobre aplicación de zinc, son tomados solo como posibilidades debido a sus especificaciones y prestaciones adecuadas para la labor. La decisión final queda determinada por la Gerencia de Productos Recubiertos, la Sub Gerencia General y la Gerencia General de Metalco.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

Actualmente, la competitividad está inmersa en el campo de los negocios, por lo cual se exige a las organizaciones luchar por establecer procesos de mejora continua en todas sus áreas; con el fin primordial de satisfacer la demanda del cliente y ganar preferencia en el mercado. Con ello, la dinámica globalización impulsa a las empresas a optimizar, enfocando sus acciones en la calidad y productividad de los servicios que brindan y en los productos que manufacturan. Esencial y significativo es el factor que las organizaciones poseen de ofrecer servicios y productos con un contacto ágil y constante con sus clientes, en el que se satisfagan sus consultas, recomendaciones y necesidades.

A la vez, toda esta información sirve como retroalimentación para la compañía, con lo que se evitan incidencias con sus usuarios. Aplicar la metodología DMAIC es muy útil para este tipo de proyectos, debido a que de una manera ordenada se siguen sus fases adecuadamente y se logran definir los problemas, por ende, se implementan, verifican y controlan las mejoras propuestas.

En la sección “2.1. Marco Conceptual General Relativo a la carrera”, del presente documento, se definirán teóricamente conceptos basados en autores, los cuales interpretarán los criterios propios de la carrera de Ingeniería Industrial, mismos que serán vitales durante el desarrollo de esta tesis.

### **2.1.1. INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, emite su definición de ingeniería como “la profesión en la que los

conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad". De tal manera, se identifica que la ingeniería no es una ciencia, sino que se manifiesta como ciencia aplicada. (Baca, 2014)

Se define como el enfoque de ingeniería aplicada a todos los factores, incluyendo el factor humano, del cual están implicados tanto en producción como en distribución de productos o préstamo de servicios (Romero, 2006).

### **2.1.2. EFICACIA, EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD**

El Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) define que eficacia es:

- Eficacia: "Capacidad de lograr el efecto que se espera o se desea".

Por otra parte, se establece que:

- Eficaz: "Que produce el efecto propio o esperado". (Silva, 2007)
- Eficiencia: "Capacidad de disponer de algo o de alguien para lograr el efecto determinado". (Silva, 2007)
- Eficiente: "Competente que rinde en su actividad". (Silva, 2007)
- Efectividad: "Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera", también "Realidad, validez". (Silva, 2007)

Para confirmar los conceptos, el autor Fonseca O., concluye anunciando que la efectividad se define como la relación directa entre el logro de los objetivos y metas programadas.

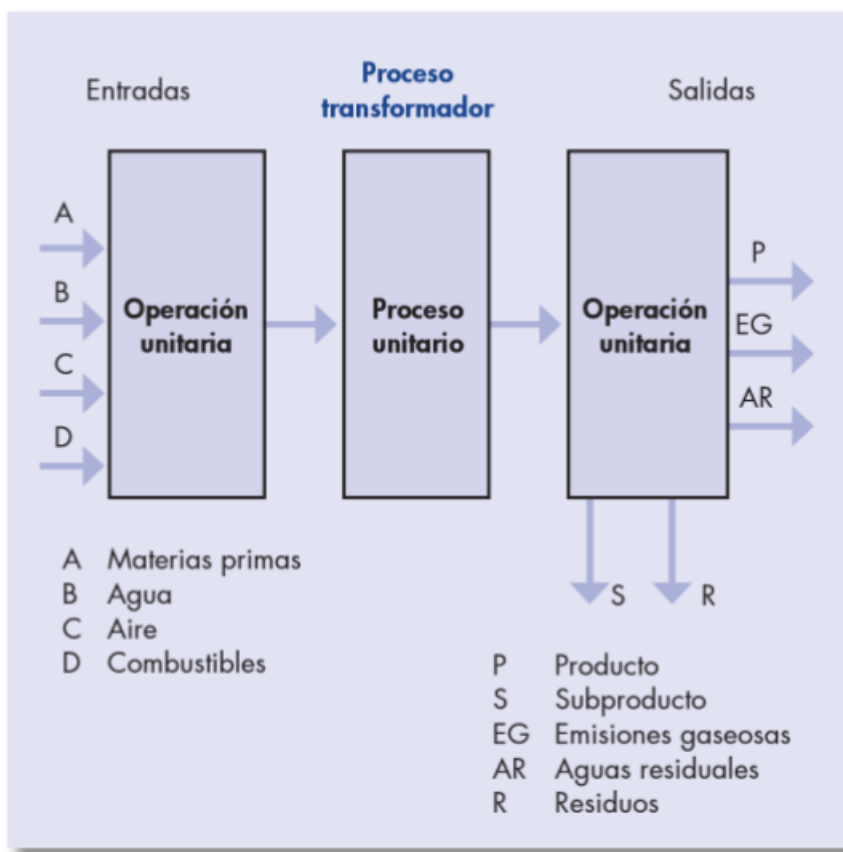
A su vez, la eficiencia se establece como la relación comparativa con un estándar de desempeño. (Fonseca, 2007)

### **2.1.3. PROCESOS**

Se determina que un proceso industrial son tareas accionadas en conjunto, con el fin de lograr una meta. Como menciona Jiménez (2003) “un proceso industrial sólo tiene estabilidad en el mercado (o perspectivas de comercialización) si su aspecto económico es favorable” (s. p.). Disponer de procesos ágiles permite que la empresa se desarrolle eficientemente, evitando reprocesos, productos no conformes y quejas en los clientes.

La Figura 6 expone la representación general de un proceso industrial. Como indica Baca (2014) “un proceso transformador posee entradas y salidas para alcanzar los objetivos de la empresa” (s. p.). Es vital para la organización incorporar materias primas adecuadas, para evitar malos procesos manufacturadores y salidas erróneas o defectuosas.

Figura 6 Representación general de un proceso industrial



Fuente: (Baca, 2014)

### 2.1.3.1 TIPOS DE PROCESOS

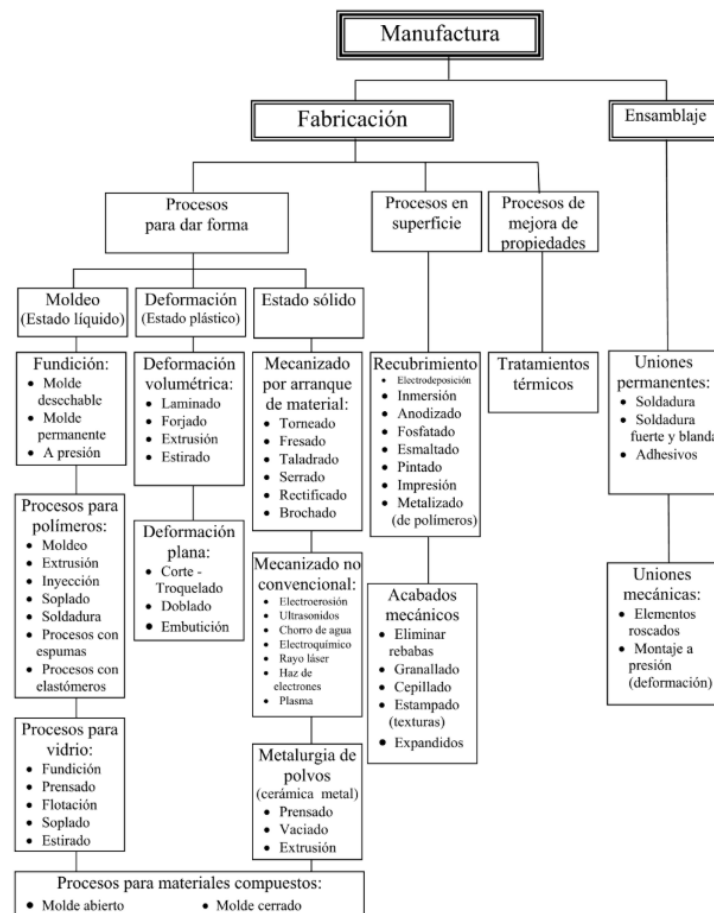
Teóricamente se definen distintos tipos de procesos, según ISO 9001: 2015, los cuales son los siguientes:

- Estratégicos: en estos se definen las metas y objetivos de la organización.
- Operacionales: en estos procesos es donde se genera o manufactura el producto/servicio. Se le da valor al cliente.
- De apoyo: son los que permiten el funcionamiento correcto de los procesos operativos.

En la Planta Industrial de Productos Recubiertos los procesos que se trabajan son operacionales, ya que estos se encuentran relacionados con la manufactura del producto terminado. Por lo tanto, estos dependen de la satisfacción y percepción hacia la imagen de la organización, representando un engranaje integral esencial.

En la Figura 7 se establece la clasificación de los procesos de manufactura, en donde se demuestra que el proceso de recubrimiento, del cual consta el tema de esta tesis, es parte de los procesos de fabricación en relación con su división de procesos en superficie.

*Figura 7 Clasificación de los procesos de manufactura*



*Fuente: (Rodríguez, 2006)*

#### **2.1.4. SERVICIOS**

Es un conjunto de procesos mediante los cuales se sitúa la satisfacción del cliente y el beneficio del vendedor (Denton, 1991). Los servicios son parte trascendental para el desarrollo de una organización y también de un país, en donde la percepción y el conocimiento del consumidor destacan estratégicamente como un papel muy valioso para toda empresa. La no satisfacción del cliente constituye implícitamente el no cumplimiento de su necesidad, por tanto, no se alcanzan los objetivos organizacionales y no se ejecuta una gestión eficiente en los procesos, para finalmente reflejarse en pérdidas económicas.

#### **2.1.5. PRODUCTIVIDAD**

Medida de la eficiencia de la empresa y se refiere al grado de aprovechamiento de los factores de producción; relaciona la cantidad de productos fabricados u otro indicador de rendimiento con el consumo de un único factor de producción durante un periodo de tiempo dado (Fernández, 2010).

Capacidad de la sociedad para utilizar en forma racional y óptima los recursos que se disponen: humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos, que intervienen en la generación de la producción para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades, educativas y culturales de sus integrantes (Escalante y González, 2015).

Para este proyecto, la productividad significa trabajo y procesos inteligentes, no más fuertes o de mayor tiempo.

### **2.1.6. CALIDAD EN LOS SERVICIOS**

La calidad en los servicios depende de la percepción del cliente en cómo le atiende el personal de la empresa, en cómo transforma sus solicitudes de necesidades en su necesidad satisfecha, generando cumplimiento de las metas organizaciones.

La calidad, el servicio y la calidad en el servicio se han convertido en los últimos años en la principal estrategia de diferenciación entre las organizaciones de clase mundial (Vargas y Aldana, 2007).

Como manifiestan Vargas y Aldana (2007), “la calidad y el servicio son dimensiones que están presentes de manera articulada para el beneficio y la satisfacción de las necesidades del hombre”.

### **2.1.7. SATISFACCIÓN DEL CLIENTE**

Resultado de agrado o desagrado que experimenta el cliente después de haber consumido un determinado producto o servicio entregar un producto o servicio (Vavra, 2002).

A su vez, Vavra (2002) declara que “el enfoque basado en conformidad considera que un producto es satisfactorio para el cliente si cumple con las especificaciones por las que fue elaborado; mientras que el enfoque basado en expectativa manifiesta que el producto es satisfactorio si cumple con las expectativas del cliente”.

### **2.1.8. INDICADORES DE GESTIÓN**

Medida utilizada para cuantificar la eficiencia o eficacia de una actividad o proceso (Heredia, 2000).

Es la expresión cuantitativa del desempeño de un proceso comparado con un nivel de referencia. Manifiesta Heredia (2000) que “un buen sistema de indicadores de gestión traduce la misión y las estrategias de la empresa”.

Un indicador posee las siguientes características: se debe poder identificar fácilmente (identificable), debe ser medible, se debe comprender claramente y funcionan principalmente en un conjunto o en un sistema de indicadores de gestión (Salgueiro, 2001).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

En esta sección se presentarán distintas definiciones, las cuales corresponden a las herramientas de la ingeniería Industrial aplicadas en este proyecto, en relación con su utilidad. Con estas herramientas, se facilitará el desarrollo del proyecto y se obtendrá el resultado esperado. A la vez, se definirán teóricamente, en pro del desarrollo sustentable del presente proyecto.

### **2.2.1. METODOLOGÍA DMAIC**

Basado en Oliveira 2018, bajo esta filosofía surge la metodología DMAIC, la cual se compone de cinco etapas. Se utiliza como metodología de mejora continua de un proceso o actividad, las etapas que se describen en esta metodología son las siguientes: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

Según manifiesta Sangüesa 2019, las etapas de la metodología DMAIC se refieren a lo siguiente:

1. **Definir:** Primera etapa orientada a la comprensión del problema y sus consecuencias económicas. Desarrollada en sesiones de grupos de trabajo.
2. **Medir:** Se aplica el procedimiento de recolección de datos para medir la importancia y gravedad del problema. Establece la medida del ciclo y la tendencia.
3. **Analizar:** Ante los resultados obtenidos, se lleva a cabo un análisis, utilizando herramientas analíticas y estadísticas, donde se llega hasta las causas primeras que han originado el problema.
4. **Implementar:** Identificación y propuesta de mejora para solucionar el problema. Puede desarrollarse en varias etapas.
5. **Controlar:** Es el seguimiento de las soluciones, en donde debe evaluarse todo el proceso etapa por etapa para garantizar el éxito de la propuesta de mejora.

### 2.2.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Menciona López (2016) “el diagrama de Ishikawa es también llamado Diagrama Causa-Efecto, es una técnica que permite la identificación y clasificación de ideas e información relativas a las causas de los problemas. Se van identificando las posibles causas que generan un problema. Las categorías que generalmente la componen son: materiales, personas, maquinas, procesos y entorno”.

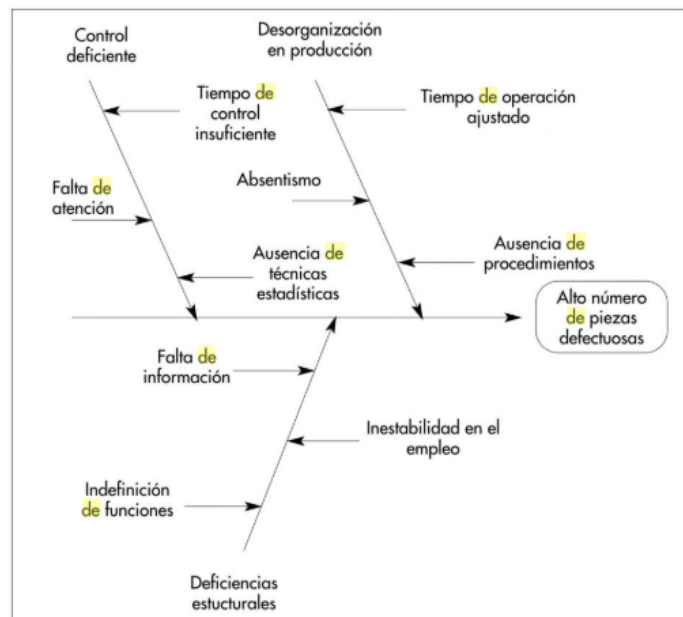
Un diagrama de Ishikawa se elabora de la siguiente manera:

1. “El proceso a esquematizar se representa por una flecha horizontal que apunta hacia la derecha y en donde el efecto a investigar se enmarca en un cuadro situado en la punta de la flecha principal.

2. Las flechas secundarias se unen con cuadros situados en paralelo a cierta distancia de la flecha principal, lo que se constituye como las causas principales.
3. Se anotan causas secundarias agrupadas alrededor de la causa principal, con la que relacionan. Las causas se dividirán y subdividirán para mostrar en detalle la interrelación.” (Sacristán, 2003)

Después de alcanzar los pasos anunciados anteriormente, la siguiente Figura 8 consta de un ejemplo de la herramienta del diagrama de Ishikawa.

*Figura 8 Ejemplo del Diagrama de Ishikawa*



*Fuente: (González, Técnicas de mejora de la calidad, 2013)*

### 2.2.3. DIAGRAMA DE PARETTO

“El diagrama de Pareto es un método de análisis que permite discriminar entre las causas más y menos importantes de un problema, una comparación ordenada de

factores relativos al problema. Es una herramienta valiosa para la asignación de prioridades” (López, 2016)

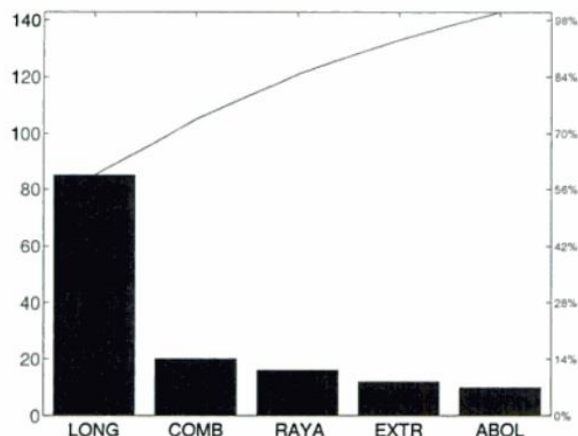
“Mediante el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia utilizando la aplicación del principio de Pareto que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. El 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos”. (Verdoy, 2006)

Las etapas para la construcción de un diagrama de Pareto son:

1. “Decidir cómo se van a clasificar los datos, estableciendo una lista de problemas o causas.
2. Utilizar una hoja de control para recoger datos durante un tiempo determinado.
3. Resumir los datos en una hoja de control, ordenándolos de mayor a menor y calculando porcentajes de frecuencia.
4. Anotar los datos en un gráfico, trazando las líneas verticales y horizontales a la escala apropiada al número de defectos, con valores decrecientes.
5. Construir un gráfico de columnas situando la columna más alta a la izquierda.
6. Anotar las sumas acumuladas mediante una sola línea, y la escala vertical del lado derecho se utilizará para el porcentaje acumulado. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
7. Analizar el diagrama localizando el punto de inflexión.” (Luceño, 2004)

Evidencia Verdoy (2006) que “la minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha”. Esto se demuestra en la Figura 9 a continuación:

*Figura 9 Ejemplo del Diagrama de Pareto*



*Fuente: (Luceño, Métodos estadísticos para medir, describir y controlar la variabilidad, 2004)*

La Figura 9 se destaca porque Luceño (2004) ejemplifica los tipos defectos de una pieza manufacturada en donde pueden ser “está rayada, tiene longitud inadecuada, está combada, tiene abolladuras o no tiene sus extremos paralelos”. Los defectos están ordenados de mayor a menor frecuencia, por tanto, se interpreta que más de la mitad de los defectos se deben a la longitud inadecuada de las piezas; es el tipo de defecto que conviene eliminar de primero.

#### **2.2.4. LOS 5 POR QUÉ**

El método de los 5 Por qué es fundamental para habituar a las personas a poner inteligencia en las máquinas y, de una forma más amplia en el sistema productivo. Con este método se obtienen dos objetivos: descubrir la causa raíz de un determinado problema con el fin de eliminarla totalmente y habituar a las personas a analizar y encontrar respuestas a las preguntas. (Galgano, 2004)

*Figura 10 Ejemplo del Método de los 5 Por Qué*

¿Por qué se ha detenido la máquina?	Porque se ha producido una sobrecarga y ha saltado el fusible.
¿Por qué se ha producido la sobrecarga?	El cojinete no estaba suficientemente lubricado y genera un esfuerzo superior al normal.
¿Por qué no estaba suficientemente lubricado?	La bomba de aceite no bombeaba lo suficiente.
¿Por qué no bombeaba lo suficiente?	Porque el rotor vibraba y hacía perder presión al sistema.
¿Por qué vibraba el rotor?	Por que uno de los bujes del eje tiene juego excesivo.

*Fuente: (Verdoy, Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones, 2006)*

### **2.2.5. DIAGRAMA DE FLUJO**

Un diagrama de flujos es una herramienta de modelado de procesos, el cual representa el flujo de datos a través de un sistema y los trabajos, procesos o actividades llevadas a cabo. (Fernández, 2006)

Según Krajewski (2000) “un diagrama de flujo describe el flujo de información, clientes, empleados, equipo o materiales, a través de un proceso. No existe un formato preciso, por lo cual es posible dibujar el diagrama simplemente con cuadros, líneas y flechas. Se utiliza flechas para indicar la dirección del movimiento o flujo”.

Los diagramas de flujo se catalogan como lógicos o físicos. Un diagrama de flujo de datos lógicos se enfoca en el negocio y en su funcionamiento, sin preocuparse de cómo construir el sistema; un diagrama de flujo de datos físicos muestra cómo se implementa el sistema. (Kendall,2005)

## 2.2.6. ANÁLISIS FODA

El análisis FODA es un instrumento de planificación estratégica que puede utilizarse para identificar y evaluar las fortalezas y debilidades de la organización (factores internos); también un análisis del entorno exterior: oportunidades y amenazas. (Boutrif,2000)

La Figura 11 muestra un ejemplo de cómo se compone el análisis FODA entre los factores internos y externos. Lo anterior se evidencia con lo siguiente:

*Figura 11 Ejemplo del Análisis FODA*

<b>Factores internos</b>	<p><b>Fortalezas</b></p> <p>Todo activo interno (por ejemplo, conocimientos técnicos, motivación, tecnología, finanzas, coordinación) que permite a la organización desempeñar con eficacia su mandato, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las amenazas</p>	<p><b>Debilidades</b></p> <p>Deficiencias internas (por ejemplo, falta de personal especializado, equipo insuficiente, procedimientos desfasados) que impiden a la organización desempeñar con eficacia su mandato y atender las demandas de los clientes</p>
<b>Factores externos</b>	<p><b>Oportunidades</b></p> <p>Toda circunstancia o tendencia externa (por ejemplo, adhesión a agrupaciones comerciales de alcance regional o mundial, mayor sensibilidad o atención de los consumidores a la inocuidad de los alimentos) que podría repercutir positivamente en la función y operaciones de la organización</p>	<p><b>Amenazas</b></p> <p>Toda circunstancia o tendencia externa (por ejemplo, crisis económicas o políticas, enfermedades transfronterizas transmitidas por los alimentos, etc.) que pudiera repercutir negativamente en la función y operaciones de la organización</p>

*Fuente: (Boutrif, Fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos, 2007)*

“El análisis FODA permite que la organización evalúe su misión y sus objetivos, tiene como fin encontrar un nicho estratégico que se pueda explotar.” (Robbins, 2002)

El análisis FODA se constituye como una herramienta eficaz para el análisis de los datos, como un marco de referencia que proporciona orientación y cataliza el

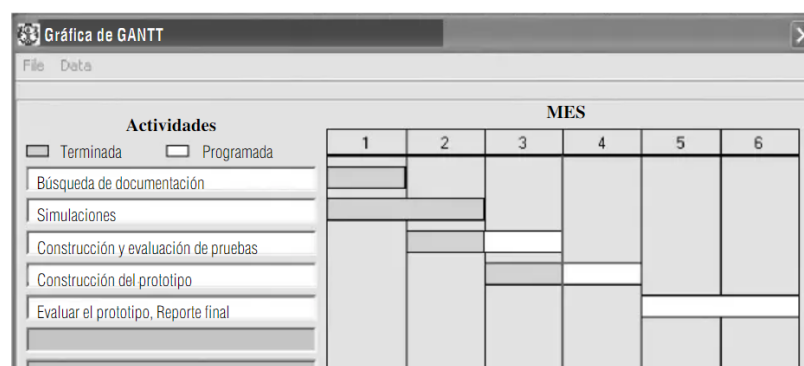
desarrollo de los planes de la organización. También, satisface el rol de una empresa de acuerdo con lo que puede y no puede hacer y con las condiciones a favor y en su contra. No sólo organiza datos, sino que descubre las ventajas competitivas de la misma. (Ferrell, 2012)

### 2.2.7. DIAGRAMA DE GANTT

El diagrama de Gantt procura resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución de acuerdo con un calendario; se visualiza: el periodo de duración, fecha de iniciación, fecha de terminación, grado de avance o porcentaje ejecutado de la actividad y el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. (Tabuyo, 2008)

En su libro de texto, indica Tabuyo (2008) que “los gráficos de Gantt se convierten en piezas importantes y muy eficaces sobre todo en etapas iniciales de la planificación; representa un instrumento de bajo coste y de extrema simplicidad en su utilización”.

*Figura 12 Ejemplo de Diagrama de Gantt*



*Fuente: (Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, 2009)*

### **2.2.8. ENTREVISTAS**

La Real Academia Española identifica a la entrevista como una conferencia en grupo de personas, en donde se trata un problema determinado, se resuelve un negocio, entre otros. Se utilizan para el contraste de informaciones.

Primeramente, se define el planteamiento del proceso para conocerlo, posteriormente se comprende el sistema para obtener resultados o potenciales soluciones. Su programación y estructura son vitales para asegurar y validar la eficiencia de dicha herramienta.

### **2.2.9. LLUVIA DE IDEAS**

Anuncia S.L. (2000) que la lluvia de ideas “es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Se utiliza cuando hay necesidad de liberar la creatividad de los equipos, para generar un numero extenso de ideas, para involucrar a todos en el proceso e identificar oportunidades de mejora”. La misma se emplea como un flujo libre, el cual es fácil de registrar, verificar, establecer e implementar.

### **2.2.10. MULTIVOTO**

Indica S.L. que “la multi votación es una técnica en grupo para reducir una larga lista de elementos a unos pocos manejables, los cuales generalmente son de tres a cinco. Deberá utilizarse al final de un Diagrama de Causa y Efecto para seleccionar las primeras 3 o 5 causas a ser investigadas”.

Se procede de la siguiente manera:

1. “Revisar la lista; combinar los elementos similares, si es posible. Luego, asignar una letra a los elementos restantes.

2. Dar a cada miembro del equipo un número de votos igual al 20% del número de elementos en la lista. Se pueden suministrar "Puntos" adhesivos a los participantes para pegar en el rotafolio al lado de los elementos que selecciones. Los miembros del equipo determinan cómo distribuir sus votos: uno por elemento un número igual de votos a varios elementos; todos los otros a un elemento y sucesivamente.
  3. Encerrar en un círculo los elementos que reciban el mayor número de votos.
  4. Si todavía quedan más elementos de los deseados, se puede realizar una segunda ronda de votación. Utilizar únicamente los elementos señalados; técnica similar (20%) a la anterior.
  5. Repetir los pasos 3 y 4 hasta que la lista se reduzca de tres a cinco elementos.”
- (Calidad S. L., 2000)

### **2.2.11. KPI**

La definición de KPI lo constituye como “un acrónimo, cuyas siglas en inglés representan “Key Performance Indicator”, del cual dichos indicadores claves, se establecen para medir el nivel de cumplimiento que posee distintos puntos de rendimiento necesarios para cumplir con un objetivo en específico; también llamados indicadores de gestión”.

A la vez, se parte del concepto de ingeniería el cual detalla que “lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar no se puede mejorar”.

Las características de los KPI son las siguientes:

- **Medible:** Por tratarse de una métrica, su principal característica corresponde a que son medibles en la unidad definida según sea el caso.
- **Cuantificable:** Si el indicador es medible, por ende, puede cuantificarse.
- **Específico:** El KPI debe medir específicamente un único aspecto a analizar y controlar.
- **Temporal:** El tiempo tiene que ser la referencia de medición, el KPI debe medirse con él.
- **Relevante:** Definirse como un factor relevante o destacable, según lo planteado. Con ello se evita analizar una métrica desviada o errónea.”  
(Espinoza, 2016)

### 2.2.12. ROI

Pulliam Philips & Philips (2006) establece que “El ROI es la medida de responsabilidad que responde a la siguiente pregunta: ¿se produce una rentabilidad financiera por invertir en un programa, proceso, iniciativa o solución de mejora de rendimiento? Es un indicador económico, lo significa que tiene que ver con matemáticas”.

A la vez, Pulliam Philips & Philips (2006) determina que “La información sobre el ROI para el aprendizaje y rendimiento en el puesto de trabajo se incluye en el contexto de cinco niveles de evaluación. Estos niveles representan categorías de datos”.

*Figura 13 Ejemplo de Fórmula del ROI*

$$ROI \% = \frac{\text{Beneficios netos de programa}}{\text{Costeo del programa}} \times 100$$

*Fuente: (Pulliam Philips, Fundamentos del ROI, 2006).*

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

Para establecer la problemática que afecta el costo del proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas, se aplican mecanismos de control interno y por ende la sección de recubrimiento desempeña un papel fundamental; en donde se determinó cómo el problema impacta e influye sobre los costos de la planta industrial en términos de eficiencia y eficacia del área de Producción de Productos Recubiertos.

Se implementaron, a mediano plazo, distintas metodologías para cuantificar los porcentajes de recubrimiento que tenían las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor por 914mm de ancho y el producto final galvanizado recubierto, durante el periodo del 1 de enero al 30 de abril del 2020 para ser analizados y utilizarlos como línea base, en pro de la propuesta de mejora.

Posteriormente, a largo plazo se realizarán recomendaciones, con lo cual la solución propuesta se pueda realizar en pro de la reducción del costo de sobre aplicación y la mejorar de la eficiencia del proceso para la planta industrial.

La metodología DMAIC se destaca como una herramienta en relación con la filosofía de trabajo Seis Sigma, en donde es vital para los procesos cumplir con los requerimientos, expectativas y necesidades del cliente. Dicha acción implica a la vez un ahorro de los costos, gracias a la reducción de fallas y tiempos en el sistema aplicado, trabajando con eficiencia y eficacia. Finalmente, se alcanzan los objetivos organizacionales con un óptimo uso de los recursos.

Para las empresas representa una mejor inversión de esfuerzo, recursos humano y económico, el verificar su sistema o procesos y aplicar mejoras. Fomentar un balance idóneo entre productividad, eficiencia en producción y ahorro de costos, son tres pilares vitales para las finanzas de la organización.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS**

### **SEMEJANTES**

De acuerdo con la búsqueda de la optimización de costos generados por un proceso productivo, se lograron analizar los resultados obtenidos de varios proyectos de propuesta de mejora realizados en distintas empresas en Costa Rica.

Se realizó una investigación pertinente en la empresa Metalco donde se desarrolló el proyecto, en la cual no se encontró proyecto alguno realizado en la misma, que se refiere al costo de aplicación de zinc en bobinas galvanizadas, ni a ninguna industria metalúrgica con el contexto anteriormente mencionado, por lo cual se opta por recurrir al análisis de varias tesis que evalúan temáticas similares en relación con propuestas de mejora de procesos, que impactan económicamente sus áreas.

Se toma por ejemplo la tesis de la señora (Córdoba Pérez Diana, 2019) cuya finalidad es proponer una mejora en el proceso de ensamble de la ceja en el Departamento de Armando de Bridgestone de Costa Rica, mediante un diseño experimental en relación con la metodología Six Sigma. Con ello se analiza el nivel del scrap y retrabajo, para implementar las opciones más viables y analizar el impacto de las soluciones propuestas.

También se toma en cuenta la tesis del señor (Murillo Fernández Arturo, 2015) en donde mediante la metodología Kaizen de mejora continua, las 5S's e Ishikawa, analiza el mejoramiento de la productividad para el proceso de aros en las Máquinas BPM en la empresa Bridgestone de Costa Rica.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En primera instancia, mediante la Fase “Definir” de la metodología DMAIC, se establecieron los requerimientos de la empresa en relación con la satisfacción del cliente, la productividad de la planta y el dinero invertido en el proceso de aplicación de zinc. La Tabla 3 establece la metodología seguida para la definición del problema, en donde se realizó una entrevista con el Gerente de la Planta de Productos Recubiertos, quién señaló que el departamento actualmente no cuenta con una propuesta de mejora bien estructurada ni integral para reducir el costo de sobre aplicación. Esta situación le preocupa, ya que este departamento es el responsable de manufacturar las bobinas de acero (materia prima de Metalco) para transformarlas en bobinas galvanizadas, por lo que no contar con los recursos y acciones necesarias, afecta, aumenta la variabilidad y falta de control en el costo de sobre aplicación, por ende, en las finanzas de la empresa.

*Tabla 3 Metodología para la definición del problema*

ETAPA	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESULTADO
Definir	Definir el problema del proyecto.	Entrevista con el Gerente de la Planta de Productos Recubiertos.	Empresa no cuenta con propuesta integral de reducción del costo de sobre aplicación.
		Entrevistas con la jefatura de Producción, don Gustavo Ortiz.	Identificación de la problemática del proceso.
		Análisis FODA.	Identificar y validar las necesidades de la empresa.
		5 Por qué.	

Fuente: Elaboración Propia

Consiguientemente, se realizaron entrevistas con la jefatura de Producción, don Gustavo Ortiz, donde explicó la problemática final en el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas; e igualmente, se entrevistó al encargado del Laboratorio de Calidad, para conocer detalles del proceso de pruebas que se aplican a las bobinas, como método de determinar lo conforme o no conforme en relación con el recubrimiento de zinc.

Luego, se realizó un diagnostico FODA de la situación actual del Depto. Producción mediante la observación directa, determinando fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que está desarrollando con el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas.

También, se incluirá un análisis de 5 Por qué, para los hallazgos establecidos en la sobre aplicación, y así obtener una línea base más sólida en relación con los puntos de la problemática a mejorar.

Para definir el impacto económico de los proyectos, se analizó la información de datos históricos mediante el uso de cuadros gráficos, tablas de información y figuras que permiten la idónea interpretación de la mejora proyectada en la sobre aplicación de zinc en el periodo comprendido del 1 enero al 30 abril 2020.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO**

En la etapa de medición de este proyecto de graduación, con base en la Metodología DMAIC, se establece que los datos cuantitativos expuestos se extraen de la información del Sistema ERP SAP, en el cual se refleja el nivel del costo de la sobre aplicación de zinc (determinada en porcentaje, toneladas y costo de sobre aplicación), en función del recubrimiento real, recubrimiento teórico y las toneladas producidas durante el primer cuatrimestre del presente año. Con dichos datos obtenidos se procedió a tabular la información, en donde para su debido análisis se incluirán los gráficos.

Lo que se quiere analizar, y por ende medir, es cuánto producto se manufactura con un mayor porcentaje de recubrimiento de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor, en donde se utilizaría el primer cuatrimestre del 2020, con el fin de conocer el costo de sobre aplicación en este producto durante ese periodo de tiempo. Con el propósito de conocer y medir el impacto que genera la sobre aplicación encontrada, se procedió a elaborar una tabla dinámica, en la que se refleja el periodo de tiempo (mes, año), las toneladas producidas, el recubrimiento teórico, el recubrimiento real y la suma final de la sobre aplicación expresada tanto en dólares, como en porcentaje y en toneladas.

También, en esta etapa de medición, una de las herramientas que se utilizó fue el Multivoto, en donde se clasificaron las causas de acuerdo con su impacto respectivo. En cada uno de los colaboradores del departamento seleccionado para este Proyecto

de Graduación, se utilizó el Multivoto, con lo cual se obtienen las causas más importantes de la problemática a solventar. Se realizó una sesión de trabajo dónde se realizó la votación, con la participación de los señores Gustavo Ortiz, Dennis Solórzano y Edwin Garita, de los Departamentos de Producción y el Laboratorio de Calidad.

Finalmente, se utilizó la herramienta del Diagrama de Pareto, en donde se clasifican las causas de acuerdo con la frecuencia en relación con la problemática de la sobre aplicación de zinc. Asociando cada efecto con su causa determinante, se relacionó e interpretó el análisis en cada caso particular causante.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO**

El proyecto se conformó bajo la metodología DMAIC, la cual se consideró es la que mejor se adapta, ya que su enfoque se pudo orientar más fácilmente al proceso de la sobre aplicación de zinc. Con DMAIC se logró desde definir la problemática, medición del proceso, análisis de los datos arrojados en la medición para conocer la situación actual, proponer la mejora, así como su implementación y control.

El Departamento de Producción de la planta de Productos Recubiertos de Metalco es un departamento que, en la actualidad, se guía por la experiencia de sus colaboradores. Por lo tanto, la metodología DMAIC, mediante un análisis de la información e interpretación de datos, se desarrolló la propuesta de mejora dirigida a las causas más significativas, las cuales fueron identificadas en la etapa de definición e identificadas como las más significativas de acuerdo con el análisis de Pareto y Multivoto, contrastando ambas herramientas para encontrar puntos críticos en común.

El análisis de la información que fue recolectada fue transcendental para el correcto desarrollo del plan de mejora del proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas de 0.32mm de espesor, con el que se emplearon distintas herramientas, en el cual su análisis permite el aumento de la eficiencia y eficacia, a la vez, la reducción del costo en cuestión.

La propuesta de mejora para este proyecto de graduación manifestó la ejecución de la filosofía Six Sigma, mediante un análisis estadístico para aplicarlo con herramientas en relación con la metodología DMAIC; en donde se utiliza un indicador para establecer la desviación estándar, promedio, límite máximo y límite mínimo; con ello se determinará una línea base para comparar los datos actuales y lograr definir finalmente la propuesta de mejora. En síntesis, como parte del Six Sigma, se aplicarán los límites de control basados en la desviación estándar.

*Tabla 4 Metodología para la propuesta de mejora*

ETAPA	ACTIVIDADES	HERRAMIENTA	RESULTADOS
Análisis	Análisis de las principales causas y efectos encontradas.	Análisis del comportamiento de los datos. Gráfico de Pareto. Uso del Multivoto. Gráfico Causa- Efecto.	Identificación de los principales efectos y de las Causas Raíz.
	Análisis y aplicación de los límites de control de acuerdo con datos del recubrimiento de zinc.	Límites de Control, Desviación Estándar de Six Sigma.	Definir las metas de límites para optimizar la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas.
Diseño	Diseño de un dashboard para el control interno de la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor.	Administración Por Objetivos.	Optimizar los recursos del Departamento de Producción. Disminuir la cantidad de sobre aplicación de zinc.  Elaboración de mecanismos para ejecutar acciones por incumplimiento en reducción de la sobre aplicación de zinc.

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Esta etapa es caracterizada por definir los recursos que son necesarios para que la puesta en marcha del plan de mejora sea efectiva y correcta, con lo cual se utiliza la herramienta Gráfica de Gantt; esta logra definir las actividades a realizarse, su duración en el tiempo y los responsables de cada actividad.

De la misma forma, se utilizó esta herramienta para el debido desarrollo del seguimiento de la puesta en marcha, en donde se abarcan los puntos según sea su implementación. Se realiza la implementación de las mejoras planteadas para la búsqueda de la reducción de la sobre aplicación de zinc.

Finalmente, mediante la realización de una reunión con el encargado y la gerencia del proceso, se le presentó el diagnóstico y, a la vez, se aprovechó para mostrar la propuesta de solución.

### 3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

Se definieron indicadores, los cuales identifican las desviaciones con las que posteriormente se pueden tomar decisiones y cumplir los objetivos de la empresa, para el aseguramiento, control y seguimiento de los resultados.

Para monitorear la continuación de la mejora se estableció y fundamentó un Plan, cuyo eje central se dinamiza en la revisión constante, procurando obtener una mejora continua y una efectividad notable, para finalmente alcanzar el resultado que este Proyecto de Graduación amerita.

Finalmente, el estudio requiere establecer oportunamente una metodología eficiente cuyo control brinde la mejora continua en el proceso de sobre aplicación de zinc, y se verifique el funcionamiento.

Por tanto, la Tabla 5 indica las herramientas necesarias de la metodología para la verificación.

*Tabla 5 Metodología para la verificación*

ETAPA	ACTIVIDADES	HERRAMIENTA	RESULTADOS
Control	Evaluación de satisfacción de la Alta Dirección de Metalco.	Cuestionarios de Satisfacción.	Brindar un servicio de sobre aplicación con altos niveles de satisfacción de los altos directivos de la empresa.
	Evaluación de los resultados con el uso del nuevo dashboard.	Evaluación de cumplimiento mediante los KPI's.	Aumento de la efectividad de la reducción del costo de sobre aplicación de zinc.

Fuente: Elaboración Propia

### **SECCIÓN 3.5.1 REVISIÓN SEMANAL DE LOS INDICADORES**

Semanalmente los KPI's serán evaluados por parte de la Jefatura del Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos, con lo que se brinda el seguimiento detallado.

### **SECCIÓN 3.5.2 OBSERVACIÓN DIRECTA SOBRE EL AVANCE DE LA REDUCCIÓN DEL COSTO DE SOBRE APLICACIÓN**

Trabajo con el sistema informática integral de funciones y gestiones que la empresa Metalco posee, el cual se denomina Sistema SA, en observación sobre la evaluación y retroalimentación pertinente sobre el avance de la reducción del costo de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas.

### **SECCIÓN 3.5.3 REUNIONES MENSUALES CON LA GERENCIA DE PRODUCCIÓN SOBRE LOS AVANCES EN LA REDUCCIÓN DEL COSTO DE SOBRE APLICACIÓN**

Mediante reuniones mensuales con la Gerencia de Producción de la Planta de Productos Recubiertos, según los resultados obtenidos, se evalúa el avance de la reducción del costo de sobre aplicación de zinc en comparativa con el tiempo. Se toman las decisiones en pro de la empresa en temas de finanzas, calidad y satisfacción del cliente.

## **CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

En este capítulo, se desarrollará la situación actual del proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho, con el fin de obtener un análisis general, con el que se pueda ejecutar una correcta interpretación de la información recolectada.

Con base en dicho diagnóstico y la información recopilada, se generará la propuesta integral de mejora, descritas en el capítulo posterior.

## **SECCIÓN 4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL**

El Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos de Metalco, recibió un proceso de aviso corporativo por parte de ACESCO, en relación con la gestión del costo generado en el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho, como producto principal en venta de la empresa. Este aviso fortalece la intención de la gerencia de realizar acciones concretas que intensifiquen la reducción del costo de sobre aplicación.

Dicho aviso presentaba como objetivo, analizar la gestión del costo de sobre aplicación mencionado, para cumplir con la normativa que la Corporación ACESCO, la cual supervisa las acciones de Metalco ante los accionistas de toda la corporación; manifiesta. Como resultado se destaca la falta de control idóneo para reducir este costo, basados en la evidencia objetiva encontrada tras el análisis de los datos revisados mediante el Sistema SAP.

Los datos suministrados son los permitidos por la empresa, ya que, por tratarse de datos internamente confidenciales, los mismos se rigen bajo normativas estrictas; y se clarifican a continuación:

*Figura 14 Análisis del Proceso Actual durante agosto a diciembre de 2019*

**Planta de Productos Recubiertos de Metalco**  
**Incumplimiento en reducción del costo de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Suma de Sobreaplicación (%)</b>	<b>Suma de Costo Sobreaplicado (\$)</b>
2019	Agosto	1.11	11,452.17
	Setiembre	1.08	2,542.10
	Octubre	1.15	7,561.45
	Noviembre	1.06	1,140.95
	Diciembre	1.04	850.65

Fuente: Metalco

Para dar solución a los puntos reflejados, se dio inicio al presente proyecto de graduación, el cual va en conjunto con los esfuerzos previamente desarrollados propiamente por colaboradores de Metalco.

Estos avances fueron tomados en cuenta con el uso de entrevistas con diferentes funcionarios, con el fin de sintetizar dicha información y finalmente mapear la situación actual. Las entrevistas serán detalladas a continuación.

#### **SECCIÓN 4.1.1 ENTREVISTAS**

Primeramente, la gestión de las entrevistas se dio con el Sr. Miguel Guillén Monroy, Gerente de la Planta de Productos Recubiertos, sitio en donde se sobre aplica el zinc en las bobinas galvanizadas. El Sr. Guillén detalla inicialmente los datos del aviso corporativo, y a la vez, analiza y expresa su propósito de mejorar el sistema de control interno con el proceso de sobre aplicación de zinc en el producto estrella de Metalco:

las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho, con lo cual se inicia esta investigación.

Posteriormente, la siguiente entrevista fue en búsqueda de la objetividad técnica de la parte de calidad en este asunto. Por tanto, el Sr. Edwin Garita, encargado del Departamento de Calidad de Metalco, hace énfasis en la importancia de brindar seguimiento a este proceso, y explicó la problemática desde el punto de vista de la calidad del producto final (bobina galvanizada), en donde también señaló la prueba en tres puntos distintos que realizan a este producto para verificación de parámetros establecidos. La lista de puntos en prueba será mencionada en este capítulo posteriormente.

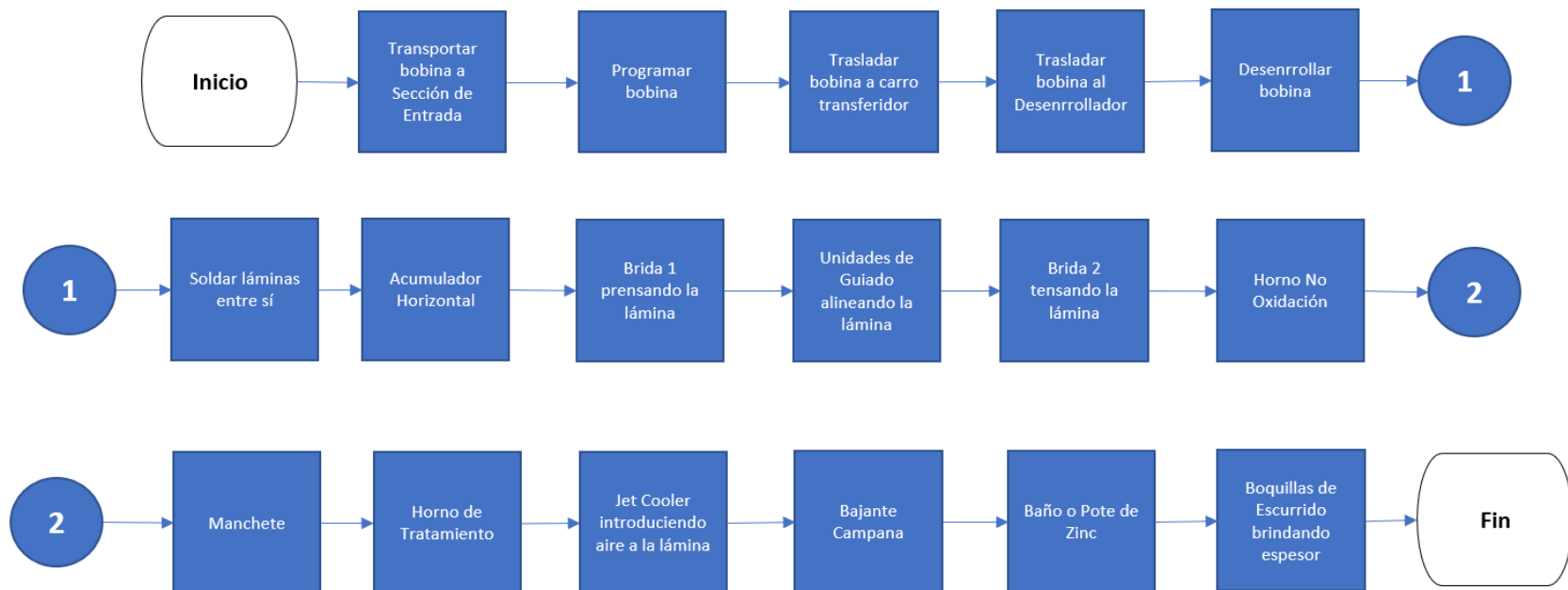
Después de la parte gerencial y la de calidad, se entrevistó a la Jefatura del Depto. Producción, al Sr. Gustavo Ortiz, el cual ha sido contratado desde mediados del año anterior 2019 para solventar problemáticas que la Corporación ACESCO ha señalado. Él se desempeña como el principal gestor de las acciones en cambio del proceso actual de sobre aplicación de zinc. Facilitando lo desarrollado, estas acciones serán desarrolladas en este capítulo.

Finalmente, como parte de la comprobación de datos financieros, el Sr. Luis Humberto Chacón, Jefatura del Departamento de Contabilidad de Metalco, colaboró con la comprobación del tema de esta investigación. Brindó datos que verificar la importancia financiera para evitar pérdidas mensuales en cantidades de miles de dólares y aprovechar de una mejor manera los recursos de la empresa, sin desperdiciar dinero en este proceso.

### SECCIÓN 4.1.2 PROCESO DE SOBRE APLICACIÓN DE ZINC

El siguiente proceso fue adoptado tras las disposiciones obtenidas por el aviso corporativo que se realizó; se presenta a continuación un Diagrama de Flujo en la Figura 15.

*Figura 15 Diagrama del Proceso Actual de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm ancho*



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detallan cada una de las actividades desarrolladas en el proceso:

- Transportar la bobina desde Puerto Caldera hasta la Sección de Entrada de la Planta de Productos Recubiertos. Procesado de calibres desde los 0.16mm hasta los 2mm.
- Planificar, según el Programa de Producción, la bobina indicada para trabajar, con base en pronósticos de ventas de los clientes.
- Movilizar la bobina mediante la grúa transportadora desde la Sección de Entrada hasta los carros transferidores.
- Trasladar la bobina desde el carro transferidor hasta el Desenrollador, en donde inicia el proceso formal hacia la galvanización.
- Desenrollo de la bobina en donde se cortan unas puntas y se toman muestras para el Departamento de Calidad, como la Evaluación de Materia Prima en ingreso a proceso. En este punto la bobina desenrollada se le llama lámina.
- Soldar la cola de la lámina con la punta de la lámina siguiente en proceso, para lo cual se tienen dos desbobinadores, lo que evita detener el proceso.
- Sección de Acumulador Horizontal. Divide la Sección Inicial con el resto del proceso, continúa su acción en movimiento, mientras que la Sección Inicial permanece detenida. Mientras se está soldando, el acumulador horizontal abastece al proceso. La soldada oscila entre 30 segundos a 1 minuto, el cual depende de inducción de la soldadora y el calibre que se trabaje. Entre más grueso el calibre, la inducción de la soldadora procesa más lentamente.
- Brida 1: posee el Rodillo Pisón el cual prensa y sostiene la lámina.

- Unidades de Guiado: ayudan a la lámina a que no se desplace hacia el lado motor o el lado operador, evitando que cause problemas. Depende de las condiciones en las que proviene la bobina y el desalineamiento del rodillo.
- Brida 2: proporciona tensión a la lámina, para evitar el efecto que existe entre Brida 1 y Brida 2.
- Horno No Oxidación: la lámina pasa de estar fría a estar caliente, en donde mediante un ambiente puro, seco, sin humedad, se eliminan las impurezas de la lámina (óxido o aceites que vienen con la materia prima para protegerla de condiciones externas). Posee ocho quemadores los cuales funcionan mediante Gas LPG.
- Cenicero Pequeño (Manchete): transición entre el Horno de No Oxidación y el Horno de Mantenimiento que viene posteriormente.
- Horno de Mantenimiento: mediante resistencias mantiene la lámina a una temperatura tal que no se produzca un choque térmico violento. Permanece a temperatura idónea previo al ingreso del Baño de Zinc (Pote de Zinc).
- Jet Cooler: es la zona principal antes del Pote de Zinc, en donde, mediante motor e intercambiadores de calor, se le introduce aire a la lámina para terminar de brindarle la temperatura ideal.
- Bajante Campana: cubre la lámina; debe estar en condiciones de cero humedad para evitar problemas al recubrimiento.
- Baño de Zinc: la lámina se sumerge; posee un Rodillo de Fondo (ayuda a que la lámina tras ingresar al baño vuelva a subir) y un Rodillo de Estabilizado (proporciona línea a la banda a la hora de salir del baño).

- Boquillas de Ecurrido/Soplado: brindan el espesor de zinc a la bobina de hierro negro. Dichas boquillas funcionan con un ventilador, en donde dependiendo de los decapascuales (unidad de medida de presión) que posea, así será la adherencia o la capa de zinc en la lámina. Con poca presión: la lámina al salir va a quitarle menos liquido o zinc derretido con más presión se le remueve más zinc, por tanto, habrá menos capa de zinc.

### **SECCIÓN 4.1.3 ANÁLISIS DEL VALOR AGREGADO**




Después de mapear al proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas que desempeña el Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos, de igual manera, se realizó un mapeo en función del tiempo que toma cada una de estas actividades para saber cuáles actividades del proceso agregan valor al asignarles su tiempo. En función del Diagrama de Proceso, se establece el análisis presente en la Figura 14, donde:

- Transporte de bobina de Puerto Caldera a Sección de Entrada.
- Programación de bobina en Plan Maestro de Producción.
- Trasladar bobina de Sección de Entrada a carros transferidores.
- Trasladar bobina al Desenrollador.
- Desenrollar bobina.
- Soldar láminas entre sí.
- Acumulador Horizontal.
- Brida 1 prensando la lámina.
- Unidades de Guiado alineando la lámina.

- Brida 2 tensando la lámina y su movimiento.
- Horno No Oxidación.
- Manchete.
- Horno Tratamiento.
- Jet Cooler introduciendo aire a la lámina.
- Bajante Campana.
- Baño de Zinc.
- Boquillas de Escurrido brindando el espesor de zinc a la bobina.

Por ende, se realizó un Recorrido Gemba, en el cual se elaboró una toma de tiempos con el personal de Mantenimiento Industrial de la Línea de Producción durante 3 visitas realizadas a planta, en donde se tomaron los tiempos determinados en la Tabla 6; por ende, el proceso tiene un tiempo total de 89.30 minutos para completar satisfactoriamente el proceso en estudio. Adicionalmente, se brinda una tabla que resume todo lo anteriormente mencionado como ayuda visual para interpretar datos.

*Tabla 6 Análisis del Valor Agregado*

NÚMERO	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TIEMPO (MINUTOS)
		<b>INICIO</b>	
1		Transporte de bobina de Puerto Caldera a Sección de Entrada	20.00
2		Programación de bobina en Plan Maestro de Producción	10.00
3		Trasladar bobina de Sección de Entrada a carros transferidores	2.00

NÚMERO	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TIEMPO (MINUTOS)
4		Trasladar bobina al Desenrollador	1.00
5		Desenrollar bobina	50.00
6		Soldar láminas entre sí	2.00
7		Acumulador Horizontal	2.00
8		Brida 1 prensando la lámina	0.10
9		Unidades de Guiado alineando la lámina	0.10
10		Brida 2 tensando la lámina y su movimiento	0.10
11		Horno No Oxidación	0.50
12		Manchete	0.10
13		Horno Tratamiento	0.70
14		Jet Cooler introduciendo aire a la lámina	0.30
15		Bajante Campana	0.10
16		Baño de Zinc	0.20
17		Boquillas de Escurrido brindando el espesor de zinc a la bobina	0.10
		<b>FIN</b>	
		<b>TOTAL</b>	<b>89.30</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, se presenta la representación estadística del proceso bajo estas condiciones:

*Tabla 7 Matriz Análisis del Valor Agregado "Situación Actual"*

¿ACTIVIDAD AGREGA VALOR?			
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES	TOTAL	SÍ	NO
ACTIVIDADES	17	13	4
TIEMPO DE ACTIVIDADES (MINUTOS)	89.30	66.20	23.10
TIEMPO DE ACTIVIDADES (%)	100.00%	74.13%	25.87%
<b>INDICE DE VALOR AGREGADO</b>		<b>74.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

El total de las actividades corresponde a un 100% del total, la Opción "Sí" corresponde a un 74.13% del total ya que se establece con 66.20 minutos de los 89.30 minutos totales. Esto resulta de multiplicar 66.20 minutos por 100 y dividir su resultado entre 89.30 minutos totales. Posteriormente, la diferencia entre 89.30 minutos menos los 66.20 minutos de la Opción "Sí", corresponden a los minutos de la Opción "No", equivalente a un 25.87%.

Finalmente, el Análisis de Valor Agregado, no es un proceso efectivo ya que se encuentra por debajo del 75%, en el cual las actividades que no agregan valor son las identificadas con los números 1, 3, 4 y 12, las cuales son: "Transporte de bobina de Puerto Caldera a Sección de Entrada", "Trasladar bobina de Sección de Entrada

a carros transferidores”, “Trasladar bobina al Desenrollador” y “Manchete”. Se destaca que las actividades anteriormente mencionadas pueden ser consumidas o resumidas por otra tarea, esto con la finalidad de reducir tiempos.

#### SECCIÓN 4.1.4 ANÁLISIS FODA

El Análisis FODA del Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos de Metalco se destaca a continuación, el cual se realizó junto con el ingeniero Gustavo Ortiz, Jefe de Producción, en donde se detallan las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (manifestando la vista interna y externa) que pertenecen a dicho departamento.

*Figura 16 Análisis FODA Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos*

		<b>DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE PLANTA DE PRODUCTOS RECUBIERTOS</b>
<b>Análisis FODA:</b>		
<b>Análisis Interno</b>	<b>Fortalezas (F)</b> F1. Entrega rápidas y oportunas F2. Reconocimiento de marca F3. Recurso Humano comprometido F4. Amplia experiencia	<b>Debilidades (D)</b> D1. Mala Gestión del Conocimiento D2. Alto costo de mantenimiento D3 Dependencia costo del zinc D4. Poco control sobre aplicación
<b>Análisis Externo</b>	<b>Oportunidades (O)</b> O1. Recurso Humano especializado O2. Capacitaciones O3. Controles de Calidad O4. Compra de espectómetro	<b>Amenazas (A)</b> A1. Clientes prefieren pintar las láminas A2. Ingreso del mercado asiático a C.R. A3. Área Bodega Materia Prima insuficiente A4. Competencia controla sobre aplicación

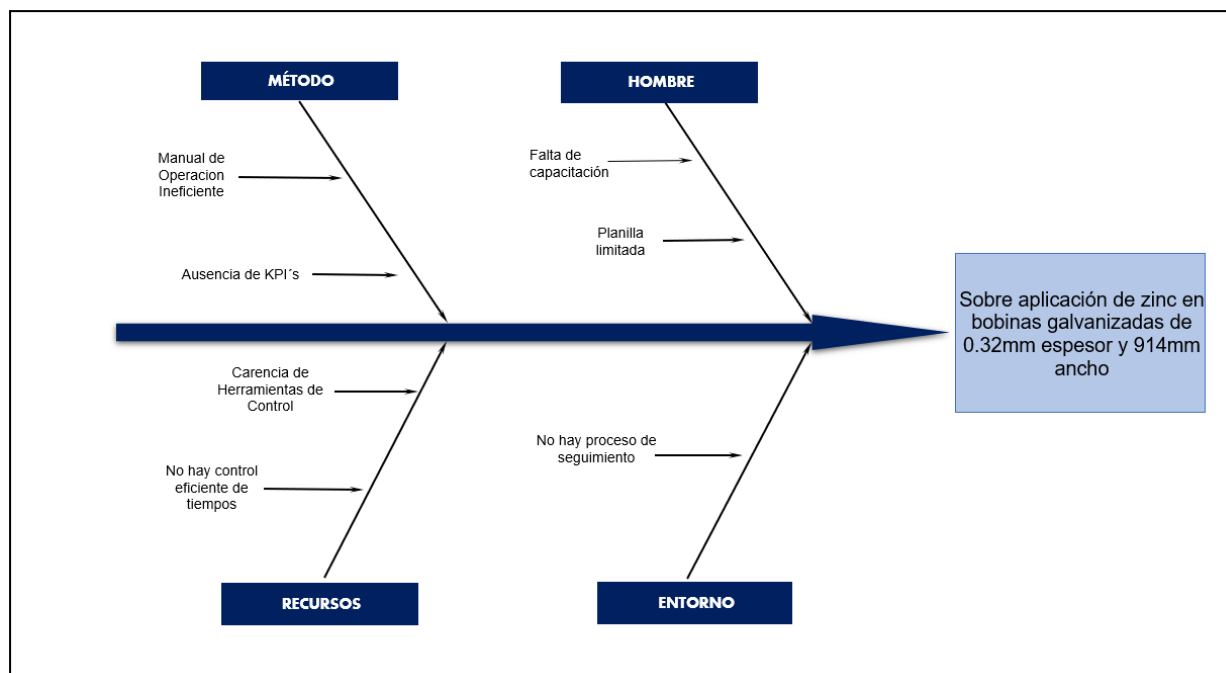
Fuente: Elaboración Propia

Se resalta que, para efectos de la presente tesis, sólo se evaluaron los puntos que estén en relación con el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm ancho.

### SECCIÓN 4.1.5 DIAGRAMA ISHIKAWA

El Diagrama de Ishikawa se presenta mediante la evaluación del proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y de 914mm de ancho. Para dicha evaluación se coordinó mediante los señores Gustavo Ortiz y Miguel Guillén, jefatura y gerencia respetivamente, del Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos de Metalco.

*Figura 17 Diagrama de Ishikawa Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos*



Fuente: Elaboración Propia

El anterior Diagrama Causa – Efecto de la Figura 16 se detalla con los criterios, a su vez con sus apartados, a continuación:

- Apartado Método:

- Manual de Operación Ineficiente: Los trabajadores del Depto. Producción de Productos Recubiertos carecen de un manual de operación con el detalle explícito de los procedimientos, en el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas.
- Ausencia de KPI's: El método no posee indicadores por cumplir, en donde no se gestiona el avance del proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas.
- Apartado Hombre:
  - Falta de Capacitación: Puede considerarse un factor de influencia sobre el personal disponible, ya que podrían carecer de dominio técnico.
  - Planilla Limitada: Se considera que el personal con el que se cuenta no da abasto con todos los deberes y esto impacta sobre la eficacia de sobre aplicación de zinc.
- Apartado Recursos:
  - Carencia de Herramientas de Control: El Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos no posee una herramienta formulada para la eficiente gestión del avance en el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas.
  - No hay Control Eficiente de Tiempos: Cuando no se miden los tiempos, no se controlan los tiempos, por tanto, no se controlan mediante métricas en pro de la mejora del proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas.
- Apartado Entorno:

- No hay Proceso de Seguimiento: Producto de los criterios mencionados en el Apartado Recursos, se denota que en el entorno hay una carencia del proceso de seguimiento diario/mensual/cuatrimstral de la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas.

#### SECCIÓN 4.1.6 ANÁLISIS MULTIVOTO

Basándose en lo encontrado en el Diagrama de Causa – Efecto o Diagrama de Ishikawa, se generó un Análisis Multivoto en conjunto con los señores Ortiz (Persona A) y Guillén (Persona B), encargados del proceso en cuestión; y también junto con la jefatura del Laboratorio de Calidad, Edwin Garita (Persona C).

Los criterios del Análisis Multivoto están establecidos del 1 al 5, detallados de la siguiente manera:

- 1- No Influyente; 2- Poco Influyente; 3- Influyente; 4- Muy Influyente; 5- Crítico.

*Tabla 8 Análisis Multivoto de la Sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho*

Causas	Código	Persona			Total:
		A	B	C	
Manual de Operación Ineficiente	<b>M1</b>	1	1	2	<b>4</b>
Ausencia de KPI's	<b>M2</b>	5	5	5	<b>15</b>
Carencia de Herramientas de Control	<b>R1</b>	1	1	1	<b>3</b>
No hay Control Eficiente de Tiempos	<b>R2</b>	5	5	5	<b>15</b>
Falta de Capacitación	<b>H1</b>	1	1	1	<b>3</b>
Planilla Limitada	<b>H2</b>	1	1	1	<b>3</b>
No hay Proceso de Seguimiento	<b>E1</b>	5	5	5	<b>15</b>

Fuente: Elaboración Propia

### SECCIÓN 4.1.7 PARETO

Finalmente, tras realizar el Análisis Multivoto de la sección anterior, se ordenan los datos para establecer las principales causas que generan la sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas. Se ordenan las causas de mayor a menor, en términos de frecuencia, y se obtienen los siguientes resultados:

*Tabla 9 Frecuencias del Diagrama de Pareto*

Causas	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa acumulada
Ausencia de KPI's	15	25.86%	15	25.86%
No hay Control Eficiente de Tiempos	15	25.86%	30	51.72%
No hay Proceso de Seguimiento	15	25.86%	45	77.59%
Manual de Operación Ineficiente	4	6.90%	49	84.48%
Carencia de Herramientas de Control	3	5.17%	52	89.66%
Falta de Capacitación	3	5.17%	55	94.83%
Planilla Limitada	3	5.17%	58	100.00%
	58	100.00%		

Fuente: Elaboración Propia

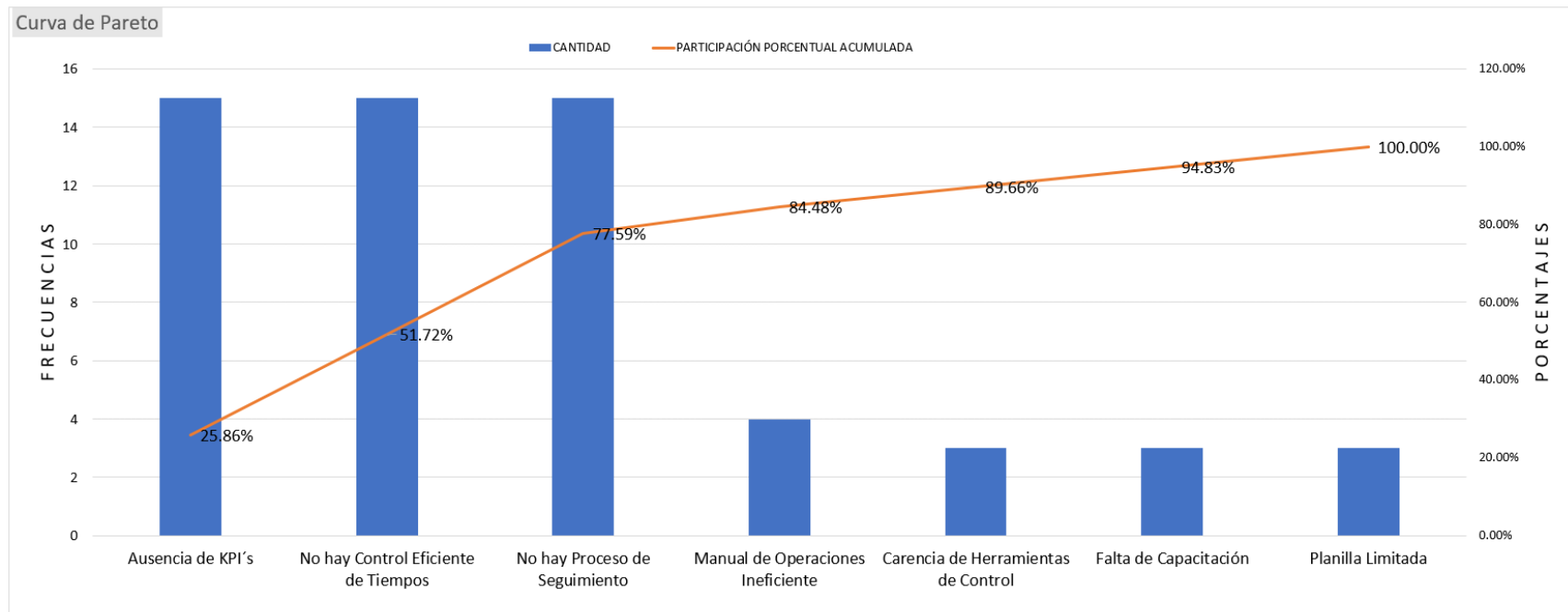
Las frecuencias del Diagrama de Pareto, expresadas en la Tabla 9, reflejan las principales causas que desencadenan el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas, las cuales son: Ausencia de KPI's, No hay Control Eficiente de Tiempos y No hay Proceso de Seguimiento; representando el 77.59% de la Frecuencia Acumulada.

De tal manera, para alcanzar el 80.00% que Pareto determina, se podría incluir la cuarta causa la cual es el Manual de Operación Ineficiente, pero su representación

sería muy baja, solo del 2.41%, por tanto, se cataloga como despreciable. Además, la implementación de dicho manual de operaciones está por fuera de la presente tesis, ya que este manual debe ser aprobado por la Alta Dirección de Metalco en donde se superaría con creces el tiempo límite establecido para la presente tesis.

En la Figura 17, se muestra de manera gráfica los datos representados en la Tabla 9 y los resultados.

*Figura 18 Gráfico de Pareto sobre las frecuencias*

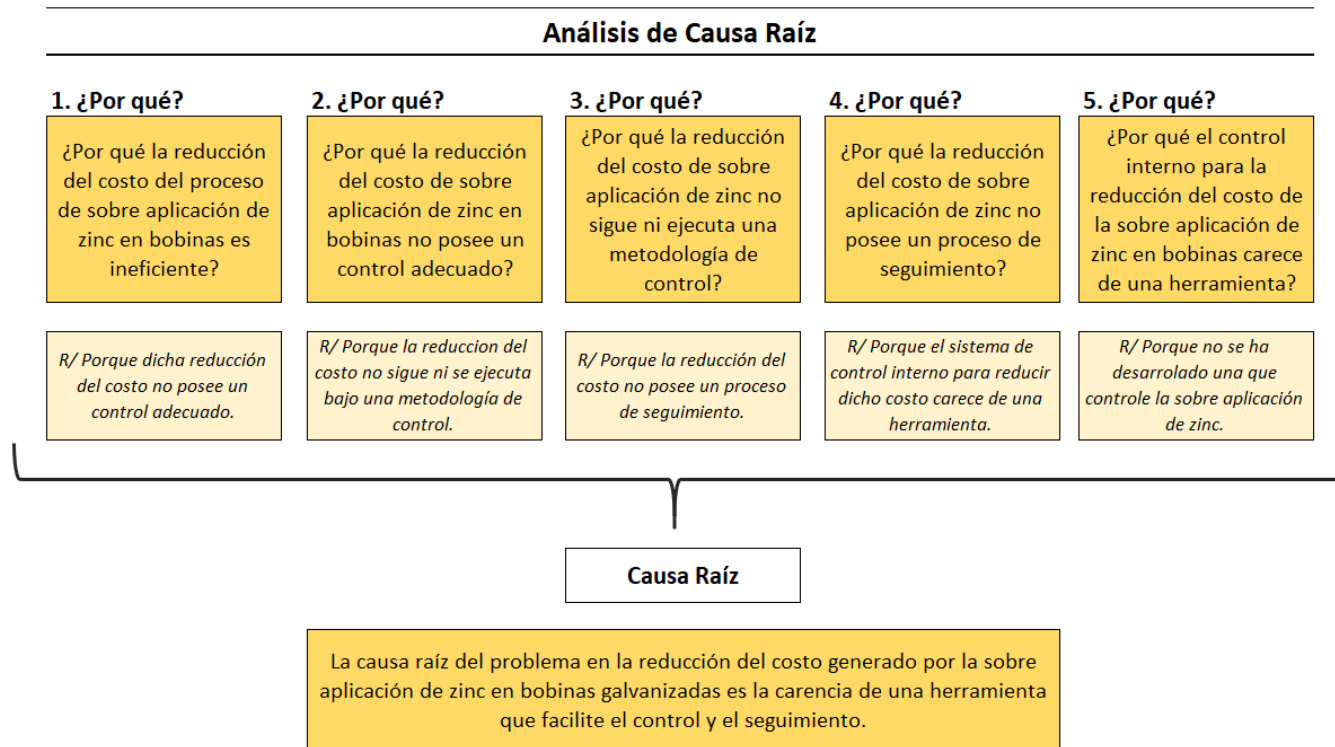


Fuente: Elaboración Propia

## SECCIÓN 4.1.8 ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUÉS

A continuación, se desarrolló el Análisis de los 5 Porqués, metodología la cual, mediante preguntas sencillas y concisas, busca determinar una causa raíz de un problema en específico.

*Figura 19 Análisis de los 5 Porqués del Proceso de Sobre Aplicación de Zinc en bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho*



Fuente: Elaboración propia

### SECCIÓN 4.1.9 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tomando como punto de partida los datos de la cantidad de espesor de zinc que se aplica sobre 3 puntos distintos en cada bobina galvanizada en relación con la Prueba de Espesor del Laboratorio de Calidad de Metalco, se analiza lo siguiente:

*Figura 20 Fórmula del tamaño de la muestra*

$$N = \frac{Z^2 p (1 - p)}{E^2}$$

Fuente: Tomado de Metalco, 2020.

Con la fórmula de la Figura 20, se calcula el número de observaciones requeridas para la muestra final, en función del valor “p” mínimo de las actividades productivas y de los niveles de confianza y exactitud.

Sin embargo, para realizar el cálculo del tamaño de la muestra se tomaron 20 muestras mensuales, durante el primer cuatrimestre del 2020, esto de acuerdo con W. Niebel y Freivalds (2009) los cuales establecen que los estudios de tiempos involucran sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ) de una población determinada, en donde el error máximo aceptable (“E” en la Figura 20) es del 5%, y su nivel de confianza es del 95%.

Para comprobar que el estudio es significativo se realizó una toma de 20 datos por mes, con la finalidad de satisfacer los puntos necesarios por solventar en la problemática con la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas.

En la Sección 4.1.10 a continuación la Tabla 10 muestra dicha toma de muestras de la que se comentó anteriormente.

#### SECCIÓN 4.1.10 ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE CONTROL

La presente tesis requiere del uso de Six Sigma, en relación con el análisis y la aplicación de límites de control de los datos suministrados por el Laboratorio de Calidad de Metalco, en donde se miden los  $\text{g/m}^2$  de espesor de recubrimiento de zinc por cada bobina galvanizada en tres puntos específicos denominados: Borde 1, Centro y Borde 2; dichos puntos constituyen la Prueba de Espesor que se realiza diariamente en la planta de Productos Recubiertos. De tal manera, se analiza la variabilidad mensual de las mediciones durante el periodo del primer cuatrimestre del presente 2020, implicando cambio de espesor, lo que está directamente relacionado con el costo que se genera en esa sobre aplicación. Se aplicó Six Sigma para reducir la variabilidad del recubrimiento de zinc en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor.

Mediante un mejor procedimiento de control, el cual proporciona una explicación grande de la variación disponible de los datos. Se recolectan 80 muestras totales, distribuidas entre los cuatro meses del primer cuatrimestre del 2020, de los datos de la Prueba de Espesor realizada por el Laboratorio de Calidad de Metalco, mencionada anteriormente. La Tabla 10 muestra los datos mediante la prueba del laboratorio, donde los límites de control son calculados.

*Tabla 10 Registro de muestras tomadas durante Prueba de Espesor en tres puntos en las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho de enero a abril 2020*

Mes	Muestra	Borde 1 ( $\text{g/m}^2$ )	Centro ( $\text{g/m}^2$ )	Borde 2 ( $\text{g/m}^2$ )
Enero	1	169.00	215.00	201.00
Enero	2	169.00	215.00	201.00
Enero	3	169.00	215.00	201.00

Mes	Muestra	Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	Centro (g/m <sup>2</sup> )	Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )
Enero	4	169.00	207.00	212.00
Enero	5	169.00	207.00	212.00
Enero	6	169.00	207.00	212.00
Enero	7	166.00	207.00	198.00
Enero	8	166.00	207.00	198.00
Enero	9	166.00	207.00	198.00
Enero	10	175.00	198.00	207.00
Enero	11	175.00	198.00	207.00
Enero	12	175.00	198.00	207.00
Enero	13	172.00	207.00	215.00
Enero	14	172.00	207.00	215.00
Enero	15	172.00	207.00	215.00
Enero	16	169.00	201.00	204.00
Enero	17	169.00	201.00	204.00
Enero	18	169.00	201.00	204.00
Enero	19	227.00	247.00	204.00
Enero	20	227.00	247.00	204.00
Febrero	1	187.00	192.00	195.00
Febrero	2	194.00	203.00	194.00
Febrero	3	194.00	203.00	194.00
Febrero	4	194.00	203.00	194.00
Febrero	5	194.00	203.00	194.00
Febrero	6	210.00	235.00	232.00
Febrero	7	210.00	235.00	232.00
Febrero	8	172.00	192.00	198.00
Febrero	9	172.00	192.00	198.00
Febrero	10	172.00	192.00	198.00
Febrero	11	172.00	192.00	198.00
Febrero	12	204.00	192.00	189.00
Febrero	13	204.00	192.00	189.00
Febrero	14	204.00	192.00	189.00
Febrero	15	205.00	220.00	213.00
Febrero	16	205.00	220.00	213.00
Febrero	17	205.00	220.00	213.00
Febrero	18	205.00	220.00	213.00
Febrero	19	205.00	220.00	213.00
Febrero	20	232.00	224.00	201.00
Marzo	1	178.00	192.00	184.00
Marzo	2	178.00	192.00	184.00
Marzo	3	178.00	184.00	178.00
Marzo	4	178.00	184.00	178.00
Marzo	5	178.00	184.00	178.00

Mes	Muestra	Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	Centro (g/m <sup>2</sup> )	Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )
Marzo	6	181.00	192.00	184.00
Marzo	7	181.00	192.00	184.00
Marzo	8	181.00	192.00	184.00
Marzo	9	184.00	195.00	175.00
Marzo	10	181.00	192.00	184.00
Marzo	11	184.00	195.00	175.00
Marzo	12	184.00	195.00	175.00
Marzo	13	187.00	192.00	181.00
Marzo	14	187.00	192.00	181.00
Marzo	15	187.00	192.00	181.00
Marzo	16	184.00	184.00	175.00
Marzo	17	184.00	184.00	175.00
Marzo	18	184.00	184.00	175.00
Marzo	19	179.00	202.00	177.00
Marzo	20	179.00	202.00	177.00
Abril	1	181.00	195.00	192.00
Abril	2	181.00	195.00	192.00
Abril	3	205.00	202.00	172.00
Abril	4	205.00	202.00	172.00
Abril	5	205.00	202.00	172.00
Abril	6	208.00	191.00	170.00
Abril	7	208.00	191.00	170.00
Abril	8	208.00	191.00	170.00
Abril	9	198.00	207.00	167.00
Abril	10	198.00	207.00	167.00
Abril	11	198.00	207.00	167.00
Abril	12	203.00	204.00	168.00
Abril	13	203.00	204.00	168.00
Abril	14	203.00	204.00	168.00
Abril	15	207.00	204.00	172.00
Abril	16	207.00	204.00	172.00
Abril	17	207.00	204.00	172.00
Abril	18	201.00	201.00	166.00
Abril	19	201.00	201.00	166.00
Abril	20	201.00	201.00	166.00

Fuente: Elaboración Propia

Una vez terminado el muestreo, se procedió al análisis estadístico de los resultados, para lo cual se contó con la ayuda de los programas EXCEL y MINITAB. Se calcularon

las variaciones, desviación estándar (LCU), promedio ( $\bar{X}$ ) y límites de control (tanto el superior LCS como el inferior LCI) directamente desde el Programa Minitab.

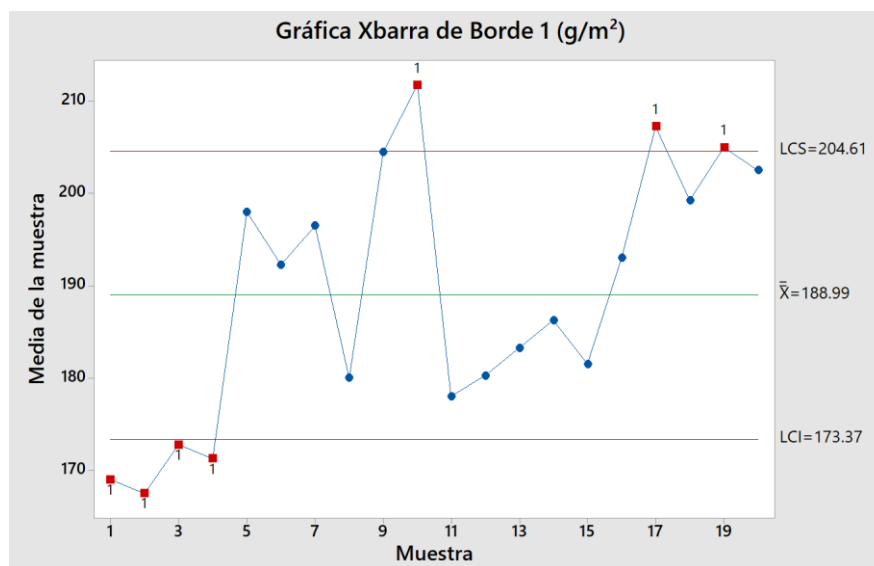
*Tabla 11 Análisis de Límites de Control de las muestras aplicadas en tres puntos de las bobinas galvanizadas de 0.32mm de espesor y 914mm de ancho durante enero a abril 2020*

Variable		Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	Centro (g/m <sup>2</sup> )	Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )
Promedio	$\bar{X}$	188.99	202.24	189.91
Desviación	LCU	16.27	13.06	17.01
6 $\sigma$	LCS	18.61	15.16	19.41
	LCI	13.93	10.96	14.62

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se registran los datos en el programa MINITAB el cual desarrolla la metodología Six Sigma y resulta con las gráficas expuestas en las Figuras 21, 22 y 23. Lo anterior se detalla a continuación:

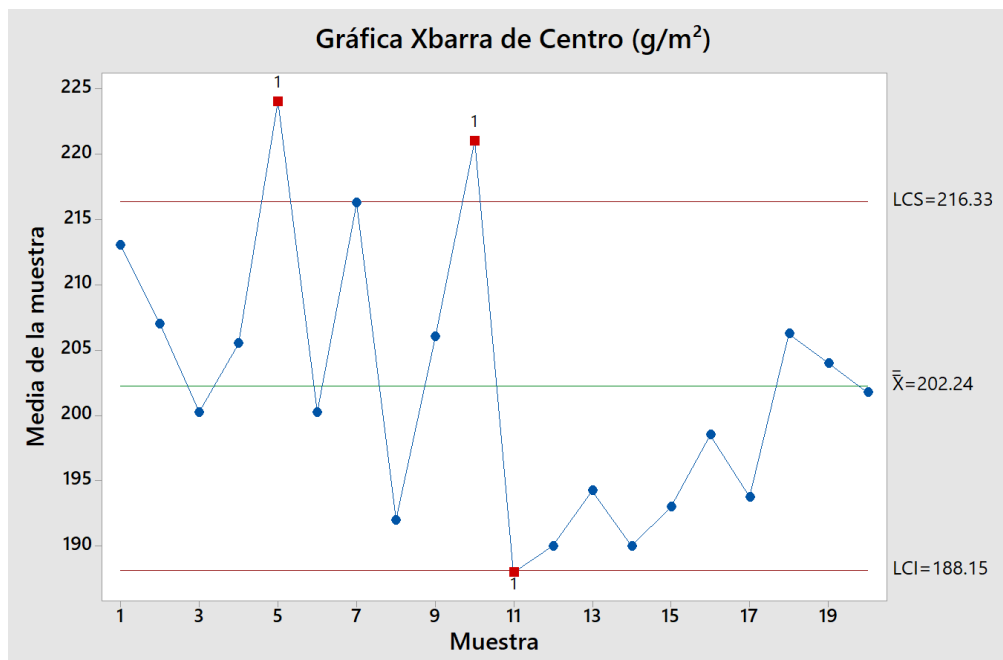
*Figura 21 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Borde 1 de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho*



Fuente: Elaboración propia

La Prueba de Espesor determina una primera medición denominada Borde 1, de la cual se tomaron 20 muestras mediante observaciones de forma aleatoria. Mediante el programa MINITAB se determina que existen 3 muestras fuera del rango de la gráfica, fomentando la variabilidad de los datos. Las muestras de la medición realizada en el Borde 1 de las bobinas galvanizadas demuestran que hay variabilidad y el proceso no está bajo control, puede optimizarse.

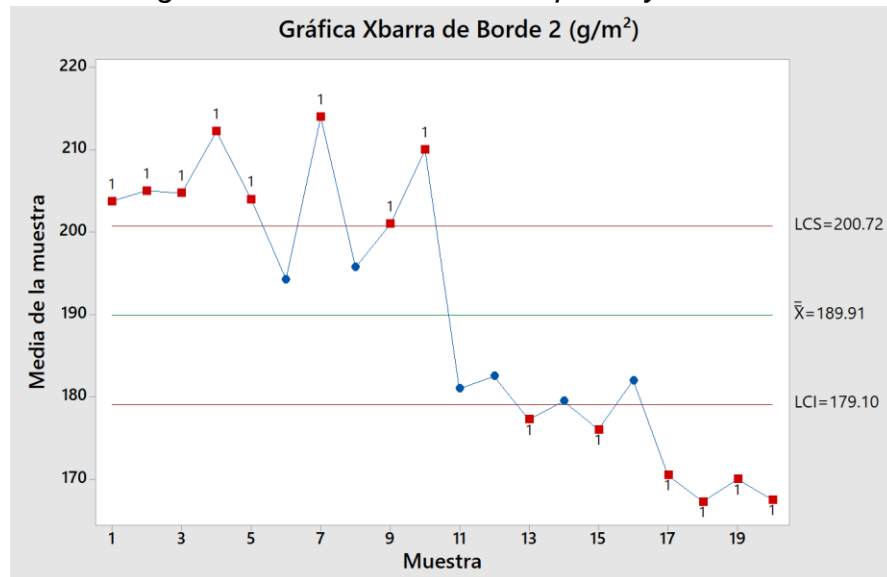
*Figura 22 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Centro de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho*



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, la Figura 22 establece la gráfica de las 20 muestras tomadas en la medición en el Centro de la bobina galvanizada. Se determinan 3 muestras fuera del rango de la gráfica, el proceso se denomina con variabilidad, no está bajo control.

Figura 23 Análisis de Límites de Control en la Sobre Aplicación de Zinc en Borde 2 de bobinas galvanizadas de 0.32mm espesor y 914mm de ancho



Fuente: Elaboración propia

La Figura 23 manifiesta las 20 muestras realizadas en Borde 2 en la Prueba de Espesor, en donde se ratifica que la mayoría de los datos están fuera de rango, alta variabilidad en el proceso, en donde 14 de los 20 puntos están fuera de rango.

En resumen, la gráfica de la Figura 21 con las mediciones del Borde 1 muestra 7 puntos fuera de la misma, la gráfica de la Figura 22 con muestras de Centro evidencia 3 puntos fuera de la misma y la gráfica de la Figura 23 con medidas del Borde 2 expone una amplia mayoría de 14 puntos fuera de la gráfica. Todos los puntos dentro de las gráficas de control están dentro de los límites de control. Por lo tanto, la media y la desviación estándar del proceso parecen ser estables o estar bajo control.

Las metas de los límites de control, para optimizar el proceso de sobre aplicación de zinc, se fundamentan en variabilidad presente en las mediciones de mes a mes de las tres áreas o puntos de cada bobina galvanizada, en la ejecución de la Prueba de Espesor. Dicha variabilidad en los datos implica un cambio de espesor en el proceso

mismo de la empresa; la mejor curva es que la genera menos diferencia entre los tres datos de las mediciones, dicha aplicación sería el estado óptimo, lo que reduce más costo.

## **CAPÍTULO V. DISEÑO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

## **SECCIÓN 5.1 DISEÑO DE LA PROPUESTA**

Este quinto capítulo de la presente tesis se desarrollará en relación con la solución de los hallazgos encontrados en el Capítulo IV, capítulo anterior, en donde después de analizar la situación actual y el proceso de sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas, de acuerdo con los datos obtenidos mediante el Diagrama de Pareto, se diseñarán distintas propuestas para alcanzar las tres principales causas encontradas, las cuales corresponden a:

- 1- Ausencia de KPI'S.
- 2- No hay Control Eficiente de Tiempos.
- 3- No hay Proceso de Seguimiento.

## **SECCIÓN 5.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 1 “AUSENCIA DE KPI'S”**

Se desarrollaron varios KPI's que mejoran el proceso de seguimiento de la sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas en Metalco, para evitar dicho exceso y reducir el costo. Una herramienta la cual será vital para que todos los colaboradores estén enterados de la situación en tiempo real, entiendan la importancia de su función para con las líneas de producción y se disponga un método más efectivo para reducir el costo de dicha sobre aplicación. Con la aplicación de dichos indicadores, se acciona en pro de las finanzas de la Planta de Productos Recubiertos, evitando ser no eficientes con la aplicación de zinc. Los KPI's se establecen a continuación:

1. *Eficiencia Financiera de Sobre aplicación:* Se referirá al monto total del Costo Semanal de Sobre aplicación de zinc versus el Presupuesto Mensual financiero de la Planta Productos Recubiertos para la aplicación del zinc en las bobinas. Determinará cuánto % del presupuesto se desperdicia ineficientemente.
2. *Tasa Efectiva de Sobre aplicación de Zinc:* Utilizando datos de la cantidad aplicada versus la cantidad esperada por aplicar, establecerá un % permitido de Sobre aplicación de zinc en las bobinas como margen de error, como método para medir el zinc desperdiciado u obsequiado al cliente, por el cual no paga de más.
3. *Cantidad de g/m<sup>2</sup> de zinc aplicado en promedio por punto de medición de Prueba de Espesor por bobina / Cantidad de g/m<sup>2</sup> de zinc destinada como estándar para aplicar por bobina en cada punto de dicha Prueba de Espesor:* Permitirá medir eficazmente la cantidad de zinc en g/m<sup>2</sup> que se desperdicia, en un determinado periodo por semana. Al controlar este KPI cuatro veces al mes, se fomenta la acción efectiva para la reducción del costo de sobre aplicación.
4. *Costo Mensual total de sobre aplicación de zinc / Ganancia Mensual en ventas:* Determinará el rendimiento y desempeño efectivo financiero en relación con la cantidad aplicada de zinc; comprende el buen uso del dinero a nivel recíproco entre producción y ventas. Otorgará la cifra de dinero que se perdió de la ganancia total mensual, gracias a la sobre aplicación de zinc.

5. *Cantidad de Bobinas con Sobre aplicación / Cantidad Permitida:* Fomentará el control de la cantidad de bobinas galvanizadas con exceso de más de zinc versus la cantidad designada (por la Gerencia Producción y Gerencia General de Metalco) como la máxima permitida de bobinas producidas al día con sobre aplicación. Limitará y controlará la cantidad de bobinas que excedan el máximo permitido. Analizará la importancia de diariamente ejecutar la aplicación de zinc lo más reducidamente en cantidad posible pero también conforme con la calidad al cliente.

Esta Propuesta no establece ningún costo para la empresa.

## **SECCIÓN 5.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 2 “NO HAY CONTROL EFICIENTE DE TIEMPOS”**

### **SECCIÓN 5.3.1 PROPUESTA PARA CAUSA 2 “NO HAY CONTROL DE TIEMPOS”**

El Capítulo IV desarrolla el análisis de las actividades que comprenden la aplicación de zinc en las bobinas en la Planta de Productos Recubiertos, a la vez, se asignaron los tiempos y el flujo de procesos.

Por tanto, dicho proceso puede optimizarse aún más, en relación con el proceso mismo. Según el Análisis de Valor Agregado de la Tabla 5, existe la posibilidad de acoplar varias tareas, manifestando un proceso más eficiente.

### **SECCIÓN 5.3.2 IMPLEMENTACIÓN PARA CAUSA 2**

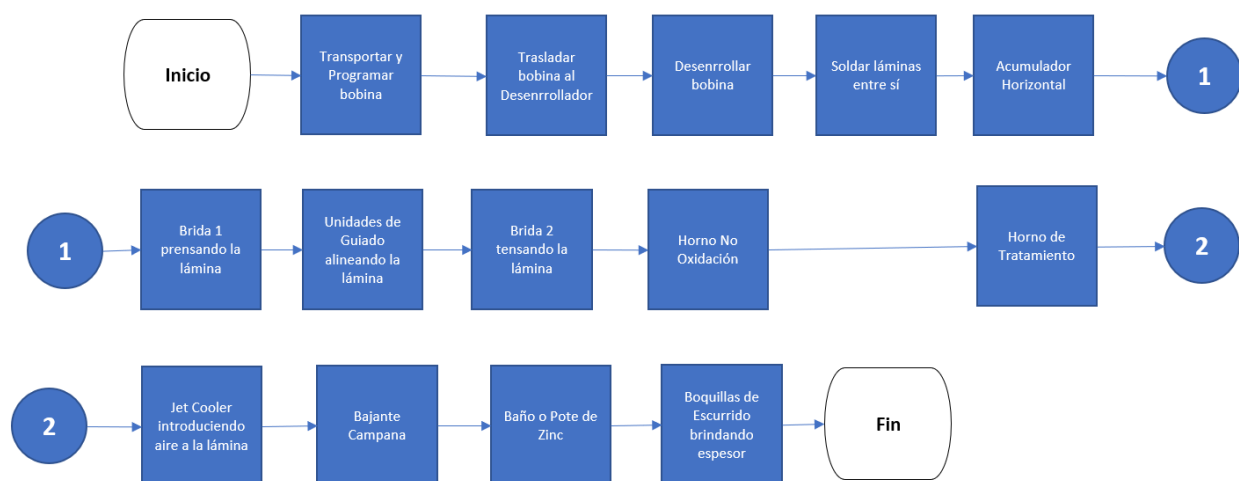
La propuesta de solución de la Causa 2 consiste en unir las Actividades 1 y 2 del flujo, en donde se aprovecha el tiempo y mientras se transporta la bobina, se identifica cuál

bobina (según código) se está transportando y se designa de inmediato la programación según sea. Con esto se omite esperar hasta que la bobina esté en almacenamiento de entrada, sino que de una vez se identifica su fecha y hora de proceso y se agrupan las bobinas en secuencia ordenada sin requerir realizar movimientos de bobinas con las grúas aéreas, aprovechando más el recurso y el tiempo de toda la operación, a la vez, reduciendo ese tiempo muerto.

De igual forma, para convertir el proceso más eficiente se fusionan las Actividades 3 y 4 del flujo de operaciones, en donde se traslada la bobina de una vez de la sección de entrada y almacenamiento de bobinas al Desenrollador, aprovechando el tiempo en el proceso general.

Valorar absorber estas primeras cuatro actividades, fusionándolas y aprovechando el tiempo se designa un nuevo flujo con un nuevo Análisis del Valor Agregado, se determinan a continuación:

*Figura 24 Diagrama del Nuevo Proceso de Sobre aplicación de Zinc en bobinas (Implementación Causa 2)*



Fuente: Elaboración Propia

Por consiguiente, a continuación, se evidencia el nuevo Análisis del Valor Agregado en donde se enfoca la objetividad en reducir tiempos muertos, aprovechar más el tiempo y los recursos disponibles.

*Tabla 12 Matriz Análisis del Valor Agregado "Nuevo Proceso"*

¿ACTIVIDAD AGREGA VALOR?			
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES	TOTAL	SÍ	NO
ACTIVIDADES	14	12	2
TIEMPO DE ACTIVIDADES (MINUTOS)	83.20	79.20	4.00
TIEMPO DE ACTIVIDADES (%)	100.00%	95.19%	4.81%
<b>INDICE DE VALOR AGREGADO</b>		<b>95.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

*Tabla 13 Cuadro Resumen Comparativo de Análisis del Valor Agregado*

Cuadro Resumen		
ATRIBUTO	SITUACIÓN ACTUAL	NUEVO PROCESO
ÍNDICE VALOR AGREGADO	74%	95%

Fuente: Elaboración Propia

La propuesta de mejora consiste en fusionar las Actividades 1 y 2 en una sola actividad, igualmente con las Actividades 3 y 4 respectivamente. A la vez, la Actividad 12 se elimina y el proceso puede fluir con eficiencia. Con esta propuesta Índice de

Valor Agregado aumentó de un 74% a un 95%, tal como lo establece la Tabla 13, reduciendo también tiempos muertos, aprovechando por ende más el factor tiempo en la operación. No obstante, no pueden concretarse aseveraciones bajo estas modificaciones en el flujo del proceso, deberá ser probado bajo las instancias reales de la cotidianidad de las operaciones de la Planta de Productos Recubiertos, resultando esta herramienta en aprobación pendiente por la gerencia de la planta productiva y la gerencia general de Metalco.

## **SECCIÓN 5.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN PARA LA CAUSA 3 “NO HAY PROCESO DE SEGUIMIENTO”**

### **SECCIÓN 5.4.1 PROPUESTA PARA CAUSA 3 “NO HAY SEGUIMIENTO”**

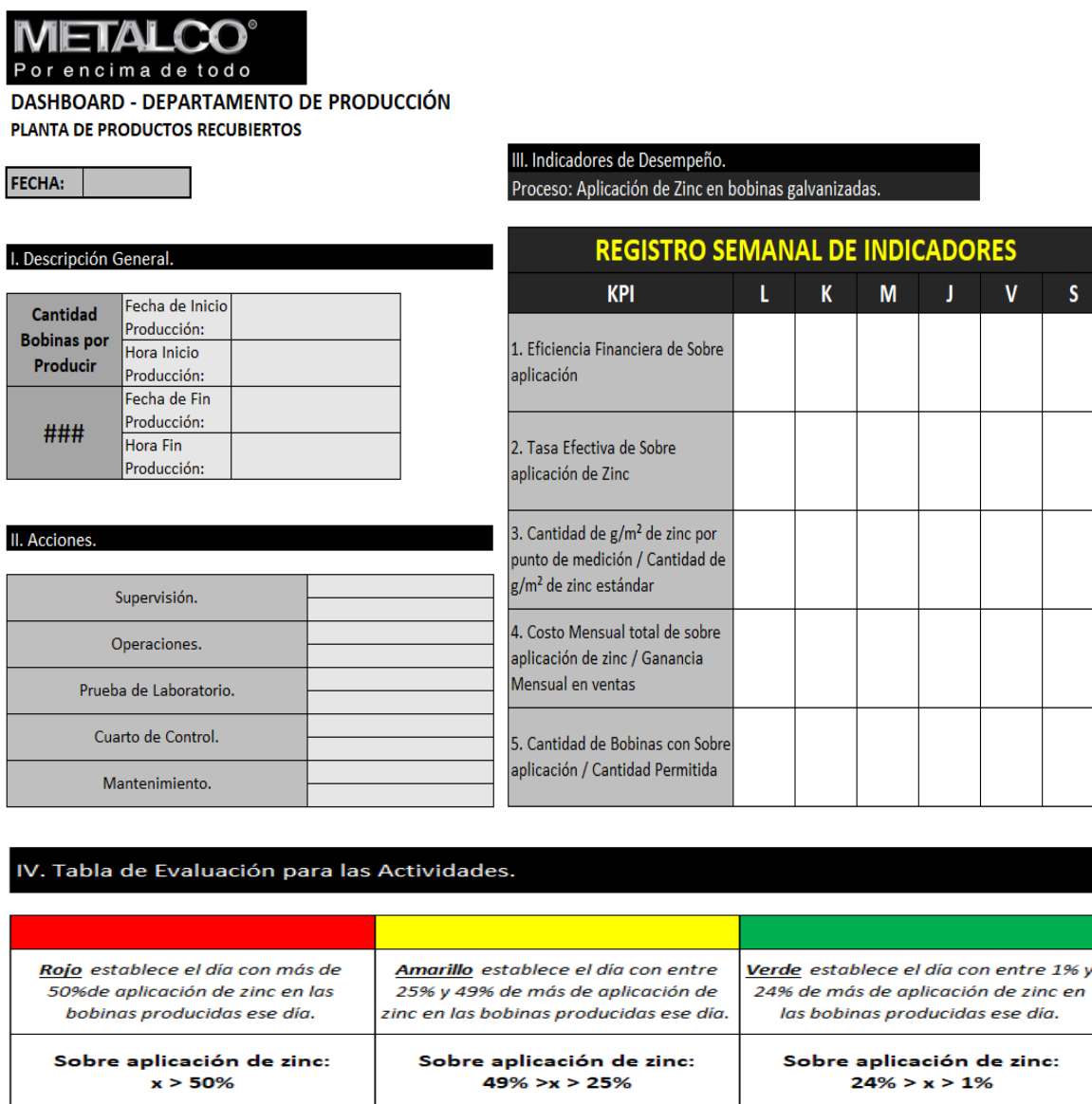
La ineficiencia de la operación de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas, producto “estrella” de la empresa, se ve afectada debido al no seguimiento del mismo proceso y datos que se generan diariamente, información vital para un buen desempeño de los procesos y actividades entre sí. Por ende, si se busca la clave del éxito empresarial, muchas veces el secreto radica en la estrategia de no perder la visión de sentido de practicidad y objetividad métrica. Por tanto, para esta tercera causa, la propuesta de solución radica en una herramienta llamada dashboard, la cual es un panel de control con indicadores, que centraliza KPI’s necesarios para medir, controlar y analizar la eficiencia del proceso.

El Dashboard será de mucha utilidad para el Departamento de Producción de la Planta De Productos Recubiertos, tanto para funcionarios del ámbito de ingeniería,

como los colaboradores operativos y en sí todo el personal que labora para el proceso de sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas.

A continuación, se presenta el Dashboard elaborado para tener un mejor seguimiento sobre las bobinas con sobre aplicación de zinc.

Figura 25 Dashboard Propuesto - Solución para la Causa 3

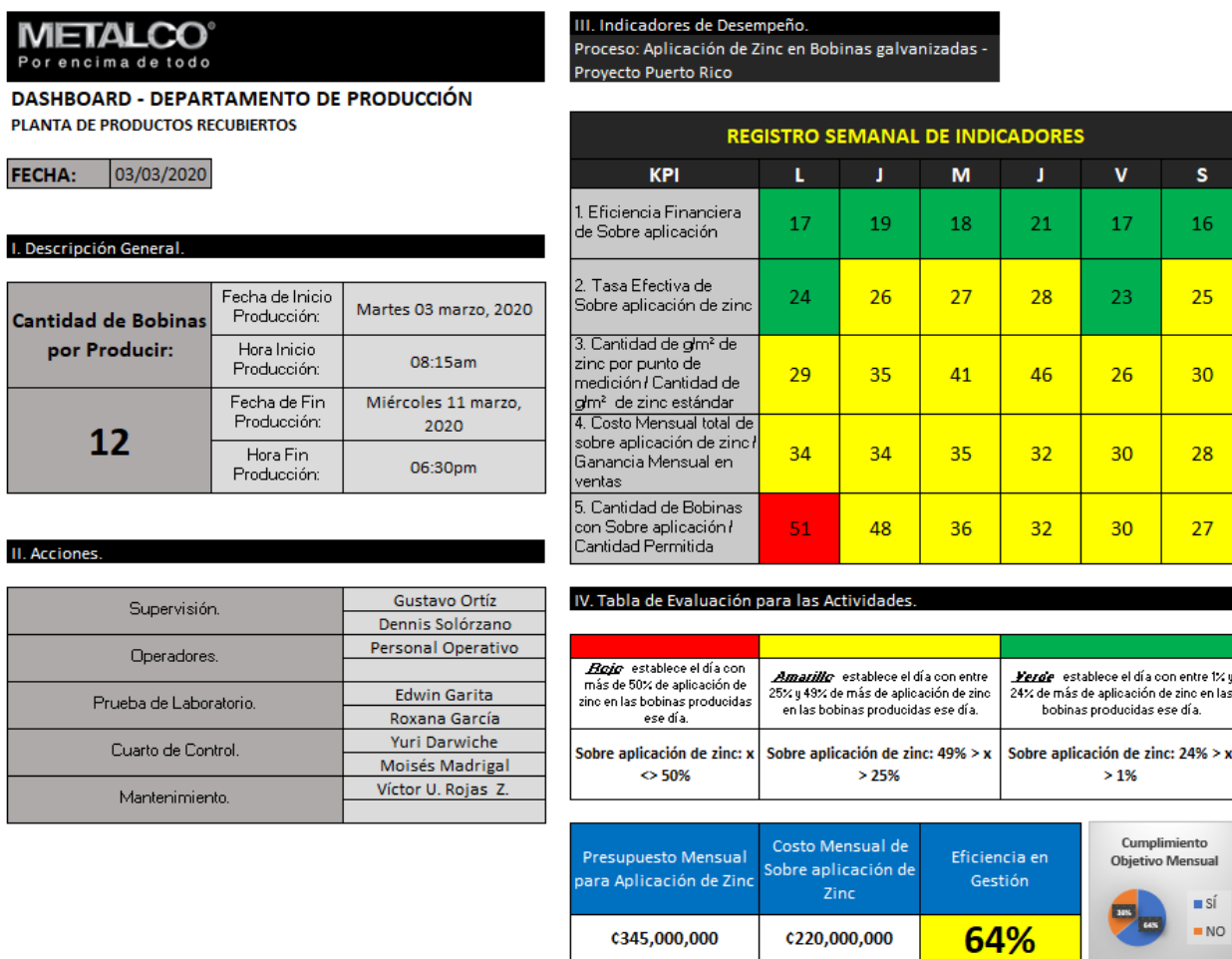




## SECCIÓN 5.4.1.1 IMPLEMENTACIÓN DE DASHBOARD PROYECTO PUERTO RICO

A continuación, se mostrarán las figuras de la implementación del Dashboard para el proyecto de Puerto Rico, el cual se establece como un ejemplo de la herramienta que se utilizará en la Departamento de Producción de la Planta de Productos Recubiertos para un mejor control y un análisis y seguimiento más eficiente de la sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas.

Figura 27 Dashboard Proyecto Puerto Rico



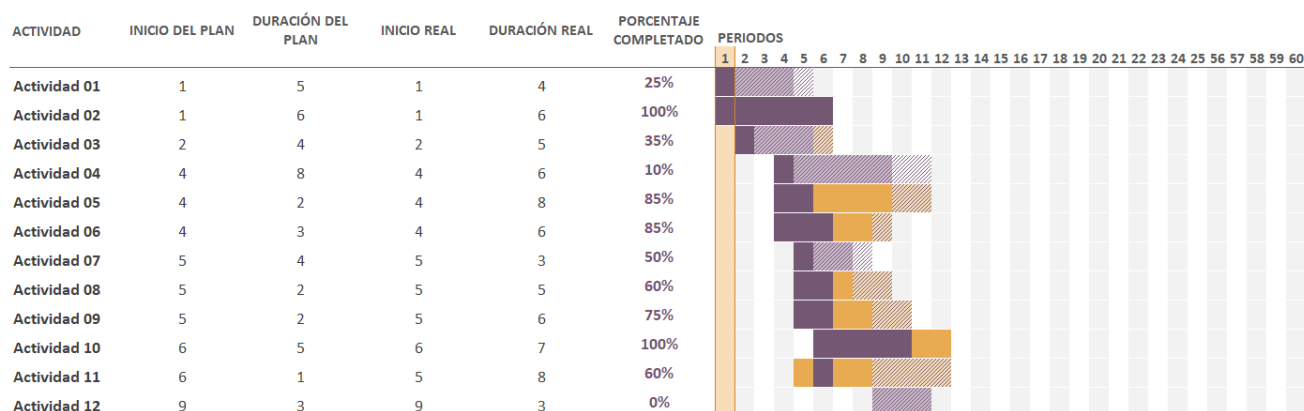
Fuente: Elaboración Propia

Figura 28 Diagrama de Gantt Proyecto Puerto Rico

## GANTT SOBRE APLICACIÓN DE ZINC EN BOBINAS

Proyecto Puerto Rico: Convenio METALCO - METALCO CARIBE

Periodo resaltado 1 Duración del plan Inicio real % Completado Real (fuera de



Fuente: Elaboración propia

En los costos de implementación que se resumen en la Tabla 13 se incluye el costo de equipos y software, el entrenamiento o capacitación de los profesionales que hacen parte en la actualidad del equipo de diseño en la empresa dueña y diseñadora del edificio caso de estudio, la implementación del programa y la renovación de la licencia.

Tabla 14 Costos de Implementación del Dashboard

Item	Unidad	Cantidad	Valor Total (c)	Año de Inversión
Equipos	Equipos	3	45,000,000.00	2020
Entrenamiento	Personas	25	18,000,000.00	2020
Implementación	Meses	6	30,000,000.00	2020
Renovación Licencia	Años	4	1,200,000.00	2021, 2022, 2023

Fuente: Elaboración Propia

Se estima que los equipos tienen una vida útil de 4 años, la licencia es vitalicia y debe ser renovada anualmente, lo cual tiene un costo de ¢1,200,000.

Debido al tamaño e infraestructura de la compañía se estima que se coordinaran y diseñaran 4 proyectos por año. El software y la implementación deben pagarse una sola vez, sin embargo, se supone que duran 4 años igual que los equipos y demás costos.

*Tabla 15 Costos del Valor Presente Neto de la Implementación*

Item	2020	2021	2022	2023
Equipos	¢ 45,000,000.00			
Entrenamiento	¢ 18,000,000.00			
Implementación	¢ 30,000,000.00			
Renovación Licencia	¢ -	¢ 1,200,000.00	¢ 1,236,000.00	¢ 1,273,080.00
Total Inversión	¢ 93,000,000.00	¢ 1,200,000.00	¢ 1,236,000.00	¢ 1,273,080.00
VPN	¢ 96,709,080.00			

Fuente: Elaboración Propia

Dada la estimación inicial de que se desarrollará el proyecto en 4 etapas por año en la compañía, el costo total de implementación del Dashboard en un análisis a cuatro años será de:

$$\text{Costo implementación} = \frac{¢96,709,080.00}{1 \text{ proyecto} * 4 \text{ años}} = ¢24,177,270.00$$

## SECCIÓN 5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Tal como se establece según el Análisis de Límites de Control de la Sección 4.1.9, la Planta de Productos Recubiertos en su gestión de acuerdo con la aplicación de zinc no aplicó de enero a abril del 2020 los procedimientos nuevos incorporados mediante

las propuestas de solución del presente proyecto de graduación. Desarrollando y ejecutando cálculos y utilizando de igual manera la Tabla 11, se destaca lo siguiente:

La Tabla 15 muestra los datos generales que se utilizan para realizar el estudio económico de comparación entre los datos con el promedio en su punto de medición versus los puntos de medición aplicando límites de control en su LCI, según Six Sigma evidenciado en capítulos anteriores.

*Tabla 16 Datos Generales para el Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica"*

Producción Diaria		Medidas de Prueba de Espesor según LCI		
Cantidad Minutos Producción	Cantidad Muestras	Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	Centro (g/m <sup>2</sup> )	Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )
90720	14,520,257	175.06	191.28	175.29

Fuente: Elaboración Propia

Las Tablas 16 y 17 demuestran la comparación en materia económica, reflejando el monto de la sobre aplicación de zinc en bobinas galvanizadas destinada para cubrir la demanda del Proyecto "Metalco Caribe – Metalco" o popularmente denominado Proyecto "Puerto Rico – Metalco", en donde al aplicar límites de control el mejor escenario es optar por LCI como fundamento para las mediciones. Si se aplica la cantidad que indica el límite LCI, se reduce el monto de sobre aplicación en  $\$14,185,117.26$  lo que representa un 7% del total sólo en este proyecto. Si se potencia esta cifra con base en la producción mensual promedio de Metalco el

número de ahorro es mucho mayor y se beneficiaría las finanzas de la empresa para con este proceso.

*Tabla 17 Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica" aplicando límites de control con base de LCI*

Medidas de Prueba de Espesor según LCI		Cantidad Muestras	Monto por g/m <sup>2</sup>	Monto Total Sobre aplicación
Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	175.06	17,800	¢20.17	¢62,851,091.56
Centro (g/m <sup>2</sup> )	191.28	17,800	¢20.17	¢68,674,493.28
Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )	175.29	17,800	¢20.17	¢62,933,667.54
				<b>¢194,459,252.38</b>

Fuente: Elaboración Propia

*Tabla 18 Análisis Económico para Proyecto "Puerto Rico - Metalco Costa Rica" aplicando límites de control con base de X*

Medidas de Prueba de Espesor según X̄		Cantidad Muestras	Monto por g/m <sup>2</sup>	Monto Total Sobre aplicación
Borde 1 (g/m <sup>2</sup> )	188.99	17,800	¢20.17	¢67,852,323.74
Centro (g/m <sup>2</sup> )	202.24	17,800	¢20.17	¢72,609,418.24
Borde 2 (g/m <sup>2</sup> )	189.91	17,800	¢20.17	¢68,182,627.66
				<b>¢208,644,369.64</b>

Fuente: Elaboración Propia

El costo evitable de la implementación del Dashboard, en relación con los costos de sobre aplicación, corresponden a la resta de ¢208,644,369.64 y ¢194,459,252.38, lo que resulta un total de ¢14,185,117.26.

### **SECCIÓN 5.5.1 ANÁLISIS DEL ROI**

Además de los análisis mencionados en el Capítulo IV, existe una relación económica vital para la aprobación de un proyecto en toda empresa: el ROI, el cual se gestiona después de la implementación y establece el retorno sobre la inversión realizada.

Por consiguiente, en relación con el costo evitable de sobre aplicación según el límite de control inferior y la media, equivalente a ¢14,185,117.26, y el costo de implementación es de ¢24,177,270.00, los cuales son valores se describen en la sección anterior.

Para dichos valores se define que el retorno de la inversión corresponde a:

$$\text{ROI \%} = \frac{\text{Beneficios netos de implementación}}{\text{Costos de implementación}} = \frac{¢14,185,117.26}{¢24,177,270.00} = 58.67\%$$

El retorno de la inversión teniendo en cuenta la sumatoria de los ahorros en el costo directo del proyecto que pudieron ser evitados con el diseño y coordinación del Dashboard es del 58.67%.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## SECCIÓN 6.1 CONCLUSIONES

La eficiencia en los procesos de las empresas manufactureras ha sido tendencia en cuanto a la importancia para determina el éxito empresarial dentro del dinámico y volátil mundo en el que se vive. En la actualidad, se vitaliza que todo proceso es susceptible a la mejora, a optimizarse. Establece e involucra temas de calidad, de satisfacción al cliente, buen uso de los recursos disponibles y un rendimiento económico en pro de las finanzas y objetivos de la compañía.

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas tras la finalización del presente proyecto de graduación, estableciendo énfasis en los objetivos y los resultados obtenidos, desarrollados y planteados mediante las fases de la metodología DMAIC.

- El uso de las herramientas básicas para el control estadístico permite identificar las áreas donde el impacto de mejora puede ser mayor y además facilitan la identificación de las causas raíz de la problemática.
- Al realizar la toma de muestras o datos para la elaboración y el desarrollo del presente proyecto de graduación, los operadores de las máquinas y las líneas de producción en su mayoría se sentían motivados en saber los resultados de este estudio, lo que se interpreta que están abiertos a un sistema de mejora. Además, con esto se identifican los colaboradores que podrían estar en los círculos de calidad.
- Lo importante de un sistema de mejora es la decisión tomada con base en los datos obtenidos y no sólo tenerlos registrados en una lista de cálculo de EXCEL.
- Se ejecutó un diagnóstico de los procesos operacionales de la Planta de Productos Recubiertos, en donde se identificaron las causas principales de la ineficiencia en la

aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas y su mitigación para solventar la problemática.

- Se implementaron 3 propuestas de mejora, una propuesta para cada causa identificada, fortaleciendo la eficiencia del control y análisis de la aplicación de zinc en relación con las cantidades permitidas para que el producto siga siendo conforme, sin desperdiciar recursos.
- Se realizó un caso de ejemplo dónde se evaluó el uso de la herramienta Dashboard para la entrega de toneladas de bobinas galvanizadas para con el compromiso que adquirió Metalco con Metalco Caribe con sede en Puerto Rico.
- Se logró evaluar la implementación de la propuesta de mejora en el ejemplo del proyecto Puerto Rico – Metalco, para evidenciar como se redujo un 7% el monto de sobre aplicación, sólo en este pequeño proyecto de menos de 2 semanas de duración.
- En este trabajo se estudiaron los ahorros derivados del costo directo de la implementación del Dashboard (¢24,177,270.00), y se comparó con el costo de la sobre aplicación de zinc utilizando los límites de control inferior y la media (¢14,185,177.26) y así obtener el retorno de la inversión.
- El ROI encontrado para el proyecto caso de estudio es de 58.67% lo que significa que por cada colón que se invierte en la implementación de Dashboard de ese proyecto, se deja de gastar 0.58 colones.

## SECCIÓN 6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio más preciso de tiempos, para optar por reducir aún más los tiempos muertos, de igual manera se recomienda la automatización de las actividades 2 y 3 del Diagrama de Flujo del Proceso, como método de ahorro de dinero en recurso tiempo operativo.

Fomentar la realización de círculos de calidad, los cuales fortalezcan la empresa y el proceso en sí mismo, como aspecto para mejorar la cultura laboral de la misma y potenciar a la optimización de los recursos.

Ejecutar un programa que vele por el mayor involucramiento y acompañamiento de la alta gerencia de Metalco, para forjar un seguimiento idóneo y optimizado a través del tiempo.

Capacitar a los jefes y líderes de proceso, para que sean ellos los que en conjunto con el Laboratorio de Calidad y el Cuarto de Control desarrollen las propuestas de mejora, que el Departamento de Mantenimiento pueda proyectar a la automatización con el Taller de Electrónica.

Establecer responsables en cada parte del proceso que garanticen la calidad en distintos puntos de revisión y verifiquen la eficiencia esperada en cada procedimiento y línea de producción.

Divulgar las mejoras desarrolladas a otros departamentos de la empresa para estandarizar procesos por cada departamento eliminando actividades que no agregan valor.

Definir un Manual de procedimientos y aprobar el mismo concerniente al proceso que se debe seguir para la sobre aplicación de zinc en las bobinas galvanizadas, como producto principal o denominado “estrella” de Metalco.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Baca U.; Cruz V., Cristóbal V., Gutiérrez M., Pacheco E., Rivera G. y Obregón.; (2014) Introducción a la Ingeniería Industrial. 2ª ed. México: Grupo Editorial Patria, S.A. De C.V.
- 2- Boutrif E.; (2007) Fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos. 1ª ed. Italia: FAO.
- 3- Denton K.; (1991) Calidad en el servicio a los clientes. 3ª ed. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- 4- Escalante A.; González J.; (2015) Ingeniería Industrial: Métodos y tiempos con manufactura ágil. 1ª ed. México: Alfaomega Grupo Editorial, S.A. de C.V.
- 5- Fernández E.; (2010) Administración de empresas: Un enfoque interdisciplinar. 1ª ed. España: Paraninf, S.A.
- 6- Fernández V.; (2006) Desarrollo de Sistemas de Información: Una metodología basada en el modelado. 1ª ed. España: Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- 7- Ferrell O.; Hartline M.; (2012) Estrategia de marketing. 5ª ed. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- 8- Fonseca O.; (2007) Auditoría y Control. 1ª ed. Perú: Editorial Enlace Gubernamental S.A.C.
- 9- Freivalds, A. F. Andris, & Niebel, B. W. N. Benjamin. (2014). Ingeniería Industrial de Niebel. 13ª ed. España: McGraw-Hill.
- 10- Galgano A.; (2004) Caza del desperdicio: Doblar la productividad con "Lean Production". 2ª ed. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

- 11- González C.; Domingo R.; Sebastián M.; (2013) Técnicas de mejora de la calidad. 2ª ed. España: Editorial Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid.
- 12- Heredia J.; (2000) Sistema de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos. 2ª ed. España: Editorial Publicaciones de la Universidad Jaume I.
- 13- <https://dle.rae.es/eficacia?m=form>
- 14- <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es:term:3.2.5>
- 15- Jiménez A.; (2003) Diseño de procesos en Ingeniería Química. 1ª ed. México: Editorial Reverté, S.A.
- 16- Kendall E.; Kendall J.; (2005) Análisis y diseño de sistemas. 6ª ed. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- 17- Krajewski L.; (2000) Administración de Operaciones, Estrategia y análisis. 5ª ed. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- 18- López P.; (2016) Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas. 1ª ed. España: Editorial Fundación Confemetal.
- 19- Luceño A.; (2004) Métodos estadísticos para medir, describir y controlar la variabilidad. 1ª ed. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- 20- Niebel W. y Freivalds A. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12ª ed. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. De C.V.
- 21- Oliveira A.; (2018) Gerenciamiento del ciclo de calidad. 1ª ed. Brasil: Editorial Alta Books.
- 22- Robbins S.; (2002) Fundamentos de administración. 3ª ed. México: Editorial Pearson Educación.

- 23-Rodríguez J.; Castro L.; Del Real J.; (2006) Procesos industriales para materiales metálicos. . 2ª ed. España: Editorial Visión Libros.
- 24-Romero O.; Muñoz D.; Romero S.; (2006) Introducción a la Ingeniería: Un Enfoque Industrial. 1ª ed. México: International Thomsom Editores.
- 25-Pulliam Philips, P., & Philips, J. (2006). *Fundamentos del ROI*. Barcelona: Gestión 2000.
- 26- Sacristán F.; (2003) Técnicas de resolución de problemas: Criterios a seguir en la producción y el mantenimiento. 1ª ed. España: Editorial Fundación Confemetal.
- 27- Salgueiro A.; (2001) Indicadores de gestión y cuadro de mando. 3ª ed. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- 28- Sangüesa M.; Mateo R.; Ilzarbe L.; (2019) Teoría y práctica de la calidad. 2ª ed. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- 29-Silva O.; (2007) Planificación Eficiente y Tangible. 1ª ed. Venezuela: Lulu Publishers.
- 30- Tabuyo M.; (2008) Organización y gestión de los procesos. 1ª ed. España: Editorial Elearning S.L.
- 31- Vargas M.; Aldana L.; (2007) Calidad y Servicios: Conceptos y herramientas. 1ª ed. Colombia: Ecoe Ediciones.
- 32- Vavra T.; (2002) Cómo medir la satisfacción del cliente. 2ª ed. España: Editorial Fundación Confemetal.
- 33- Verdoy P.; Mateu J.; Sagasta S.; Sirvent R.; (2006) Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones. 1ª ed. España: Editorial Publicaciones de la Universidad Jaume I.