



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA
PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN
GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)**

Herbert Omar Arango Santos

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León de León

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA
PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA
CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HERBERT OMAR ARANGO SANTOS

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERON DE LEÓN DE DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

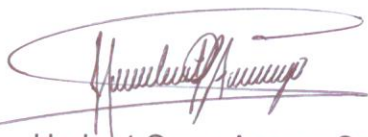
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento de Serrano
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha octubre de 2008.



Herbert Omar Arango Santos



Guatemala, 31 de octubre de 2011.
REF.EPS.DOC.1409.10.11.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

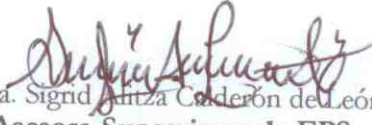
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Herbert Omar Arango Santos**, Carné No. **199919429** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Antza Corderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 31 de octubre de 2011.

REF.EPS.D.1009.10.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

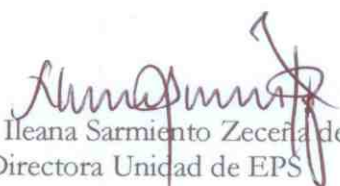
Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Herbert Omar Arango Santos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LAMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)**, presentado por el estudiante universitario **Herbert Omar Arango Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)**, presentado por el estudiante universitario **Herbert Omar Arango Santos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN GALVANIZADORA CENTROAMERICANA, S.A. (GALCASA)**, presentado por el estudiante universitario: **Herbert Omar Arango Santos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, enero de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su infinito amor, ser la guía en mi vida e iluminarme, para poder llegar hasta este momento.

Mis padres

Luis y Silvia, un eterno agradecimiento por su sacrificio, amor, ayuda y apoyo incondicional. Gracias a ustedes, esta meta culmina hoy.

Mis hermanas

Marlen y Zuly, gracias por todo el amor, cariño y apoyo que me han brindado a lo largo toda de la vida.

Mara Mencos

Por todo su amor, apoyo y por ser mi compañera a lo largo de estos años. Gracias por compartir conmigo este momento importante en mi vida.

Familias

Mencos Acajabón,

Lira Mencos,

Bobadilla Mencos

Por su cariño, amistad y palabras de aliento durante todo este tiempo.

A mis amigos

Gracias por su amistad sincera y el apoyo que me brindaron, ya que estos años en la universidad no hubiera sido igual sin ustedes.

A mis tíos

Gracias por sus palabras de aliento y su cariño, especialmente a mi tía Luz Santos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos de
Guatemala**

Por permitirme realizar mi sueño
de ser universitario.

Facultad de Ingeniería

Por la formación que me dio
como profesional y los momentos
vividos en la Facultad.

Mis catedráticos

Por saber guíarme y compartir
sus conocimientos conmigo.

GALCASA

Por abrirme las puertas de su
empresa y la amistad brindada
por todo el personal.

Inga. Sigrid Calderón

Por su apoyo, enseñanza y
paciencia al asesorar este
trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A. (GALCASA)	1
1.1. Reseña histórica	1
1.1.1. Historia de la empresa	1
1.1.2. Localización	2
1.1.3. Plano de ubicación	2
1.2. Planeación estratégica de GALCASA	4
1.2.1. Visión	4
1.2.2. Misión	4
1.2.3. Estructura organizacional	4
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Manejo de inventario	7
2.1.1. Modelo de cantidad económica	7
2.1.2. Métodos de inventario	11
2.1.2.1. Último en entrar primero en salir (UEPS)	11
2.1.2.2. Primero en entrar primero en salir (PEPS)	11
2.1.2.3. Valor promedio	12
2.2. Diagramas del proceso de producción	12

2.2.1.	Diagrama de procesos	12
2.2.2.	Diagrama de flujo	13
2.2.3.	Diagrama de recorrido	14
2.3.	Método de análisis Ishikawa	14
2.4.	Control de la de producción	15
2.4.1.	Organización de la producción	15
2.4.1.1.	Productividad	16
2.4.1.2.	Pronósticos de producción	17
2.4.1.3.	Planificación de la producción	18
2.4.2.	Programación de la producción	19
2.4.3.	Estudio del método de trabajo	20
2.4.3.1.	Simplificación del trabajo	20
2.4.3.2.	Procedimiento del estudio de métodos	20
2.4.4.	Estudio de tiempos	21
2.4.4.1.	Procedimientos para la medición del trabajo	21
2.4.4.1.1.	Definición	21
2.4.4.1.2.	Pasos básicos para su realización	22
2.4.4.1.3.	Preparación del estudio de tiempos	23
2.4.4.1.4.	Medición del tiempo	23
2.4.4.1.5.	Observaciones necesarias para el cálculo de tiempo normal	23
2.4.4.1.6.	Tiempo estándar	24
2.4.5.	Condiciones de almacenaje de producto terminado (humedad y ventilación)	27

3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN	29
3.1.	Análisis situacional actual de los procesos (Ishikawa)	29
3.1.1.	Procedimiento de pedido de materia prima e Insumos	42
3.1.2.	Promedios de consumo	43
3.1.3.	Costos de materia prima e insumos	45
3.2.	Diagramas del proceso de producción	47
3.2.1.	Diagrama de procesos	47
3.2.2.	Diagrama de flujo	49
3.2.3.	Diagrama de recorrido	51
3.3.	Proceso de producción	52
3.3.1.	Análisis de los tiempos de producción	52
3.3.2.	Planificación de la producción	54
3.3.3.	Costos de producción	54
3.3.4.	Indicadores de productividad	56
3.3.5.	Análisis de las condiciones de almacenaje de producto terminado	57
3.3.6.	Sistema de almacenaje de producto terminado	58
3.4.	Proceso administrativo	59
3.4.1.	Procedimiento de compra de materia prima e insumos	59
3.4.2.	Planificación, dirección, organización y control de los procesos de producción	60
3.4.3.	Integración de los procesos de la línea de producción	61
3.5.	Condiciones de almacenaje	61
3.5.1.	Ventilación	62
3.5.2.	Niveles de humedad	62

4.	MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN	65
4.1.	Planeación	65
4.1.1.	Cronograma de actividades	65
4.1.2.	Preparación (materiales, métodos, herramientas, y equipo)	66
4.1.3.	Conocimiento de los procesos	67
4.1.3.1.	Descripción de la corrosión y el Método de protección llamado galvanización	67
4.1.3.2.	Toma de datos	73
4.1.3.3.	Presentación gráfica de datos	74
4.1.3.4.	Análisis e interpretación de datos	75
4.1.4.	Identificación de mejoras	76
4.1.4.1.	Análisis de las procesos	76
4.1.4.2.	Diagrama estructural de los procesos	77
4.1.4.3.	Identificación de oportunidades de mejora	78
4.1.4.4.	Descripción detallada de las mejoras	79
4.1.4.5.	Planes de acción	83
4.2.	Integración de métodos	87
4.2.1.	Estudio de tiempos	87
4.2.2.	Análisis de operaciones	94
4.2.3.	Diagramas de procesos	94
4.2.3.1.	Diagrama de operaciones mejorado	94
4.2.3.2.	Diagrama de flujo mejorado	96
4.2.3.3.	Diagrama de recorrido mejorado	99
4.2.4.	Diseño de datos estándar	101
4.2.4.1.	Procedimientos estándar	101

4.2.5.	Incremento de productividad	102
4.2.5.1.	Productividad	102
4.2.5.2.	Tiempo de producción	103
4.2.5.3.	Indicador de productividad	103
4.2.5.4.	Manejo de recursos	105
4.2.5.5.	Análisis de costos	105
4.2.6.	Análisis e interpretación de resultados	112
4.2.7.	Consolidación de resultados	112
4.3.	Seguimiento al método implementado	112
4.3.1.	Implementación del modelo propuesto	113
4.3.2.	Medición de la productividad en cada uno de los procesos de producción	118
4.3.3.	Evaluación de los procedimientos implementados	118
4.4.	Control y seguimiento	119
4.4.1.	Mejora continua del modelo	119
4.4.2.	Identificación de mejoras al modelo	120
CONCLUSIONES		121
RECOMENDACIONES		123
BIBLIOGRAFÍA		125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de ubicación GALCASA	3
2.	Organigrama GALCASA	5
3.	Diagrama de lote económico	8
4.	Encuesta realizada al personal de GALCASA	31
5.	Pregunta 1: ¿Conoce nueva tecnología que pueda ser aplicada en su área de trabajo?	35
6.	Pregunta 2: ¿Considera que su trabajo puede realizarlo de otra forma?	35
7.	Pregunta 3: ¿Cree que su trabajo, puede ser ayudado con métodos que le permitan trabajar de una forma más ordenada y eficiente?	36
8.	Pregunta 4: ¿En algún momento, usted ha detenido algún proceso de producción por falta de algún insumo, materia prima o repuesto?	36
9.	Pregunta 5: ¿Existe algún nivel mínimo en inventario de materia prima, insumos o repuestos que usted tenga que reportar a sus superiores?	37
10.	Pregunta 6: ¿Considera que su trabajo lo podría hacer más rápido si la maquinaria estaría ubicada de otra forma?	37
11.	Pregunta 7: ¿Hace cuánto fue la última modificación o le agregaron tecnología a la maquinaria o el área de trabajo donde usted está?	38
12.	Pregunta 8: ¿Considera que, si se implementa nueva tecnología le ayudaría a realizar más rápido su trabajo?	38

13.	Pregunta 9: ¿Sabe usted, cuántas unidades, pies, o toneladas métricas, tiene que producir el departamento de producción?	39
14.	Pregunta 10: ¿Considera que, siendo un colaborador que no pertenece al departamento de producción, puede aportar significativamente a aumentar la producción?	39
15.	Pregunta 11: ¿El trabajo que usted realiza, en qué porcentaje considera que es un trabajo manual?	40
16.	Pregunta 12: ¿Sabe usted cuál es el tiempo que usted necesita para hacer una unidad de producto, una gestión, una actividad o una reparación?	40
17.	Pregunta 13: ¿Existe alguna meta de producción que deba de cumplir en su jornada de trabajo?	41
18.	Diagrama Ishikawa	42
19.	Diagrama de operaciones de proceso de galvanización	48
20.	Diagrama de flujo de proceso de galvanización	49
21.	Diagrama de recorrido de proceso de galvanización	51
22.	Cronograma de actividades	66
23.	Máquina corrugadora	72
24.	Mesas de alimentación de corrugadoras	73
25.	Diagrama hombre-máquina	74
26.	Diagrama estructural de procesos	78
27.	Ubicación actual de máquina corrugadora	81
28.	Propuesta de nueva ubicación de máquina corrugadora	82
29.	Gráfica de consumo mensual de zinc	83
30.	Gráfica de niveles de orden y punto de re-orden de zinc	86
31.	Diagrama de operación del proceso de galvanización mejorado	95
32.	Diagrama de flujo del proceso de galvanización mejorado	97
33.	Diagrama de recorrido del proceso de galvanización mejorado	100
34.	Diagrama hombre-máquina modelo propuesto	102

35.	Reporte de indicadores de productividad	104
36.	Presupuesto de proyecto	106
37.	Flujo de efectivo sin inversión de proyecto	109
38.	Flujo de efectivo con inversión del proyecto	111
39.	Procedimiento de compra	114

TABLAS

I.	Consumos de insumos	44
II.	Consumos promedio mensuales de insumos	45
III.	Costo promedio de materia prima e insumo	46
IV.	Velocidades de producción	53
V.	Porcentaje de costos de producción	55
VI.	Tiempos de operación de corrugadora	75
VII.	Comparativo de velocidades de producción	80
VIII.	Toma de tiempos para establece el $\bar{x}$	87
IX.	Toma de tiempos para establece el $\bar{x}$ con 65 datos	90
X.	Tabla de calificación de la actuación	91
XI.	Tabla de calificación de la actuación en GALCASA	92
XII.	Tabla de suplementos	93

GLOSARIO

Ánodo	Electrodo donde las reacciones anódicas o de oxidación, genera electrones como consecuencia del paso del metal en forma de iones, al electrolito, la corrosión ocurre en el ánodo.
Cátodo	Electrodo donde ocurren las reacciones de reducción, o reacciones catódicas, que consumen electrones porque combinan con determinados iones presentes en el electrolito, este electrodo no se corroe.
Crisol	También llamado paila de galvanización, es el tanque de acero donde se funde el zinc, plomo, estaño y antimonio.
Electrolito	Medio conductor a través del cual se transportan las especies iónicas generadas en las reacciones de oxidación-reducción.
Flux	Fundente que consiste en una solución de sales de cloruros de amonio y de zinc.
Pickling	También llamado decapado, es el proceso de eliminar de la superficie el óxido y la herrumbre, esto se realiza con ácido clorhídrico.

RESUMEN

Galvanizadora Centroamericana, S.A. (GALCASA) es una empresa que produce lámina galvanizada para techo y lámina lisa de uso industrial. Como toda empresa futurista, conoce perfectamente que debe competir en un mundo globalizado y muy competitivo, donde la forma para que una empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad o sus utilidades, es optimizando los recursos con los que cuenta esta empresa.

El desarrollo de este trabajo inició con un reconocimiento de todas las actividades que intervienen en el proceso de galvanización, esto permite conocer cuál es el entorno de trabajo, condiciones, la forma de hacer las tareas por parte de los colaboradores; y así comenzar por encontrar puntos fuertes y débiles del proceso de producción.

Luego de conocer los procesos y su entorno, se procedió a realizar entrevistas al personal que interviene en el proceso de producción, operativo, bodega, mantenimiento y administrativo. Luego de obtener los resultados, se hizo un diagrama de Ishikawa, de tal manera, que a partir de esta herramienta de evaluación; se iniciara con el desarrollo de métodos que permitieran disminuir las causas que se diagnosticaron en el diagrama.

Luego de haber encontrado las causas y el efecto que éstas generaban, se inició con una evaluación de las cantidades que se tenían en inventario de las materias primas y los insumos; para esto se hizo un análisis utilizando el

modelo de lote económico, se hizo una investigación de las cantidades que se habían utilizado en el último semestre, para poder determinar cuál era el consumo promedio, tanto de materias primas como de insumos. Con esto se logró obtener datos necesarios para la elaboración del modelo de lote económico para el manejo de inventarios

En el proceso de galvanizado, después de conocer y analizar el mecanismo de producción, se procedió a evaluar los consumos de insumos que dan la limpieza a la lámina en la galvanización, se encontró una serie de factores que limitaban la velocidad de la línea de producción; al eliminar estos factores se podrá tener una línea de producción más rápida; algunos otros factores no pueden ser eliminados por que así lo determina el proceso.

Se determinó que en el departamento de corrugación no existe un indicador que permita establecer en que punto de productividad se encuentra y hacia dónde se puede llegar.

Al encontrar un modelo que permita en cada proceso su optimización, se consolidarán los resultados individuales, para proponer el modelo que permita que los procesos relacionados tenga un alto grado de satisfacción para la empresa, y sea uno solo y se pueda dar seguimiento y mejora continua al modelo propuesto.

OBJETIVOS

General

Optimizar los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada.

Específicos

1. Crear indicadores que permitan medir la productividad en el proceso de producción de lámina galvanizada.
2. Incrementar la velocidad de la línea de galvanización, en la línea de producción.
3. Analizar dónde reubicar la maquinaria para incrementar la productividad en la línea de producción de corrugación.
4. Evaluar la cantidad óptima de zinc, que debe de realizarse en una orden de compra, con bases en el modelo lote económico

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del modelo que permita la optimización de los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada, se iniciará con la presentación de la empresa, dando a conocer todas sus generalidades, su planeación estratégica, misión y visión. Es importante conocer la empresa, saber cuándo inició operaciones en Guatemala, y dónde se encuentra ubicada dentro del territorio nacional. Asimismo, se realizará una descripción de los países a los cuales exporta GALCASA.

Es importante describir la base teórica sobre la cual se fundamenta el modelo, así como los principios de ingeniería industrial sobre los cuales se realizarán todos los análisis, estudios, tomas de tiempo y mediciones de indicadores. Se presentará toda la teoría, modelos de lotes económicos, principios de manejo de inventarios, ingeniería de métodos y administración.

Luego se realiza el análisis de la situación actual de todos los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada, la parte administrativa, el manejo de inventarios y la operación en sí; con el objetivo de realizar el diagnóstico de la situación actual.

Para finalizar, se presentara el modelo que permitirá elevar la productividad en la producción de lámina galvanizada, en algunos casos es iniciar por medir la situación actual, luego hacer el análisis y por último encontrar el método que contribuya a aumentarla productividad en el proceso.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Reseña histórica

La empresa Galvanizadora Centroamericana S.A. es una empresa con más de 40 años de operar en Guatemala, a continuación se presenta una reseña histórica.

1.1.1. Historia de la empresa

GALCASA fue fundada en 1965 con capital guatemalteco, americano y japonés de las empresas *SCM Corporation*, *Mitsubishi Corporation* y *Kawasaki Steel Corporation*. En 1987 *SCM Corporation* vendió sus acciones a *Mitsubishi Corporation* convirtiéndose como accionista mayoritario, actualmente a través de *Metal One Corporation* y *JFE Steel Corporation*. Desde su inicio se ha producido láminas lisas para uso artesanal y láminas acanaladas para techo, en diferentes calibres y medidas, proporcionando trabajo directo a más de 100 personas entre personal administrativo, técnico, operativo y de servicio; asimismo, trabajo indirecto a empresas nacionales, tales como : empresas de transportes, puertos nacionales, talleres eléctricos, mecánicos, fabricantes de guantes, uniformes, compañías que comercializan con suministros, repuestos electrodos, soldadoras, grasas y aceites, ferreterías y depósito de materiales para construcción.

Cuenta con una capacidad instalada de 24,000 toneladas métricas anuales de producción, 50% para consumo nacional y 50% para exportación.

Actualmente, exporta a Costa Rica, El Salvador, Honduras y Nicaragua, generando ventas de 175 millones de quetzales.

La experiencia durante más de 40 años le ha permitido ser líder en el mercado, ya que la marca es reconocida, no sólo por los años que lleva en el mercado, sino por su calidad la cual está basada en la tecnología japonesa.

1.1.2. Localización

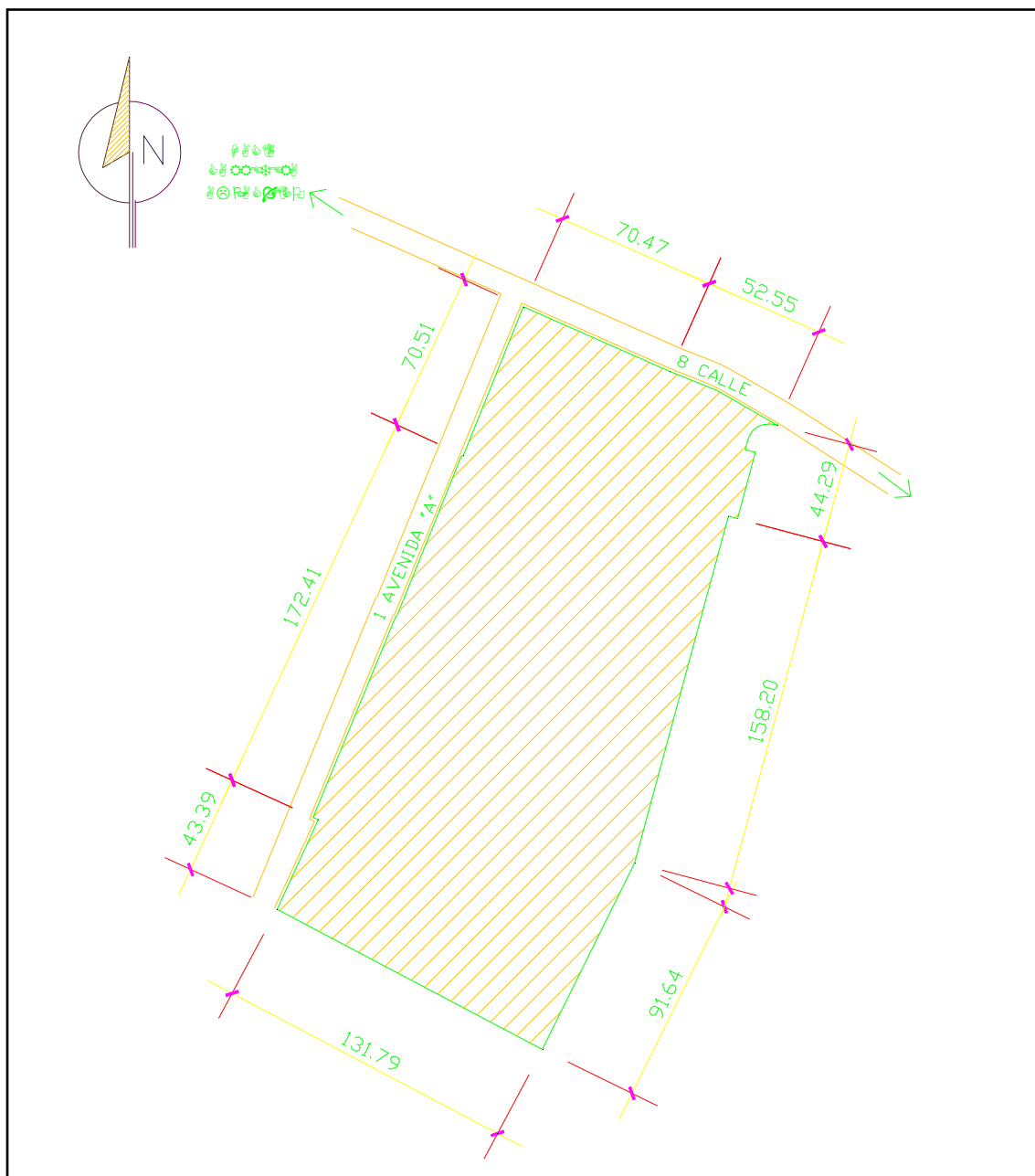
Se encuentra en la zona industrial del municipio de Villa Nueva a 16 Km. de la ciudad de Guatemala.

La dirección fiscal de la empresa es, 8va. calle 1-48 zona 1, Villa Nueva, Guatemala, C. A.

1.1.3. Plano de ubicación

El plano de ubicación del terreno donde se encuentra instalada la planta de GALCASA, en el municipio de Villa Nueva, se muestra en la figura 1.

Figura 1. Plano de ubicación



Fuente: GALCASA.

1.2. Planeación estratégica

Es el proceso a través del cual se declara la visión y la misión de la empresa, analizar la situación externa de ésta, establecer los objetivos generales, y formular las estrategias y planes estratégicos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

1.2.1. Visión

“Ser líderes a nivel centroamericano con calidad y eficiencia en la producción y comercialización de láminas galvanizadas y de otros productos derivados del acero para uso de la industria y la construcción”.

1.2.2. Misión

“Proveer productos para techos derivados del acero para satisfacer las necesidades de vivienda y de la industria, de acuerdo a los requerimientos del consumidor, utilizando estándares de calidad y eficiencia para el bienestar humano, que nos permita ser rentable para el beneficio de los accionistas, nuestros colaboradores y de la región centroamericana”.

1.2.3. Estructura organizacional

GALCASA cuenta con una estructura funcional. La cual consiste, como su nombre lo indica, en crear departamentos de acuerdo a la función dentro de una organización; esta creación por lo general, se basa en las funciones de trabajo desempeñadas.

Figura 2. **Organigrama GALCASA**



Como se puede observar, este tipo de organigrama se caracteriza porque una sola persona es quien toma todas las decisiones y tiene la responsabilidad básica del mando, el jefe superior asigna y distribuye el trabajo a los subordinados, quienes a su vez reportarán a un sólo jefe.

Las ventajas de una estructura organizacional de este tipo son:

- Mayor facilidad en la toma de decisiones y en la ejecución de las mismas
- No hay conflictos de autoridad ni fugas de responsabilidad
- Es claro y sencillo
- Útil en pequeñas, medianas y grandes empresas
- La disciplina es fácil de mantener

2. MARCO TEÓRICO

Se presenta la teoría sobre la cual se basa el desarrollo del trabajo de investigación.

2.1. Manejo de inventario

La teoría para el manejo de inventarios que se presentará con base en un modelo de cantidad económica.

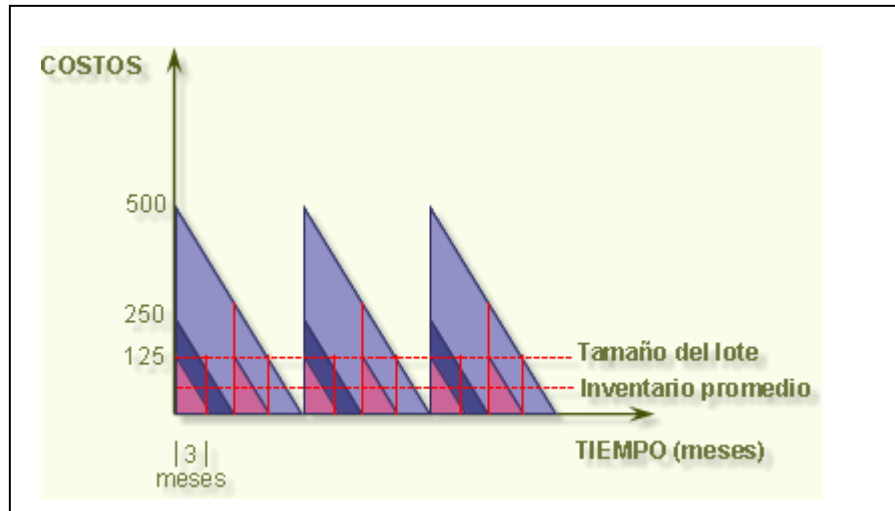
2.1.1. Modelo de cantidad económica

Este modelo parte de una serie de supuestos fuertes, los cuales se van suavizando a medida que avanza en la teoría; sin embargo, sus aplicaciones y utilidades son importantes a través del desarrollo posterior obtenido, lo hacen un punto de referencia obligado en todos los campos donde se hable de inventarios. Por eso no es extraño encontrar menciones a este modelo en múltiples libros de costos, de administración de operaciones, de logística, de cálculo y de otros temas. Los supuestos sobre los que este modelo se construye son:

- La demanda se conoce con certidumbre y es constante
- Los costos relacionados con el modelo permanecen constantes
- La cantidad de pedido por orden es la misma
- El pedido se recibe en el momento que se ordena
- El inventario se restablece en el momento en que se agota
- El proveedor nos surte las cantidades solicitadas en un solo lote

- Se considera un horizonte infinito y continuo en el tiempo

Figura 3. **Diagrama de lote económico**



Fuente: elaboración propia.

Para poder tomar una decisión sobre: la altura (cantidad de pedido), el número (números de pedidos en el periodo), la base del triángulo (tiempo entre pedidos), y conocer el valor asociado con estas decisiones es necesarios conocer los siguientes datos:

- Demanda: normalmente se trabaja anual, aunque el modelo permite otros manejos, se calcula a partir de los presupuestos de la empresa.
- Costo de pedido: éste se genera cada vez que la compañía efectúa una compra, en su cálculo debe involucrarse desde el tiempo que se toma para efectuar el pedido, hasta los gastos de transporte y recepción de la mercancía, sin olvidar incluir los gastos administrativos pertinentes al pago de la factura.

- Costo de mantenimiento: (conservación), éste indica cuánto vale tener la unidad de inventario en bodega, debe tenerse en cuenta desde el costo del dinero, hasta los seguros en caso de tenerlos, el de la bodega y el del personal que maneja los inventarios, este costo debe darse en la misma unidad de tiempo en que se estima la demanda.

La parte compleja del modelo es precisamente la definición de los costos anteriores, si se calculan objetivamente el modelo da unos resultados válidos, así no sean absolutamente exactos, el objetivo del modelo no es minimizar uno de estos costos, ya que su comportamiento es inverso y en caso de minimizar uno solo de ellos, el otro se dispara por lo que los costos asociados serán más altos, lo importante es minimizar la suma de los costos de pedir y de mantener, lo que se conoce con el nombre de costo asociado.

La simbología que se va a utilizar es una ya existente, en caso de que se consulte a alguno de los autores citados o a otros es posible encontrar símbolos diferentes, lo importante es tener claros los elementos conceptuales.

D : demanda

Co : costo de pedido

Cc : costo de conservación

Q* : cantidad económica de pedido

N : número de pedidos

Tc : tiempo entre pedidos

CA : costo asociado a la política de inventarios

CT : costo total, involucra valor de los artículos y el costo asociado

Calculando las primeras tres variables los demás valores quedan automáticamente dados, la demostración del porqué se utilizan las fórmulas siguientes provienen del cálculo diferencial.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * C_o}{C_c}}$$

$$N = \frac{D}{Q}$$

$$T_c = \frac{1}{N} * \text{Número de días hábiles}$$

$$CA = \sqrt{2 * D * C_o * C_c}$$

$$CT = (D * C) + (C/Q * C_o) + (Q/2 * C_c)$$

2.1.2. Métodos de inventario

Se presentan tres métodos para el manejo y control de inventarios, éstos son: UEPS, PEPS y valor promedio.

2.1.2.1. Último en entrar primero en salir (UEPS)

El método UEPS supone que los últimos materiales recibidos son los primeros que se utilizan. Por lo tanto, el inventario final refleja los precios de los primeros materiales recibidos. Con el UEPS, el costo de los materiales usados refleja exactamente los costos corrientes, la determinación del ingreso debe ser más precisa porque los costos corrientes se enfrentan con el ingreso corriente. En algunos casos, este método también se adhiere al concepto de flujos de materiales.

El costo de los materiales utilizados se calcula tomando primero la última compra y luego retrocediendo.

El inventario final de los materiales se calcula a partir del inventario inicial de los materiales o de la primera compra y se trabaja hacia delante.

2.1.2.2. Primero en entrar primero en salir (PEPS)

El método PEPS de costeo de inventario se basa en la premisa de que los primeros artículos comprados son los que primero se despachan.

Mediante este método, el inventario final estaría compuesto de los materiales recibidos al final, y los precios por tanto, reflejarían los costos actuales. Para calcular el costo de los materiales usados, se trabaja a partir del

inventario inicial de materiales o de la primera compra y se avanza en el tiempo.

Para calcular el inventario final de materiales, se trabaja a partir de las compras más recientes y se retrocede con el tiempo.

2.1.2.3. Valor promedio

Se toma el valor de lo que se encuentra en inventario a un costo por unidad y se suma al inventario las cantidades con un costo por unidad.

De esta forma, el costo es el promedio de todo lo que se encuentra en inventario.

2.2. Diagramas del proceso de producción

Para mejorar un trabajo se debe de saber exactamente en qué consiste y, excepto en el caso de trabajos simples y cortos, rara vez se tiene la certeza de conocer todos los detalles la tarea. Por lo tanto, se deben de observar todos los detalles registrados.

2.2.1. Diagrama de procesos

Un diagrama del proceso de la operación es una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; pueden además comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis, por ejemplo el tiempo requerido, la situación de cada paso.

Los objetivos del diagrama de las operaciones del proceso son dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Estudiar las fases del proceso en forma sistemática. Mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales. Esto con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos, estudiar las operaciones, para eliminar el tiempo improductivo. Finalmente, estudiar las operaciones y las inspecciones en relación unas con otras dentro de un mismo proceso.

Los diagramas del proceso de la operación difieren ampliamente entre sí, a consecuencia de las diferencias entre procesos que representan. Por lo tanto, es práctico sólo utilizar formularios impresos que faciliten escribir la información de identificación.

Los diagramas del proceso de la operación se hacen sobre papel blanco, de tamaño suficiente para este propósito.

Cualquier diagrama debe reconocerse por medio de la información escrita en la parte superior del mismo. Si el papel tiene que doblarse para ser archivado, la información necesaria debe también colocarse como mejor convenga a su localización. Es práctica común encabezar la información que distingue a estos diagramas con la frase diagrama del proceso de operación.

2.2.2. Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tiene lugar durante un proceso dad en cinco clasificaciones. Éstas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

2.2.3. Diagrama de recorrido

Se utiliza para complementar el análisis del proceso. Se traza tomando como base un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas; sobre todo este diagrama dibuja la circulación del proceso levantado.

2.3. Método de análisis Ishikawa

También llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX, en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas, como es la calidad de los procesos, los productos y servicios.

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas, como las espinas de un pez, que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo

mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

La primera parte de este Diagrama muestra todas aquellos posibles factores que puedan estar originando alguno de los problemas que se tienen, la segunda fase luego de la tormenta de ideas es la ponderación o valoración de estos factores, a fin de centralizarse específicamente, sobre los problemas principales, esta ponderación puede realizarse, ya sea por la experiencia de quienes participan o por investigaciones *in situ* que sustenten el valor asignado.

2.4. Control de la de producción

Dentro de los controles que se deben de establecer para la producción inician con la organización de la misma, esto permite establecer la capacidad de producción y de la disponibilidad de los recursos para poder cumplir con los objetivos de producción.

2.4.1. Organización de la producción

La organización de la producción permite establecer con anticipación los requerimientos que tendrá el departamento, así como la planificación que se tendrá para poder cumplir con los requerimientos.

2.4.1.1. Productividad

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (insumos) en un período de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así, con el recurso humano o los trabajadores. Deben de considerarse factores que influyen.

Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran a juego otros aspectos muy importantes como:

- Calidad: La calidad es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de labor o trabajo.
- Productividad: salida/ entradas
- Entradas: mano de obra, materia prima, maquinaria, energía, capital
- Salidas: productos
- Misma entrada, salida más grande

- Entrada más pequeña misma salida
- Incrementar salida, disminuir entrada
- Incrementar salida más rápido que la entrada. Disminuir la salida en forma menor que la entrada.

La productividad se define como la relación entre insumos y productos, en tanto que la eficiencia representa el costo por unidad de producto.

2.4.1.2. Pronósticos de producción

Un pronóstico de la demanda es una predicción de lo que sucederá con las ventas existentes de los productos de la empresa. Lo ideal es determinar el pronóstico de la demanda con un enfoque multifuncional. Se debe considerar las entradas de ventas y mercadeo, finanzas y producción. El pronóstico final de la demanda es el consenso de todos los gerentes participantes. También es aconsejable conformar un grupo de planeación de ventas y operaciones compuesto por representantes de los distintos departamentos a los que se les encargará preparar el pronóstico de la demanda.

La determinación de los pronósticos de la demanda se realiza con los siguientes pasos:

- Determinación del uso del pronóstico
- Selección de los *ítems* o productos del pronóstico
- Determinación del marco de tiempo del pronóstico

- Selección de los modelos de pronóstico
- Recopilación de datos
- Realización del pronóstico
- Validación e implementación de los resultados

2.4.1.3. Planificación de la producción

Los pasos para la planificación de la producción son los siguientes:

- Establecer la demanda: es transformar los requerimientos de unidades a horas por cada producto por el período de venta en los pronósticos.
- Establecer la oferta: calcular la disponibilidad total de tiempo para la producción en función de los planes de trabajo que se puedan presentar, luego distribuir este tiempo acorde a la demanda que posee cada producto, lo que daría por resultado saber si se puede satisfacer la demanda y cuántos son los posibles planes que pueden utilizarse.
- Estimar costos: calcular los costos principales en que se incurrirá para producir lo pronosticado, costo de almacenaje traducido a costo por hora, costo por hora de materia prima, costo por hora de mano de obra.
- Utilizar matrices: en un sentido se ubica la disponibilidad de tiempo normal y tiempo extra por cada período y en el otro los requerimientos para visualizar en forma rápida lo que se posee y lo que se pide. Se realiza una matriz de planificación por cada producto y por cada plan de trabajo.

- Tomar decisión: luego que se ha terminado de preparar la matriz de planificación, se calcula el costo total para los diferentes planes de acuerdo a las horas en que se producirá y en los meses que se trabajará. Al momento de tener resultados económicos muy parecidos o cercano de una matriz de planificación respecto a lo que se ha considerado como lo mejor, se recomienda se analicen los aspectos de holgura en los trabajadores, ya que esto puede ser más perjudicial que la diferencia que pueda haber en función del costo.

2.4.2. Programación de la producción

Luego de haber hecho el o los pronósticos y de la planificación, se hará la programación de la producción, el análisis y el control de los aspectos operacionales del sistema productivo. La estrategia o plan de trabajo se basará en el aspecto de cumplir con la posible demanda, detectar cuál es el plan que arroja el menor costo de producción para su futura ejecución.

Producción continua: proceso repetido que se tiene para producir un número de artículos homogéneos o similares en cantidades grandes y para todo tiempo o época. Se identifica por tener un gran volumen de producción, por lo tanto el control de inventarios adquiere mucha importancia.

Producción intermitente: una fabrica o taller que produce trabajos o servicios de toda índole o variados, en donde las máquinas están agrupadas según el tipo de trabajo que realizan. Para este tipo de producción, las operaciones son de escasa duración y la discontinuidad del trabajo de las máquinas es patente. Se basa en las especificaciones del cliente, se conoce la cantidad a producir por orden del cliente. Si los pedidos llegan en forma

constante este producto pasa a ser de producción continua, si el producto se solicita en diferentes épocas se convierte en producción mixta.

2.4.3. Estudio del método de trabajo

El estudio del método de trabajo permite optimizar los recursos de producción, también identificar mejoras en la forma de hacer las operaciones.

2.4.3.1. Simplificación del trabajo

La simplificación del trabajo es la aplicación de técnicas que determinen el contenido de una tarea definida, fijando el tiempo que el trabajador calificado invierta en llevar a cabo, con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

2.4.3.2. Procedimiento del estudio de métodos

Existen varios métodos para la simplificación del trabajo, cada uno permite la medición del trabajo dentro de la industria, para lo cual se dan las siguientes definiciones:

- **Medición del trabajo:** es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado.
- **Tiempo estándar:** es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, usando método y equipo estándar, por un

trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día sin mostrar síntomas de fatiga.

2.4.4. Estudio de tiempos

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

2.4.4.1. Procedimientos para la medición del trabajo

Dos son los objetivos que se pueden satisfacer con la medición:

- Incrementar la eficiencia del trabajo
- Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como los costos, de programación de la producción, de supervisión.

2.4.4.1.1. Definición

La medición del trabajo es una herramienta que la administración dispone para controlar la eficiencia del trabajo y de esta manera estar en posibilidad de incrementarla.

2.4.4.1.2. Pasos básicos para su realización

- Preparación
 - o Selección de la operación
 - o Selección del trabajador
 - o Análisis de comprobación del método de trabajo
 - o Actitud frente al trabajador
- Ejecución
 - o Obtener y registrar la información
 - o Descomponer la tarea en elementos
 - o Cronometrar
 - o Cálculo del tiempo observado
- Valorización
 - o Ritmo normal del trabajador promedio
 - o Técnicas de valoración
 - o Cálculo del tiempo base o valorado
- Suplementos
 - o Análisis de demoras
 - o Estudio de fatiga
 - o Cálculo de suplementos y sus tolerancias

- Tiempo estándar
 - o Error de tiempo estándar
 - o Cálculo de frecuencia de los elementos
 - o Determinación del tiempo de interferencia
 - o Cálculo del tiempo estándar

2.4.4.1.3. Preparación del estudio de tiempos

Selección de la operación, qué operación se va a medir, su tiempo en primer orden, es una decisión que depende del objetivo general que se persigue con el estudio de medición; no obstante, se puede emplear los siguientes criterios para hacer la elección.

2.4.4.1.4. Medición del tiempo

Una vez que se tiene registrada toda la información, general y la referencia al método normalizado de trabajo, las siguientes fases consiste en hacer la medición del tiempo de la operación, a esta tarea se le llama, comúnmente, el cronometraje

2.4.4.1.5. Observaciones necesarias para el cálculo de tiempo normal

La longitud del estudio de tiempos dependerá en gran parte de la naturaleza de la operación individual. El número de ciclos que deberá observarse para obtener un tiempo medio representativo de una operación determinada depende de los siguientes procedimientos:

- Por fórmula estadística
- A través del ábaco de Lifson
- Con el criterio de las tablas de Westinghouse
- Por medio del criterio de General Electric

Estos procedimientos se aplican cuando se pueden realizar gran número de observaciones, pues cuando el número de éstas es limitado y pequeño, se utiliza para el cálculo del tiempo normal representativo la medida aritmética de las mediciones efectuadas.

2.4.4.1.6. Tiempo estándar

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

El tiempo estándar tiene las siguientes aplicaciones:

- Para determinar el salario devengable por esa tarea específica; sólo es necesario convertir el tiempo en valor monetario.

- Ayuda a la planeación de la producción: los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del trabajo de los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en las conjeturas o adivinanzas.
- Facilita la supervisión: para un supervisor, cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos; los tiempos de producción le servirán para lograr la coordinación de todos los elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos. Además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad.
- Ayuda a establecer las cargas de trabajo: facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas, y proporciona a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo en caso de expansión.
- Ayuda a formular un sistema de costo estándar: el tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora, proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados: los tiempos estándar de mano de obra, presupuestarán el costo de los artículos que se planea producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales.
- Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control: se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite

establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida; la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontrará en posibilidad de aumentar su producción reduciendo costos unitarios.

- Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores. Los tiempos estándar serán parámetro que mostrará a los supervisores la forma como los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

Las ventajas de la aplicación de los tiempos estándar son:

- o Reducción de los costos: al descartar el trabajo improductivo y los tiempos ociosos, la razón de rapidez de producción es mayor, esto es, se produce un mayor número de unidades en el mismo tiempo.
- o Mejora de las condiciones obreras: los tiempos estándar permiten establecer sistemas de pagos de salarios con incentivos, en los cuales los obreros, al producir un número de unidades superiores a la cantidad obtenida a la velocidad normal, perciben una remuneración extra.

2.4.5. Condiciones de almacenaje de producto terminado (humedad y ventilación)

Las condiciones de almacenaje de producto terminado dependerán del producto que se desea almacenar, ya que no son las mismas condiciones para productos perecederos, que las condiciones para productos no perecederos.

Las condiciones para productos no perecederos tienden por lo general a ser menos estrictas y de menor cuidado. Las condiciones de humedad pueden ser tomadas en consideración, pero no serán consideradas como puntos críticos.

La ventilación es muy importante en cualquier bodega, por lo general las bodegas de almacenamiento de producto no perecedero, tienden a ser edificios con una ventilación natural.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Se presenta un análisis de la situación actual de los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada. Con base al análisis que se realizó, se presentará una propuesta para mejorar estos procesos.

3.1. Análisis situacional actual de los procesos (Ishikawa)

Para poder hacer el análisis y presentar un diagrama, se procedió a realizar una encuesta al personal de bodega, producción, mantenimiento y del departamento de compras.

Se calculó el número de entrevistas realizadas, con la siguiente fórmula estadística de población.

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza, utilizaremos 1.96

e = 5%

p = 0.95

q = 0.05

$$n = \frac{1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.05^2}$$

$$n = 72.99$$

Cuando la población es pequeña, utilizando el dato anterior de la fórmula se puede encontrar la muestra con base en la siguiente fórmula. La población es de 150.

$$\frac{1}{n'} = \frac{1}{n} + \frac{1}{N}$$

$$\frac{1}{n'} = \frac{1}{72.99} + \frac{1}{150}$$

$$n' = 49.09$$

El tamaño de la muestra es de 49.

Con base en los cálculos anteriores se procede a realizar la siguiente entrevista. Se realizaron 49 encuestas que permitieron conocer la situación actual de la empresa, y hacer un análisis actual en los procesos que intervienen en la producción.

A los empleados se les proporcionó una encuesta y respondieron a las preguntas con el objetivo de recabar más información sobre la actividad que realizan en el proceso de producción.

Las preguntas de la boleta de la encuesta fueron las siguientes:

Figura 4. **Encuesta realizada al personal de GALCASA**



GALVANIZADORA CENTROAMERICANA, S.A.
Encuesta

Instrucciones: por favor proceda a responder las siguientes preguntas, deberá contestar

1. ¿Conoce nueva tecnología que pueda ser aplicada en su área de trabajo?

a) Si
b) No
c) Muy poca

2. ¿Considera que su trabajo puede realizarlo de otra forma?

a) Si
b) No

3. ¿Cree que su trabajo, puede ser ayudado con métodos que le permitan trabajar de una forma más ordena y eficiente?

a) Si
b) No

Continuación figura 4.

4. ¿En algún momento, usted ha detenido algún proceso de producción por falta de algún insumo, materia prima o repuesto?

- a) Si
- b) No

5. ¿Existe algún nivel mínimo en inventario de materia prima, insumos o repuestos que usted tenga que reportar a sus superiores?

- a) Si
- b) No

6. ¿Considera que su trabajo lo podría hacer más rápido si la maquinaria estaría ubicada de otra forma?

- a) Si
- b) No

7. ¿Hace cuánto fue la última modificación o le agregaron tecnología a la maquinaria o el área de trabajo donde usted está?

- a) Recientemente
- b) Hace 5 años
- c) Hace más de 5 años
- d) Hace más de 10 años

Continuación figura 4.

8. ¿Considera que, si se implementa nueva tecnología le ayudaría a realizar más rápido su trabajo?

- a) Si
- b) No sabe
- c) No

9. ¿Sabe usted, cuántas unidades, pies, toneladas métricas, tiene que producir el departamento de producción?

- a) Siempre
- b) Ocasionalmente
- c) Nunca

10. ¿Considera que, siendo un colaborador que no pertenece al departamento de producción, puede aportar significativamente a aumentar la producción?

- a) Si
- b) No

11. ¿El trabajo que usted realiza, en qué porcentaje considera que es un trabajo manual?

- a) Entre 0% a 25%
- b) Entre 25% a 50%
- c) Entre 50% a 75%
- d) Entre 75% a 100%

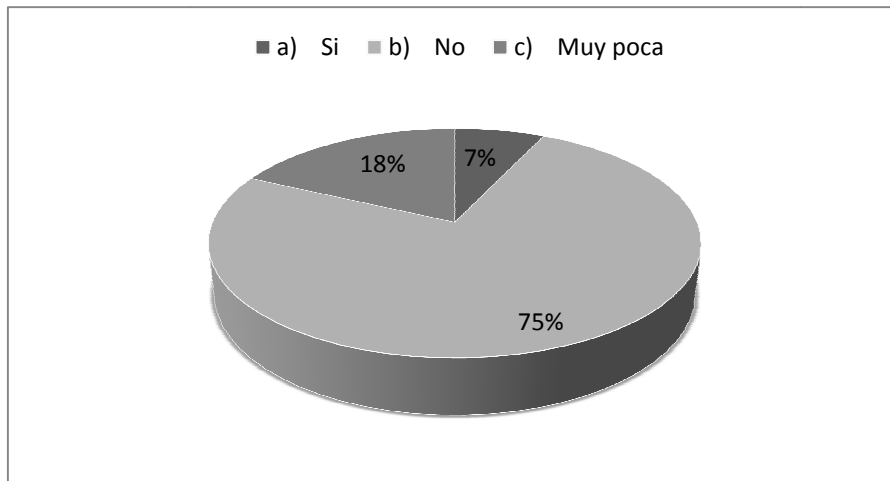
Continuación figura 4.

12. ¿Sabe usted cual es el tiempo que usted necesita para hacer una unidad de producto, una gestión, una actividad o una reparación? a) Si b) No 13. ¿Existe alguna meta de producción que deba de cumplir en su jornada de trabajo? a) Si b) No
--

Fuente: elaboración propia.

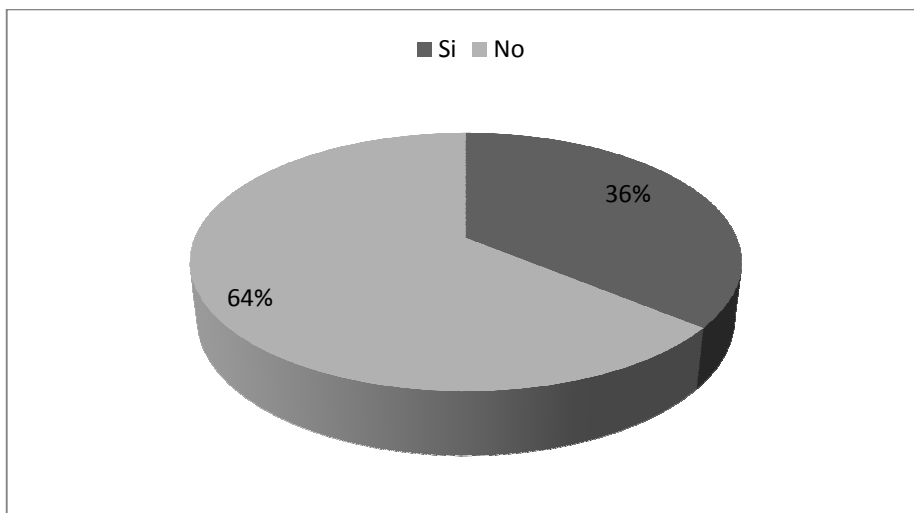
Los resultados relevantes de la encuesta que se hizo con el personal de varios departamentos fueron los siguientes.

Figura 5. **¿Conoce nueva tecnología que pueda ser aplicada en su área de trabajo?**



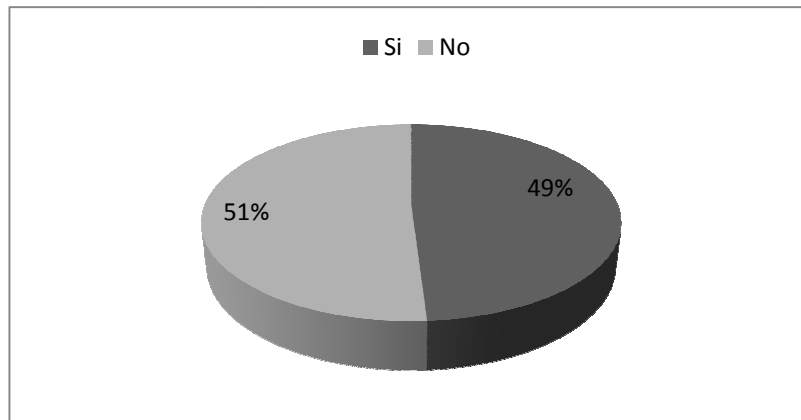
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **¿Considera que su trabajo puede realizarlo de otra forma?**



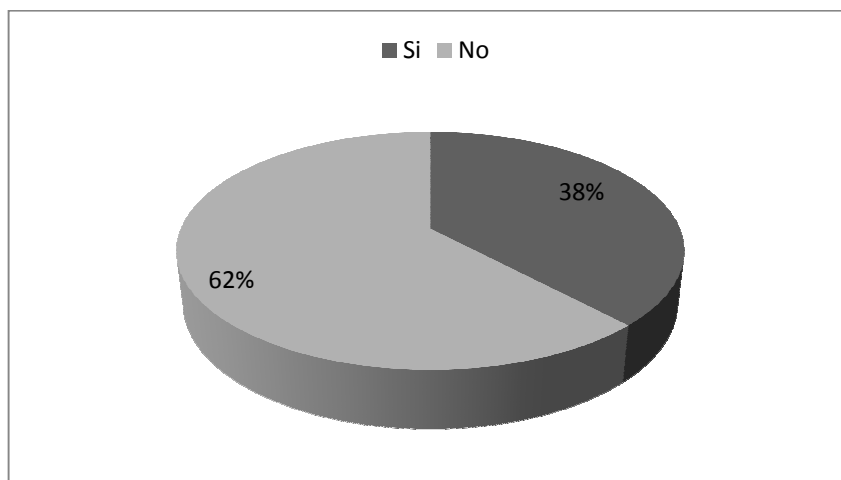
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **¿Cree que su trabajo, puede ser ayudado con métodos que le permitan trabajar de una forma más ordenada y eficiente?**



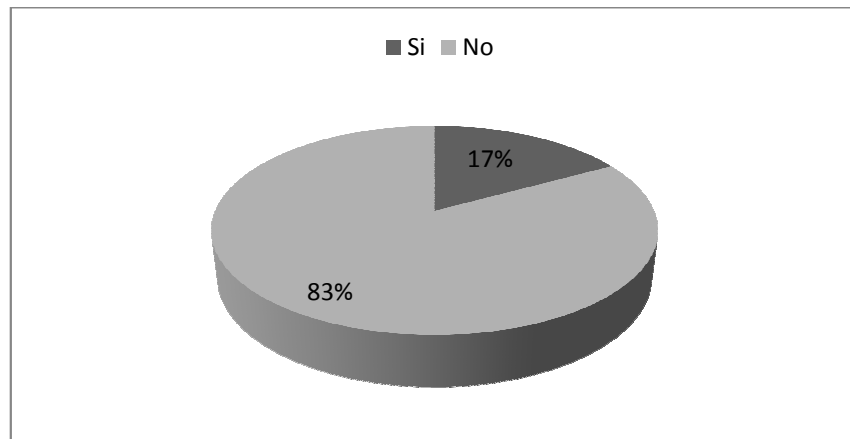
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **¿En algún momento, usted ha detenido algún proceso de producción por falta de algún insumo, materia prima o repuesto?**



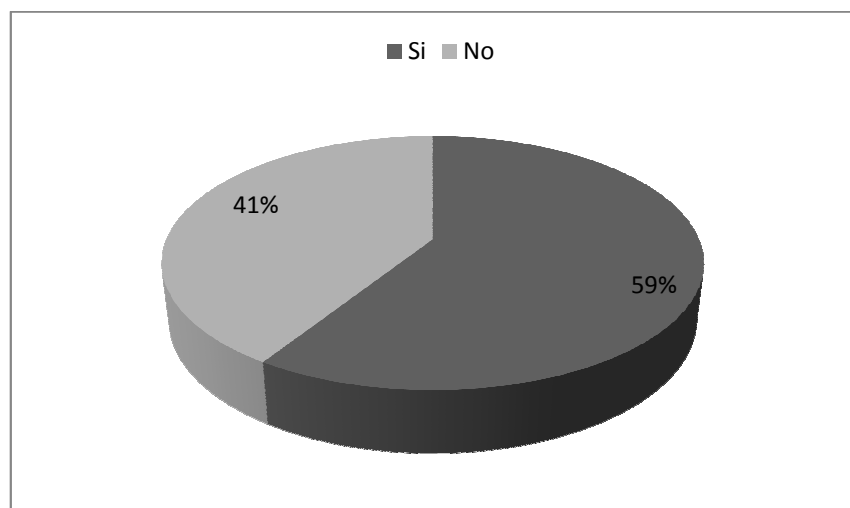
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **¿Existe algún nivel mínimo en inventario de materia prima, insumos o repuestos que usted tenga que reportar a sus superiores?**



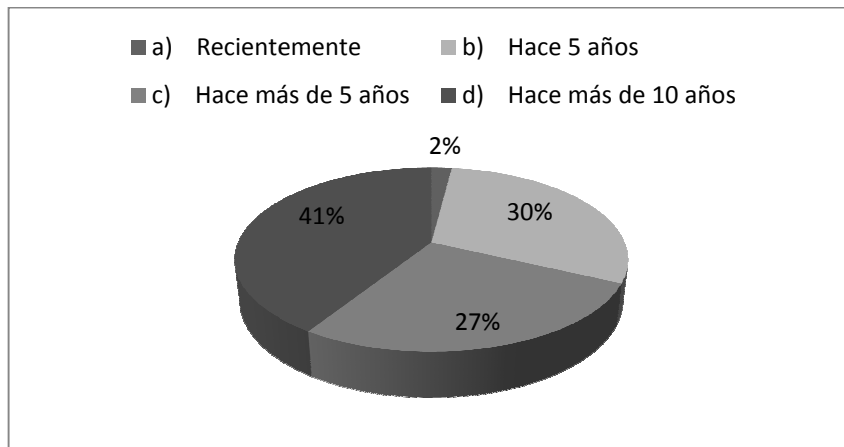
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **¿Considera que su trabajo lo podría hacer más rápido si la maquinaria estaría ubicada de otra forma?**



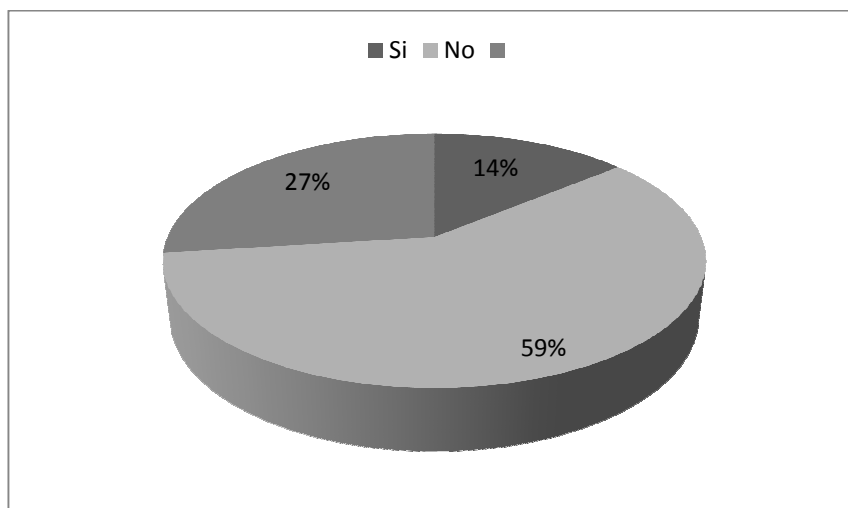
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **¿Hace cuánto fue la última modificación o le agregaron tecnología a la maquinaria o el área de trabajo donde usted está?**



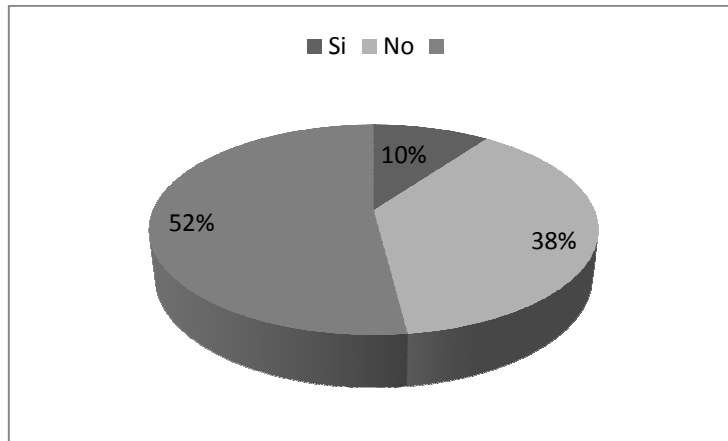
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **¿Considera que, si se implementa nueva tecnología le ayudaría a realizar más rápido su trabajo?**



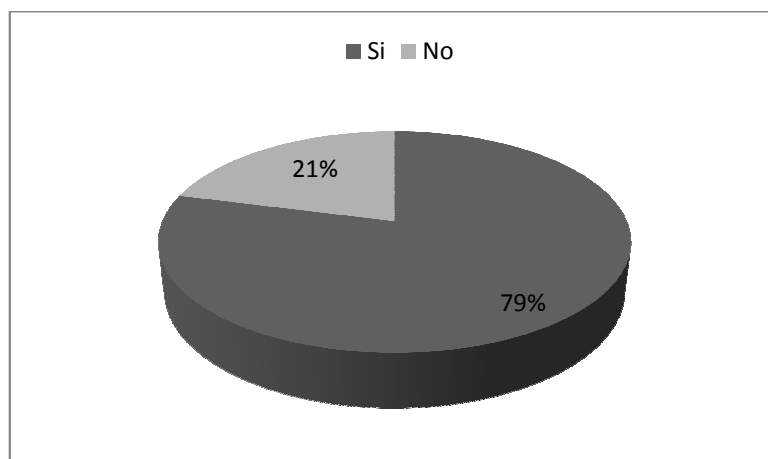
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **¿Sabe usted, cuántas unidades, pies, o toneladas métricas, tiene que producir el departamento de producción?**



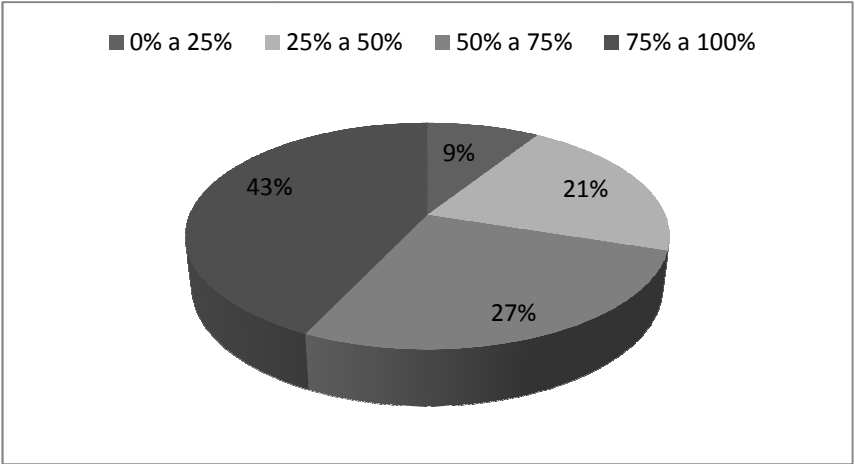
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **¿Considera que, siendo un colaborador que no pertenece al departamento de producción, puede aportar significativamente a aumentar la producción?**



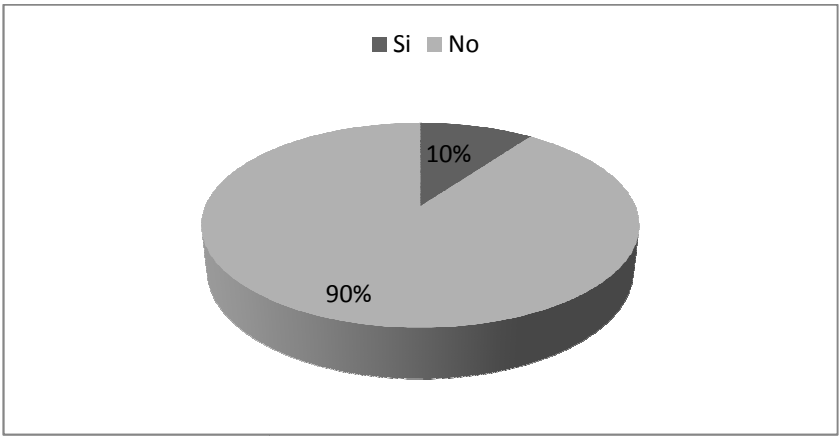
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **¿El trabajo que usted realiza, en qué porcentaje considera que es un trabajo manual?**



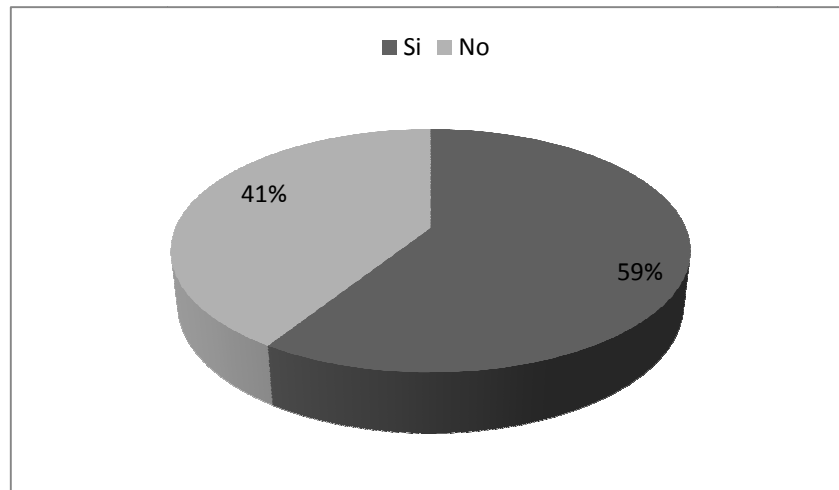
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **¿Sabe usted cuál es el tiempo que usted necesita para hacer una unidad de producto, una gestión, una actividad o una reparación?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **¿Existe alguna meta de producción que deba de cumplir en su jornada de trabajo?**

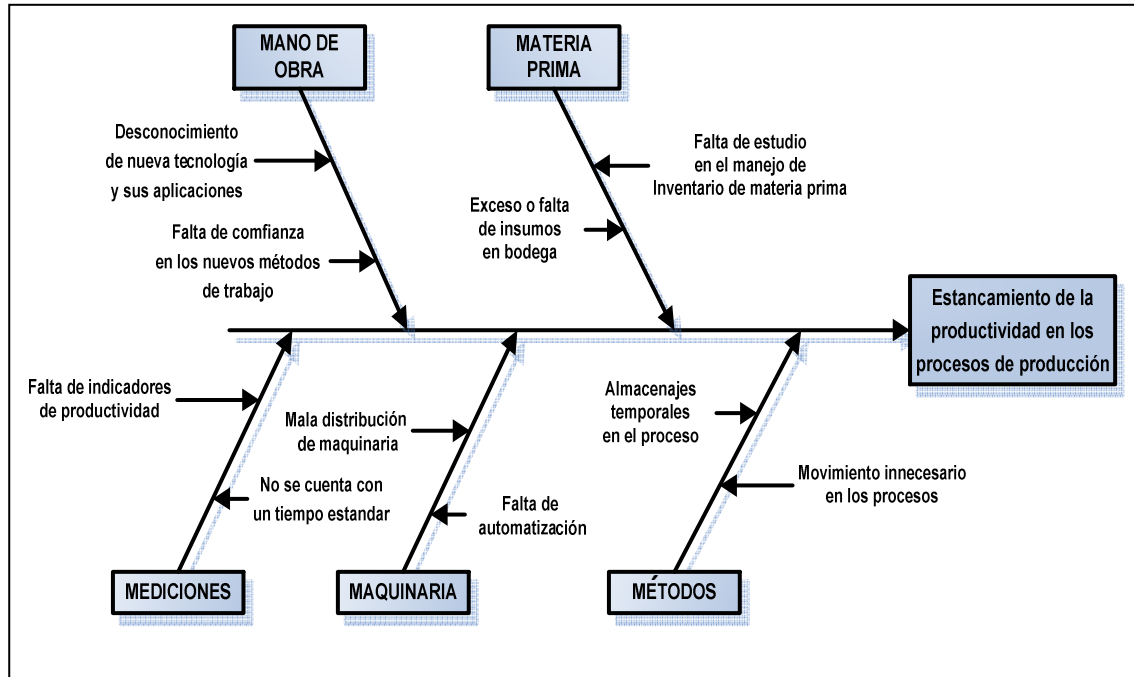


Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos demuestran que no se ha tenido una medición en los tiempos de trabajo, no se ha cambiado la forma de trabajar en los últimos 10 años, y también refleja que en algunos casos se ha detenido la producción por falta de materia prima o insumos, o por no contar con repuestos en el momento.

A continuación se presenta un diagrama de causa-efecto, basado en los resultados obtenidos de la encuesta antes descrita. Este diagrama servirá para identificar visiblemente qué efecto está teniendo (ver figura 18).

Figura 18. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama, existen problemas que pueden ser solucionados, que están teniendo un efecto de paralizar o detener un crecimiento en la productividad de los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada.

3.1.1. Procedimiento de pedido de materia prima e insumos

El procedimiento de pedido de materia prima, se basa en el consumo promedio y la producción estimada, de acuerdo a esto, se hace un cálculo de la duración que se tendrá de los productos basados en la existencia de inventario. Se tiene un tiempo establecido que tarda en llegar el producto a la bodega,

desde que se coloca la orden de compra, tomando esta información se procede a realizar el pedido de materias primas e insumos.

El problema que se observa, es que no existe un procedimiento de compra de materia prima e insumos, tampoco existe una manual que permita conocer cuáles son los pasos a seguir, cuando la gerencia de producción o el responsable de las materias primas deban de seguir.

Otro problema que se encontró, es que no se cuenta con un sistema de manejo de inventarios basado en máximos y mínimos, que permitan evaluar las cantidades existentes en la bodega; para proceder con la compra, en el momento justo y la cantidad optima, esto con el fin de optimizar el espacio físico de la bodega, al igual que los recursos de la empresa.

3.1.2. Promedios de consumo

Para lograr la optimización en una línea de producción se debe de analizar cada uno de los procesos que intervienen en la misma, dentro de los procesos administrativos se debe de tomar en cuenta el manejo de los inventarios y el manejo dentro de la bodega

Uno de los objetivos principales de verificar y establecer los niveles máximos y mínimos en inventario, así como los tiempos necesarios para hacer un pedido o una orden de compra.

GALCASA no cuenta con un manejo de inventarios basado en máximos y mínimos, el problema que puede presentar en el futuro es tener un inventario alto, o en algunos casos quedar con un inventario a cero y con tiempos prolongados.

A continuación se presenta el listado de la materia prima e insumos que se utilizan en la producción de lámina galvanizada.

- Ácido clorhídrico
- Antimonio
- Azufre
- Cloruro de amonio
- Estaño
- Zinc

Se hizo una tabla que permita ver las cantidades utilizadas por mes, durante el primer semestre y de esta forma poder determinar las cantidades que se debe de tener en bodega, siempre utilizando como base el modelo de cantidad económica para poder tomar una decisión en base a costos y relación de beneficio/costo.

Tabla I. **Consumos de insumos**

Producto	Unidad						
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ácido clorhídrico	Kgs.	4 579	3 884	4 102	4 080	3 081	4 123
Antimonio	Kgs.	280	316	323	301	338	221
Azufre	Kgs.	1 354	1 289	1 333	1 296	1 440	1 495
Cloruro de amonio	Kgs.	8 022	8 799	9 311	8 511	10 307	9 477
Estaño	Kgs.	104	118	121	112	127	118
Plomo	Kgs.	3 562	2 373	2 280	2 295	2 186	3 657
Zinc	Kgs.	101 802	120 701	122 878	115 660	131 112	128 792

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla I, los consumos de estos productos, que son insumos para la producción o materia prima como el zinc, son cantidades que difícilmente se pueden comprar en el mercado local. Todos son de importación, de ahí la importancia de crear máximos y mínimos en los insumos, para no quedar desabastecidos en cualquier momento.

Tabla II. **Consumos promedio mensuales de insumos**

Producto	Unidad	Promedios de consumo
Ácido clorhídrico	Kgs.	3 975
Antimonio	Kgs.	297
Azufre	Kgs.	1 368
Cloruro de amonio	Kgs.	9 071
Estaño	Kgs.	117
Plomo	Kgs.	2 726
Zinc	Kgs.	120 158

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Costos de materia prima e insumos

Es de suma importancia establecer los costos de la materia prima e insumos, ya que permitirá tener una estimación de la inversión que se tiene en inventario.

Establecer un máximo en inventarios, que permita a GALCASA tener una producción sin interrupciones por falta de materia prima o insumos, pero a la vez, que esta cantidad sea idónea desde el punto de vista financiero. Otro factor de importancia de tener un análisis de los costos de materia prima e

insumos, es que los precios internacionales de los metales están en constante cambio.

Tabla III. **Costo promedio de materia prima e insumo**

Producto	Unidad	Costo en Q. por kilogramo
Ácido Clorhídrico	Kgs.	2,90
Antimonio	Kgs.	129,67
Azufre	Kgs.	8,04
Cloruro de Amonio	Kgs.	3,59
Estaño	Kgs.	281,22
Plomo	Kgs.	21,07
Zinc	Kgs.	19,36

Fuente: elaboración propia.

Si el consumo promedio mensual del zinc es de 120 158 Kg. Al realizar una operación para estimar la inversión que se debe de hacer para poder tener materia prima para un mes de producción, da como resultado:

$$\text{Costo total} = 120158 * \text{Q.}19,36$$

$$\text{Costo total} = \text{Q. } 2\,326\,259,00$$

Esta es una compra mensual de más de 2 millones de quetzales, sólo en el zinc, de ahí la necesidad de poder hacer una evaluación de los máximos y mínimos de inventario, de materia prima e insumos. No se puede hacer una compra sin saber cuál será el efecto; de comprar más de una cantidad óptima de materia prima. Si se sabe claramente cuál sería el efecto de quedarse sin materia prima, este es dejar de producir. El problema es que nunca se puede dejar de producir, ya que si por algún motivo se para la producción, la empresa experimenta pérdidas muy grandes, porque los quemadores del horno nunca

pueden apagarse; si esto pasa el metal en estado líquido se solidifica y rompería la paila y el horno.

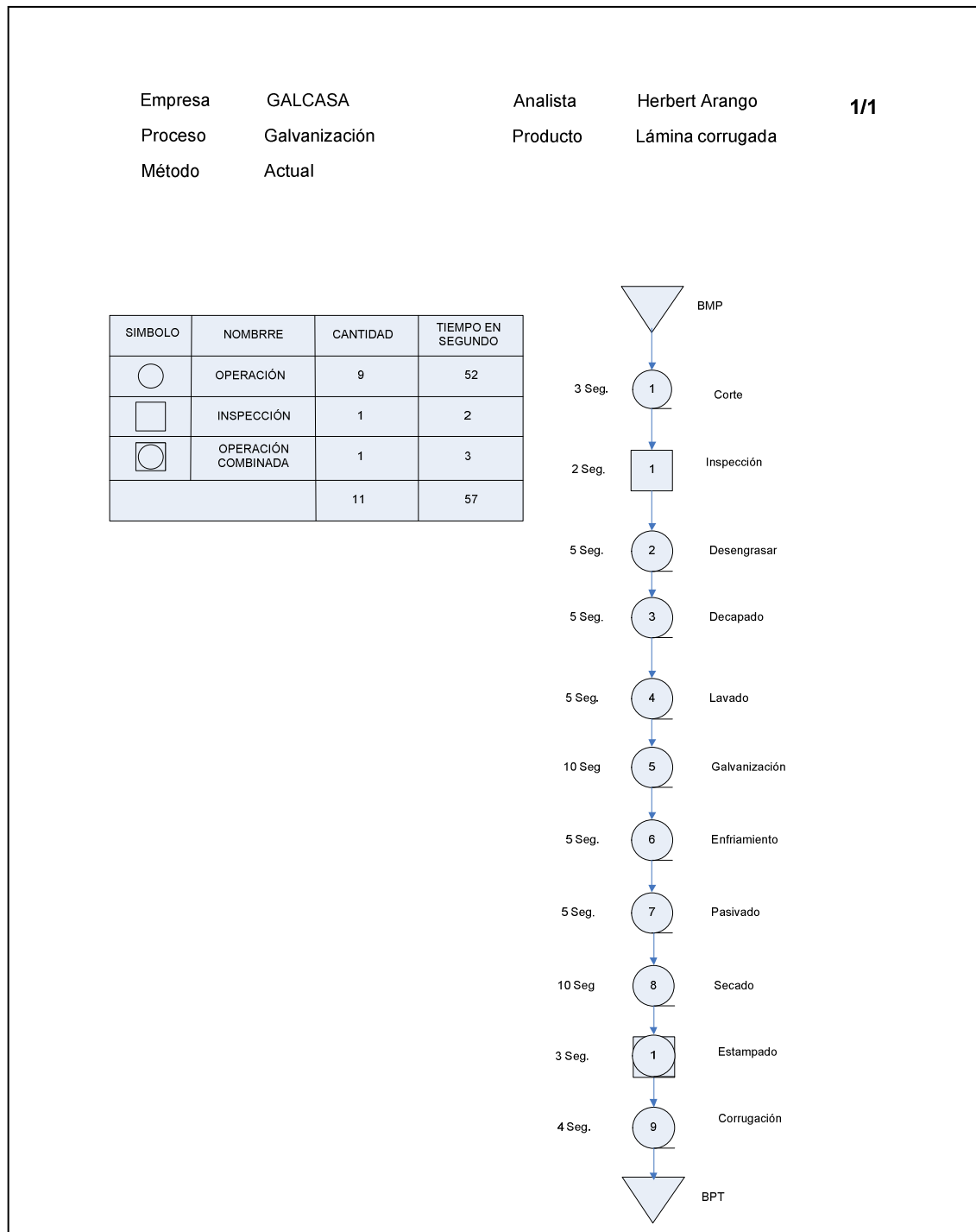
3.2. Diagramas del proceso de producción

Los diagramas de producción son una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades para la fabricación de un producto, en esta representación gráfica se muestran todas las operaciones, inspecciones, demoras, operaciones combinadas y transporte que se realizan en el proceso de galvanización.

3.2.1. Diagrama de proceso

El diagrama de proceso de galvanización se muestra en la figura 19, se representa gráficamente las operaciones, inspecciones y operaciones combinadas que se realizan en el proceso.

Figura 19. Diagrama de operación del proceso de galvanización

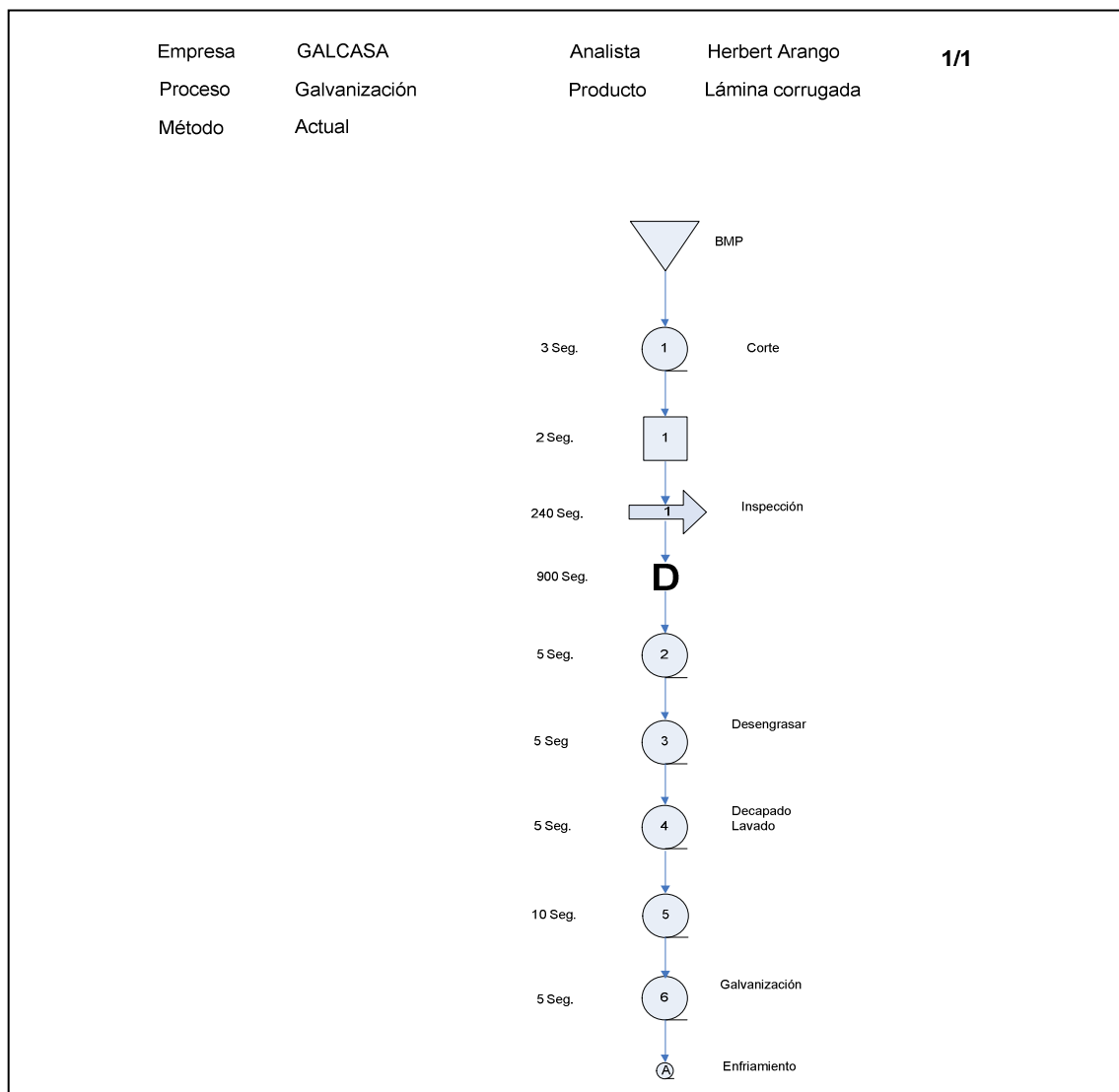


Fuente: elaboración propia.

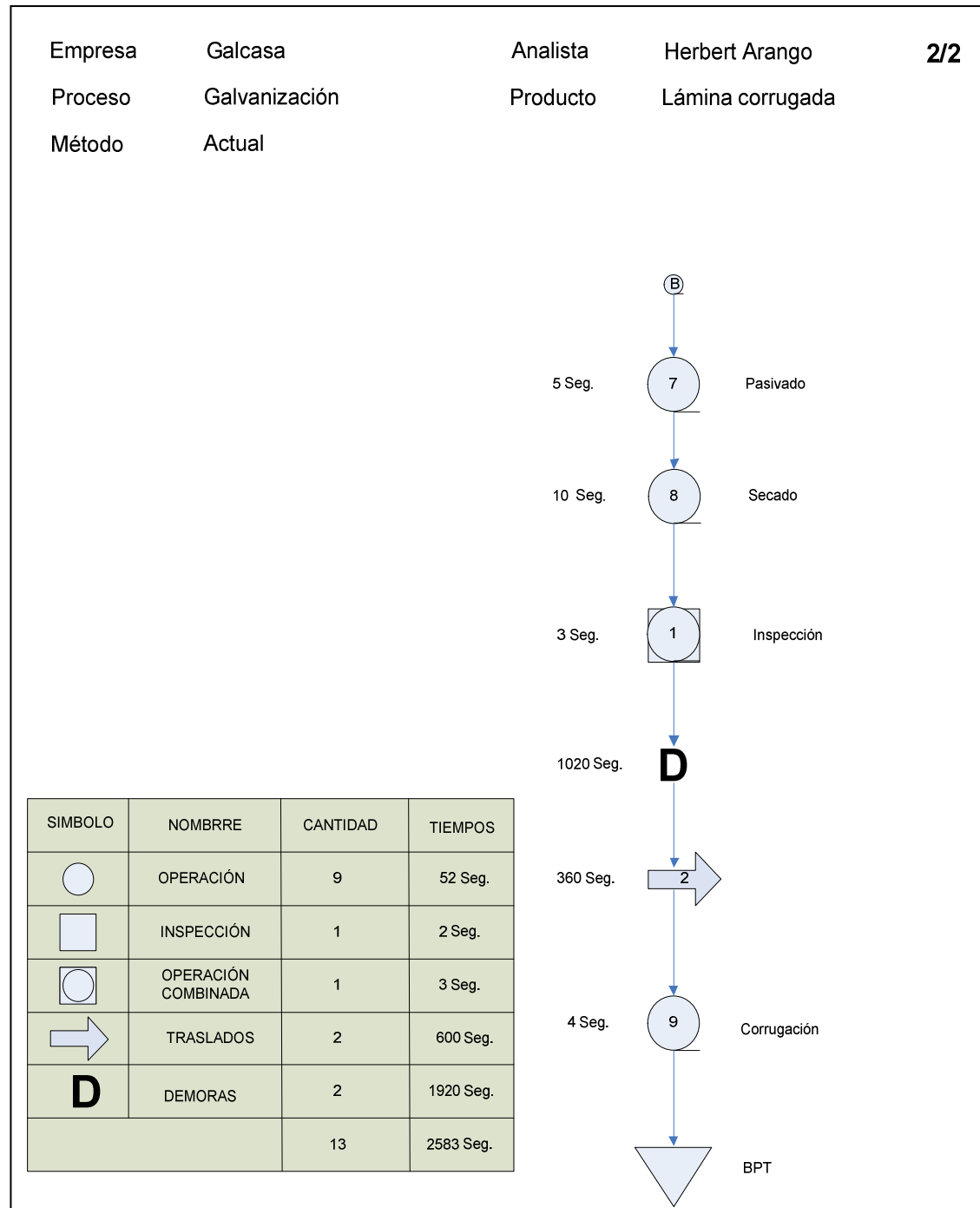
3.2.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo del proceso de galvanización, muestra las operaciones, inspecciones, operaciones combinadas, demoras y transportes que se tienen en el proceso.

Figura 20. Diagrama de flujo del proceso de galvanización



Continuación figura 20.

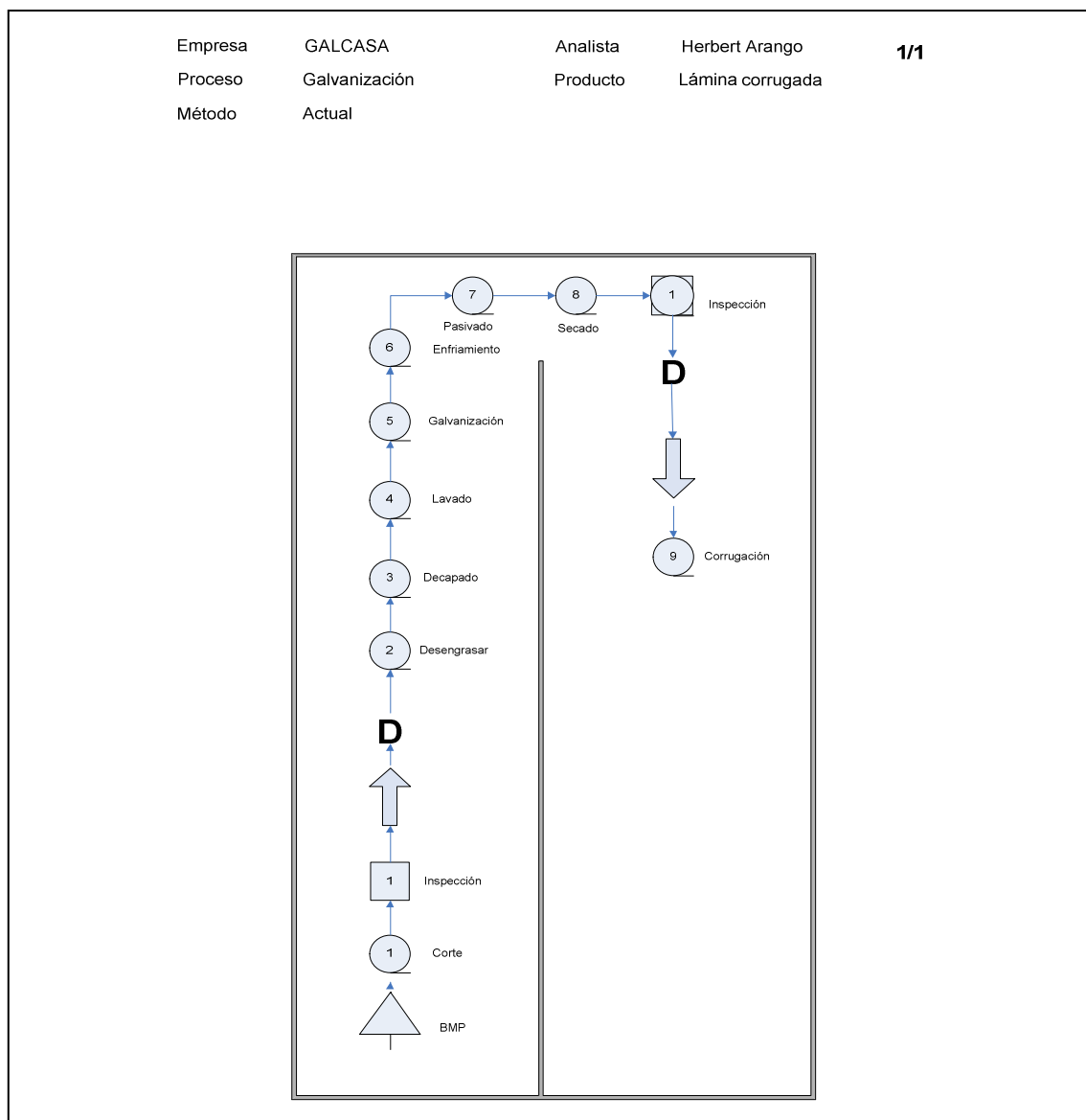


Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido del proceso de galvanización, muestra la secuencia y ubicación de las operaciones dentro de la planta de producción.

Figura 21. Diagrama de recorrido del proceso de galvanización



Fuente: elaboración propia.

3.3. Proceso de producción

La galvanización de lámina de acero es un proceso que permite alargar el tiempo de vida de la misma, el proceso utilizado por GALCASA es llamado inmersión en caliente. Para el análisis del proceso de producción de lámina galvanizada, se iniciará con la descripción de los productos que se fabrican. En el mercado, la lámina galvanizada es comercializada según el espesor de ésta. La lámina que produce GALCASA va desde 0,18 mm hasta 0,89 mm, teniendo en cuenta que el proceso es exactamente el mismo para cada espesor, variando únicamente la velocidad a la que es sumergida para su galvanización.

3.3.1. Análisis de los tiempos de producción

Actualmente la empresa tiene un tiempo promedio para cada espesor o chapa de lámina que se produce, ya que la calidad y la adherencia de la capa de zinc en una lámina depende mucho del tratamiento de limpieza que recibe antes de galvanización, el tiempo dentro del crisol de galvanización y la temperatura del zinc.

Se cuenta con un proceso en línea de la limpieza y del galvanizado. A continuación se muestra en la tabla IV, velocidades promedio para cada espesor de acero, también influye si el tipo de lámina es cruda (*full hard*) que es para techos o lámina recocida que es la que se usa en la industria.

La unidad de medida utilizada comercialmente es el pie, por lo que se presenta una tabla con las toneladas métricas producidas por hora, así como los pies por hora, ya que una tonelada de 0,16mm tiene el doble de pies que una tonelada de 0,32mm.

A continuación se muestra la tabla IV donde se describe la velocidad de la línea de producción, de acuerdo al espesor que se desea galvanizar y el tipo de la misma.

Tabla IV. Velocidades de producción

esp	ancho	TM/hr	Ft/hr		esp	ancho	TM/hr	Ft/hr
Dura					Recocida			
0,16	0,904	1,68	4.854		0,20	0,914	2,10	4.801
0,18	0,904	2,10	5.394		0,21	0,914	2,10	4.623
0,20	0,904	2,36	5.455		0,22	0,914	2,16	4.490
0,21	0,904	2,52	5.548		0,24	0,914	2,40	4.573
0,27	0,904	2,97	5.086		0,30	0,914	2,88	4.390
0,30	0,904	2,98	4.592		0,32	0,914	2,88	4.115
0,31	0,904	2,98	4.459		0,36	0,914	2,88	3.658
0,32	0,904	3,00	4.334		0,38	0,914	2,88	3.466
0,36	0,904	3,24	4.161		0,42	0,914	2,95	3.212
0,37	0,904	3,24	4.048		0,45	0,914	3,00	3.048
0,38	0,904	3,24	3.942		0,48	0,914	3,10	2.953
0,39	0,904	3,24	3.841		0,53	0,914	3,17	2.735
0,42	0,904	3,25	3.578		0,70	0,914	3,14	2.051
0,43	0,904	3,25	3.494		0,85	0,914	2,12	1.140

Fuente: GALCASA.

Como se puede observar, cada espesor tiene una velocidad diferente. Y existe una diferencia en las velocidades para el tipo de lámina a producir. Éstas ya se encuentran establecidas en el departamento de galvanización para cada espesor.

3.3.2. Planificación de la producción

Actualmente la planificación de la producción se hace con base a los inventarios en bodega de cada producto; y a los pedidos que se reciben de parte del departamento de ventas.

La planificación, como se describió, se hace con base a la existencia en inventarios y las ventas semanales, pero no se establecen matrices que determinen la disponibilidad tanto de tiempo, como de recursos. Se basa únicamente en el informe que se recibe y se inicia la producción de cada calibre de lámina.

3.3.3. Costos de producción

Los costos de producción se muestran en la tabla V en porcentajes. Como se indicó anteriormente, para el estudio de manejo de inventarios puede ser de mucha importancia saber el impacto que tienen los insumos y la materia prima en la transformación del producto. Según la tabla V, se puede observar cómo la materia prima y los insumos tienen un impacto de más del 90% en el producto final.

Tabla V. **Porcentaje de costos de producción**

Producto	%
Materia prima	72.73%
Mano de obra en corte	0.24%
Mano de obra en galvanizacion	3.83%
Zinc	15.09%
Cloruro de Amonio	0.85%
Bunker	1.03%
Diesel	1.03%
Insumos aplicados	1.03%
Suminsitros y mantenimiento	2.74%
Otros fabrica	1.40%
Total	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla V se observa que el zinc, el cloruro de amonio y los insumos aplicados tienen un impacto en el costo de producción de 16.97%. La importancia de este análisis radica en que una mala decisión en la compra, o no contar con un estudio de máximos o mínimos, podría incrementar de tal forma el precio del producto final, lo cual sería contraproducente desde el punto de vista comercial, más aún si la competencia puede producir a un costo menor. La compra se hace en el mercado internacional y si se hace una compra arriba del máximo o se tiene un inventario muy grande, y el precio de éstos disminuye en el mercado internacional, se contará con un inventario con un costo elevado, mayor al del mercado internacional.

3.3.4. Indicadores de productividad

En esta sección se enfocará a la línea de corrugación, en ésta no existe ningún indicador de productividad que permita evaluar la situación actual.

La producción de lámina corrugada no tiene establecido ningún indicador, es la línea de galvanización la que alimenta a la de corrugación, y de acuerdo a los requerimientos que se tengan en ese momento, se toma el producto en proceso para su corrugación.

El gerente de producción envía una orden de trabajo con base al inventario de producto en proceso y da prioridades, de acuerdo a los requerimientos del departamento de ventas. En cuanto se tiene la orden en el departamento de corrugación se inicia la producción según la orden de trabajo.

En observaciones realizadas, se determina que no existe un indicador de productividad en la línea de corrugación.

Deberán de crearse los indicadores de productividad, también hacer un estudio de tiempos para poder incrementar los indicadores que se encontraron, es muy importante poder determinar a qué ritmo está trabajando la línea de corrugación, y luego encontrar el mejor método para que aumente el mismo utilizando los mismos recursos con los que se cuenta en estos momentos.

3.3.5. Análisis de las condiciones de almacenaje de producto terminado

Las condiciones de almacenaje, en la bodega de producto terminado de GALCASA fue el siguiente:

- La lámina en todo momento se encontraba seca.
- Se encontraba en lugar bien ventilado, donde no ocurren cambios rápidos de temperatura que puedan causar humedad, condensación y posteriormente manchas sobre la superficie de la lámina galvanizada.
- En algunos casos, se ha presentado humedad o condensación, esto debido a que el producto lleva mucho tiempo almacenado. Esto sucede por no tener una adecuada rotación del inventario, en ningún momento aplican el sistema primero en entrar, primero en salir.
- La lámina se encuentra siempre bajo área cubierta.
- En ningún momento se pudo observar que la lámina fuese colocada directamente en el piso.
- La lámina nunca fue expuesta a arena o polvo. Ya que si éstos se acumulan sobre la lámina, pueden dañar el zinc. La arena y el polvo evitan el secado, y por lo tanto activan la formación de óxido blanco.

Se observó que la lámina galvanizada en la bodega de producto terminado cuenta con un sistema de colocación sobre durmientes de madera, esto evita que entre en contacto con el piso y ésta absorba la humedad del mismo, además se estiba en forma adecuada con 3 durmientes a lo largo y esto permite que la lámina no se arquee.

El problema es la mala rotación que se tiene en el inventario, ya que se encontraron paquetes de láminas fabricados hace 6 meses, mezclado con producto de reciente fabricación.

3.3.6. Sistema de almacenaje de producto terminado

Dado que es un producto que se puede estibar uno sobre otro, no se utiliza ningún tipo de *rack* estructural o estanterías. El sistema de almacenaje se hace de acuerdo a la familia del producto, después de que se ha corrugado éste se fleja en paquetes y es enviado a la bodega de producto terminado, cuando es recibido en la bodega se procede a colocarlo sobre durmientes de madera y se estiba en paquetes de acuerdo al espesor del producto, así como del largo de la lámina.

El problema que se observa es, que por el sistema de almacenaje que se tiene, en ningún momento su rotación de inventarios es el idóneo, ya que al estar mucho tiempo almacenado el producto puede comenzar el proceso de oxidación de zinc. Esto es un problema para la empresa; ya que la rotación debería de ser primero en entrar, primero en salir. Pero esto no sucede muchas veces y se va creando el problema de que la lámina comienza el proceso normal de oxidación de zinc, dando como resultado que la lámina tenga que ser limpiada y la empresa incurra en gastos para que el producto sea comercializado como un producto de primera.

3.4. Proceso administrativo

Como en todo proceso de producción, también está relacionado íntimamente con los procesos administrativos, desde la planificación y dirección de la producción, ventas, compras hasta logística. Pero sobre todo la relación

directa que se tienen con los procesos de compras. El departamento de compras es quien provee todos los insumos y materia prima a utilizarse en la producción.

3.4.1. Procedimiento de compra de materia prima e insumos

No existe un manual de procedimiento en el departamento de compras, tampoco existe un estudio de máximos y mínimos en el cual se pueda apoyar el departamento para la toma de estas decisiones. Para iniciar deberá de establecerse los máximos y mínimos en insumos y materia prima.

En el procedimiento de compra se hará un manual de procedimiento de compra al zinc, como parte de la materia prima y a los insumos al cloruro de amonio, antimonio, estaño, ácido clorhídrico.

Para la compra del zinc, se establece un contrato con la empresa proveedora de zinc debido al tipo de zinc que se utiliza, éste no se encuentra localmente en las cantidades que se necesita en GALCASA. En promedio se hace una compra de entre 100 a 150 TM, todo depende de la proyección de ventas, en el contrato se hace un estimado de que este consumo será mensual.

Para la compra de los insumos el procedimiento es con base a los inventarios existentes, se hace un estimado de cuánto tiempo durará lo que está en la bodega y de acuerdo a los tiempos de entrega de los proveedores, así se procede con la compra de los insumos.

3.4.2. Planificación, dirección, organización y control de los procesos de producción

La planificación, dirección, organización y control de la producción dentro de la planta y la conservación de la existencia constituyen el medio central de la producción. El proceso de fabricación está constituido por corriente de entrada de materiales que se utilizan en el producto; y la operación que abarca la conversión de la materia prima (empleado, equipo, tiempo, dinero, dirección, etc.) en producto acabado que constituye el potencial de salida.

Para la compra de los insumos el procedimiento es con base a los inventarios existentes, se hace un estimado de cuánto tiempo durará lo que está en la bodega y de acuerdo a los tiempos de entrega de los proveedores así se procede con la compra de los insumos.

La planificación de la producción se encuentra con un problema: el departamento de ventas no traslada un pronóstico de ventas y la planificación sólo se puede hacer a corto plazo. Al no tener un pronóstico mensual, sucede que la planificación únicamente se hace para una semana. La planificación de producción depende de la venta que se tenga semanalmente, es así como se planifica.

En algunos casos el control del proceso de producción puede tener algunos inconvenientes, en especial el control de la temperatura a la cual se mantiene el zinc dentro de la paila de galvanización, ya que la lectura no tiene registros confiables, más que los que toman y dejan por escrito los responsables de cada turno de producción. En el proceso de galvanización, generar el calor para mantener en estado líquido los metales es muy costoso, por lo que debe mantenerse la temperatura lo más bajo posible; sin afectar el

proceso de galvanización. Al tener la toma de lectura de temperatura, ésta queda en manos del personal de galvanización, tomando el registro cada 30 minutos. En este lapso de tiempo se pueden tener cambios bruscos de temperatura que no ayudan a la calidad del producto.

3.4.3. Integración de los procesos de la línea de producción

Puede observarse que dentro de todos los procesos de la producción de lámina galvanizada, la integración de los mismos se encuentran bien estructurados, todos tienen una interrelación dependiente y eficiente. En todo el proceso las condiciones están establecidas de tal forma que, permita no detener la producción, para lograr alcanzar la planificación de la producción.

Hay un punto en el proceso de integración que se puede mejorar, este es el proceso de corrugación. Al hacer diagrama de hombre-máquina se puede determinar que puede mejorarse la operación para que la integración de toda la producción se más eficiente y se optimicen los recursos disponibles de la empresa.

Si se logra disminuir los tiempos muertos de corrugación, haremos más eficiente la operación, y de esta forma se tendrá una integración en la cual todos los procesos tengan una eficiencia.

3.5. Condiciones de almacenaje

Existen dos factores muy importantes de condiciones de almacenaje que influyen en la calidad del producto: la ventilación y los niveles de humedad, son determinantes en el almacenaje de la lámina galvanizada. A continuación se

detallan las condiciones de ventilación y de humedad dentro de la bodega de almacenaje para mantener la calidad del producto.

3.5.1. Ventilación

Las condiciones de ventilación dentro de la bodega de producto terminado debe ser adecuada y natural, por el diseño de la bodega y la ubicación geográfica de la misma, donde el viento corre de norte a sur o viceversa; se hizo una medición con anemómetro y se pudo observar que la velocidad promedio del viento circulante dentro de la bodega de producto terminado es de 7 Km/h, lo que hace que sea un viento considerado ligero. Esto permite tener unas condiciones buenas en el almacenaje del producto. Se puede concluir que la ventilación dentro de la bodega de producto terminado es óptima.

3.5.2. Niveles de humedad

Para determinar si las condiciones de humedad están dentro de los parámetros que no sobrepase los el 75%, necesario para que la lámina no se humedezca al estar estibada. El porcentaje de humedad en Villa Nueva se mantiene entre el 50% a 70%, por lo que el lugar del almacenaje debe de tener una condición que sobrepase el 70%, que ya se tiene por la ubicación geográfica de la planta.

Después de hacer mediciones de humedad relativa dentro de la bodega de producto terminado, indican que se mantienen dentro de un rango de 55% a 68% se determina que las condiciones de humedad son ideales para el almacenaje del producto, a pesar de estar en una zona geográfica donde se tiene una humedad relativamente alta para las condiciones ideales de almacenaje de lámina galvanizada.

Al haber demasiada humedad en el ambiente lo que provoca es que la lámina galvanizada comience a formar un polvo blanco en la superficie sobre la capa de zinc, que es el óxido de zinc. A la intemperie debe ocurrir estos procesos químicos, comenzando por un hidróxido de zinc, luego convirtiéndose en un carbonato de zinc y finaliza con un óxido de zinc, pero hasta que se coloca el producto debería de formarse, ya que si es al momento de estar en bodega, y la capa de zinc comienza a reaccionar con la humedad, ocurren los procesos químicos antes mencionados y esto provoca una disminución de la vida útil de la lámina, dando una apariencia de mancha sobre la capa de zinc que recubre la lámina.

4. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN

Se presenta un modelo que permite optimizar los recursos de la empresa. Se inicia con la planeación para poder elaborar el modelo y luego se presentará la propuesta del mismo. Este modelo permitirá desarrollar un ciclo de mejora continua, que contribuya a corto plazo a encontrar herramientas que hagan más eficiente los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada.

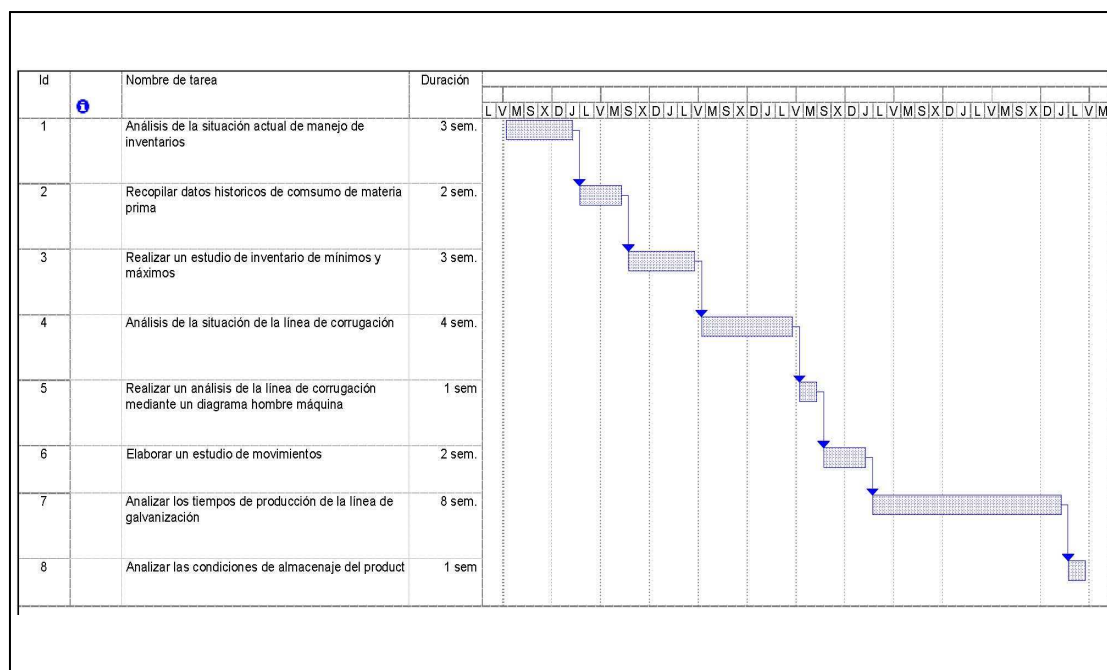
4.1. Planeación

A continuación se presenta un listado de actividades que permitirán tener un diagrama de Gantt para medir el avance del desarrollo del modelo de optimización. Asimismo, las herramientas y métodos necesarios para llegar a desarrollar el modelo, tomando como base los principios de ingeniería.

4.1.1. Cronograma de actividades

Como se describió anteriormente, el diagrama de Gantt o cronograma de actividades permitirá medir el avance del desarrollo del modelo de optimización, como todo proyecto, deberá de constar con un tiempo establecido para realizar todas las actividades necesarias, y cumplir en un tiempo determinado todos los objetivos planteados.

Figura 22. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Preparación (materiales, métodos, herramientas y equipo)

Una vez presentada la teoría sobre la cual se fundamenta la propuesta para la optimización de los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada, se desarrollaran los formatos para la toma de datos, utilizando cronómetros para la medición de tiempos, anemómetros, y otro tipo de equipo que se requiera.

4.1.3. Conocimiento de los procesos

Para poder comprender de una mejor manera el proceso de galvanización, es necesario hacer una descripción de cada operación que conlleva la galvanización, asimismo, se describirá teóricamente qué es la corrosión, qué la provoca y cómo actúa la galvanización en la protección del acero.

4.1.3.1. Descripción de la corrosión y el método de protección llamado galvanización

Descripción de la corrosión del acero: el óxido, producto de la corrosión del hierro, es el resultado de un proceso electroquímico. El óxido se forma debido a las diferencias de potencial eléctrico que se generan entre pequeñas áreas de la superficie del acero que involucran los ánodos, cátodos y un electrolito. Estas diferencias de potencial que hay en la superficie del acero resultan a causa de:

- Variaciones en la composición / estructura
- La presencia de impurezas
- Tensiones internas irregulares
- La presencia de ambiente no uniforme

Estas diferencias al estar en presencia de un electrolito (un medio para conducir iones) crean células de corrosión. Estas células de corrosión están formadas por ánodos y cátodos microscópicos. Debido a las diferencias de potencial que existen dentro de las células, los electrones cargados

negativamente fluyen del ánodo al cátodo, y los átomos de hierro que están en el área del ánodo se convierten en iones de hierro cargados positivamente (Fe^{++}) del ánodo; se atraen y reaccionan con los iones de hidroxilo cargados negativamente (OH^-) que están en el electrolito formando óxido de hierro. Los electrones cargados negativamente (e^-) de la superficie del cátodo reaccionan con los iones hidrógeno cargados positivamente (H^+) que están en el electrolito formando gas hidrógeno.

Las impurezas presentes en el electrolito crean un medio, mejor aún para el proceso corrosión.

La humedad del aire proporciona el electrolito y completa la ruta eléctrica entre los ánodos y los cátodos de la superficie del metal.

Debido a las diferencias de potencial, al irse consumiendo el metal del área anódica empezará a fluir una pequeña corriente eléctrica. Los iones de hierro que se producen en el ánodo se combinan con el ambiente para formar el óxido de hierro escamoso y suelto conocido como orín.

Al corroerse las áreas de los ánodos, queda expuesto un material nuevo de diferente composición y estructura. Esto ocasiona que los potenciales eléctricos cambien y también la localización de los sitios anódicos y catódicos. Los cambios de sitios anódicos y catódicos no ocurren todos al mismo tiempo. En un momento dado, se ven atacadas las áreas que antes no estaban corroídas y se produce una corrosión superficial uniforme. Este proceso continúa hasta que el acero se consume por completo.

¿Cómo protege el zinc al acero de la corrosión?, la razón del extenso uso del galvanizado en caliente radica en la doble naturaleza del recubrimiento.

Ofrece un resistente recubrimiento, de zinc metalúrgicamente unido, que cubre completamente la superficie del acero y sella el mismo para protegerlo de la acción corrosiva del ambiente. Además la acción consumible del zinc protege al acero aun en donde el recubrimiento esté dañado o tenga pequeñas discontinuidades.

El zinc, debido a que es un metal reactivo, se oxida en el aire y forma una película de óxido de zinc resistente a la corrosión. Esta delgada capa de óxido de zinc dura y firme es el primer paso del desarrollo de la capa protectora que normalmente se asocia con el recubrimiento galvanizado.

- Galvanización

El proceso de producción, en la línea de galvanización (método hora por hoja) inicia con el corte de la lámina a la medida que se desea galvanizar, luego viene el proceso de limpieza, *pickling*, galvanizado, pasivado y finalmente corrugado.

El proceso de limpieza es fundamental para que el galvanizado tenga una adherencia a la lámina negra de acero. Como primer paso se debe de remover todo el aceite y las emulsiones que aplican sobre la lámina cuando ésta es trabajada en el laminador.

Para remover el aceite, o grafito que algunas veces traen la lámina, se utiliza una mezcla de detergentes industriales y soda cáustica, la temperatura de la solución de desengrase debe de mantenerse en un rango de temperatura de 85-95 °C.

Luego del tanque de desengrase, se tiene el tanque de *pickling*, este tanque tiene una solución de HCL a una concentración del 20%, con una temperatura de entre 70-80 °C.

El tanque que sigue es agua que sirve como un enjuague, previo a que la lámina llegue a la inmersión del flux, al haber un enjuague se evita el arrastre de hierro al crisol de galvanizado, ya que estos tienden a unirse y solidificarse dentro de la crisol de galvanización, si esto llega a suceder, se crean puntos calientes dentro del crisol que generan posibles fallas o roturas del mismo, es por ello la importancia de lavar la lamina en un tanque antes de llegar al crisol de galvanización.

La galvanización es hoja por hoja, esto quiere decir que la bobina de acero ha sido cortada a una medida y luego se galvaniza, el método de galvanización es *hot dip* o inmersión en caliente. En el crisol se encuentra en estado líquido el plomo que es el material más pesado, se encuentra por ende en la parte inferior del crisol o paila de galvanización, sobre el plomo se encuentra separado por divisiones internas el *top flux*, zinc, antimonio y estaño. A este tipo de inmersión se denomina vía húmeda, es por ello que solo se tiene un *top flux*, antes del galvanizado.

Luego de la salida de la lámina, se procede a su enfriamiento y luego el pasivado, que es lo que retarda la reacción del óxido de zinc.

Las recomendaciones para que la adherencia de la capa de zinc no se despegue de la lámina es la temperatura del zinc, la temperatura ideal es de 460 °C, si sobrepasa esta temperatura el zinc se vuelve corrosivo y puede atacar la paila de galvanizado, si se tiene una temperatura muy baja la

adherencia nos era la adecuada y ante cualquier golpe o con la exposición a la intemperie la capa que protege la lámina se caerá.

La temperatura del zinc dentro del crisol de galvanización debe de mantenerse siempre entre 455-460 °C, esa es la temperatura idea.

- Corrugación

Cuando la lámina ya ha sido galvanizada, se procede a la corrugación o a la formación del canal. Existen 2 corrugadoras, una para espesores de entre 0.16-0.21 mm y otra para corrugar espesores de entre 0.27-0.43 mm, la amplitud del canal debe de ser de 3" con un ancho total de la lamina de 32", la profundidad o altura del canal debe de estar entre 0.16 y 0.18 mm.

Al estar observando el proceso de producción y al querer aumentar la velocidad de la línea de producción, nos encontramos con un problema, y es que cuando se desea aumentar la velocidad de la línea de producción se tienen dos limitantes y son los siguientes:

- Mecánica
- De proceso

La limitante del proceso de galvanización, es el tiempo que debe de estar la lámina sumergida dentro de los tanques para poder tener una mejor limpieza y adherencia de la capa de zinc, y el tiempo que la lámina debe de permanecer sumergida dentro del crisol o paila de galvanización.

En corrugación se muestra en la figura 23, que se puede optimizar el tiempo en la línea y se debe de cambiar las posiciones de las máquinas, ya que las mesas alimentadoras sólo pueden tener un paquete a corrugar.

Figura 23. **Máquina corrugadora**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Mesas de alimentación de corrugadoras**



Fuente: elaboración propia.

Al momento de cargar la máquina se tiene un tiempo muerto, que al hacer un estudio de movimientos se podría minimizar el tiempo que se pierde en esta máquina.

4.1.3.2. Toma de datos

Para el análisis de la línea de corrugación se realizó un diagrama de hombre máquina para determinar la productividad de la línea. Se muestra el diagrama en la figura 11.

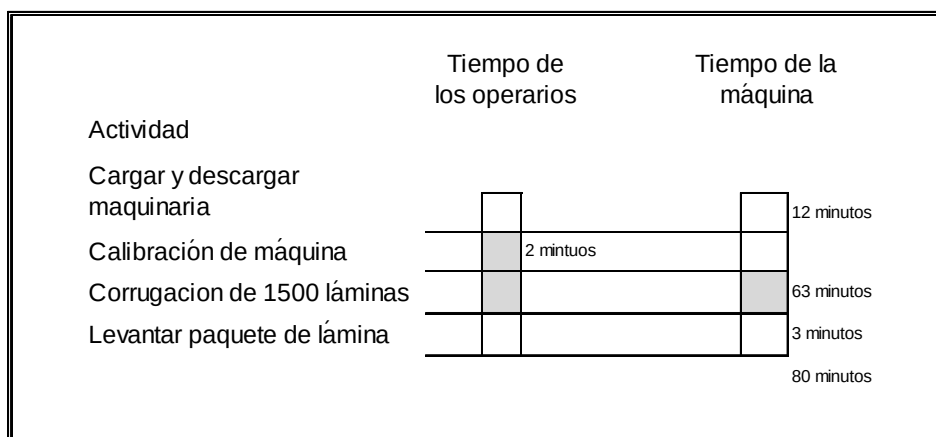
El personal utiliza el siguiente tiempo para corrugar un paquete de 1,200 láminas de espesor de chapa de 0.27.

- Cargar la máquina: 10'
- Calibración de la máquina: 2'
- Operación para corrugar 1,500 láminas: 63'
- Levantar el paquete de lámina corrugada: 3'

4.1.3.3. Presentación gráfica de datos

Después de haber tomado los datos para la línea de corrugación se procede a elaborar un diagrama que permita determinar cuál es el porcentaje de productividad de la línea de corrugación.

Figura 25. Diagrama hombre-máquina



Fuente: elaboración propia.

Este diagrama que se muestra en la figura 11, servirá para determinar cuál es la productividad de la línea de corrugación. Se puede observar que el ciclo

para corrugar 1,500 láminas galvanizadas es de 80 minutos. Encontrando tiempos de ocio y tiempos muertos que pueden ser reducidos.

Tabla VI. Tiempos de operación de corrugadora

	Operarios	Máquina
Tiempo productivo	65 min.	63 min.
Tiempo improductivo	0	2 min.
Tiempo de ocio	15 min.	x
Tiempo muerto	x	15 min
Total	80 min.	80 min.

Fuente: elaboración propia.

Con base a la tabla VI, se puede determinar cuánto tiempo es de ocio de los operarios y cuál es el tiempo muerto de la máquina de corrugación.

4.1.3.4. Análisis e interpretación de datos

El primer dato que se obtiene el de unidades/hora

=1500unida/80minutos

=18.75unidades/minutos

Unidades por hora producidas = 1,125 unidades/hora

Si la línea de corrugación es operada mediante 4 operarios, se procede a calcular los unidades/hrs hombre.

Unidades / hh = 1,125/4

Unidades / hh = 281.25

La productividad de la línea de corrugación es de 1,125 unidades/hora

Al analizar el tiempo que se tardó en la corrugación las 1,500 unidades, se observa que los tiempos muertos y los tiempos de ocio equivalen a un 18.75 % del tiempo del ciclo total. Todo este tiempo es improductivo y si se logra reducir, se podrá aumentar la productividad de la línea de corrugación.

Ahora se procede a calcular un tiempo estándar para determinar si la productividad puede estar en un rango bajo, o si se puede incrementar.

4.1.4. Identificación de mejoras

Las mejoras a los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada, permitirán a la empresa, aprovechar mejor sus recursos, a continuación se hace un detalle de las mejoras que se encontraron al proceso.

4.1.4.1. Análisis de los procesos

En el proceso de galvanización se desea aumentar las toneladas métricas producidas en cada espesor, como se indicó anteriormente, existen dos limitantes que no permiten ese aumento de producción. Cuando se hace un análisis de los tiempos de la lámina dentro de cada tanque se ha podido observar que en algunos casos se disminuye la velocidad de producción, porque se necesita que la lámina tenga más tiempo en los tanques de limpieza; éstos son los siguientes:

- De desengrase
- De *pickling*
- De enjuague

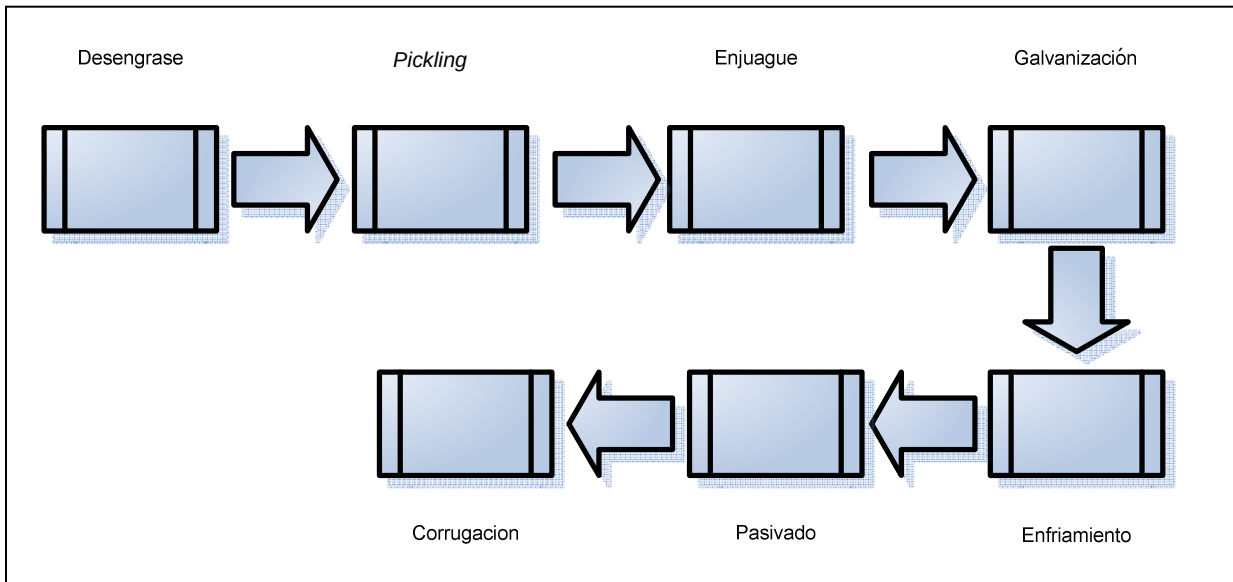
Al bajar la velocidad de la línea de producción, lo que se logra es que la limpieza de la lámina sea óptima, ya que no toda la materia prima cuenta con las mismas condiciones, porque contiene una alto % de aceite en su superficie, u óxido leve que pueda formarse desde el proceso de laminación hasta su proceso de galvanización.

En el línea de corrugación, las mesas de alimentación se encuentra justo al lado una de otra, y esto limita la posibilidad de tener una mesa de alimentación en espera, esto permitiría aumentar la productividad de la línea de corrugación.

4.1.4.2. Diagrama estructural de los procesos

El diagrama estructural muestra en forma de bloques como se encuentra actualmente el proceso de galvanización.

Figura 26. Diagrama estructural de procesos



Fuente: elaboración propia.

Es clave poder entender que, si se aumentan la cantidad de procesos, la velocidad de la línea de producción aumentará, esto parece ser contrario. Pero en realidad es que se podrá aumentar la velocidad, ya que el tiempo necesario para que la lámina esté dentro de los tanques sea menor, pero habrá un tanque adicional de desengrase y otro de enjuague. Esto quedará demostrado gráficamente en los diagramas de proceso y también en las nuevas velocidades de galvanización

4.1.4.3. Identificación de oportunidades de mejora

En todo proceso siempre se puede existir una mejora, y en este caso hay 3 áreas donde se pueden hacerlas. Los procesos que pueden tener una mejora son los siguientes:

- Línea de galvanización con un aumento de los tanques de limpieza
- Línea de corrugación con un rediseño de las mesas de alimentación de las corrugadoras y su ubicación dentro de la planta.
- Establecer máximos y mínimos de la compra del zinc que es parte de la materia prima, con niveles de re-orden.

4.1.4.4. Descripción detallada de las mejoras

Actualmente la línea de producción cuenta únicamente 3 tanques de lavado, uno de desengrase, el siguiente de HCL y el último de enjuague. El proyecto consiste en incrementar los tanques de lavado a 5 y poder obtener mejores resultados de lavado y optimizar los recursos.

Con el aumento a 5 se podrá tener un mejor desengrase con dos o un tanque, esto dependerá de las condiciones de la materia prima. Luego se contará con un tanque de enjuague muy necesario y que en estos momentos no se cuenta, ya que el mismo desengrasante a base de detergentes industriales y soda cáustica neutraliza el ácido, aumentando así el consumo del ácido clorhídrico.

Como se muestra en la siguiente tabla, las velocidades de galvanización en toneladas métricas hora, será mucho mayor que en el método anterior.

Tabla VII. **Comparativo de velocidades de producción**

DURA			
espesor	ancho	Método actual	Método mejorado
		Tm/Hr	Ft/TM
0,16	0,904	1,68	1,90
0,18	0,904	2,10	2,30
0,20	0,904	2,36	2,55
0,21	0,904	2,52	2,78
0,27	0,904	2,97	3,52
0,29	0,904	2,97	3,52
0,30	0,904	2,98	3,54
0,31	0,904	2,99	3,54
0,32	0,904	3,00	3,90
0,36	0,904	3,24	3,80
0,37	0,904	3,24	3,80
0,38	0,904	3,24	3,80
0,39	0,904	3,24	3,82
0,42	0,904	3,25	3,78
0,43	0,904	3,25	3,78

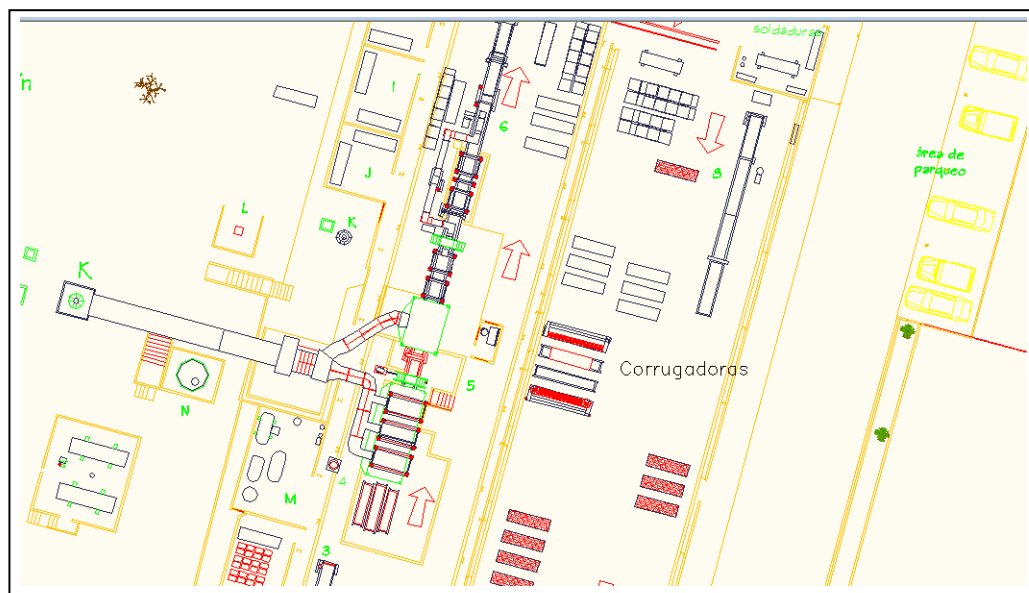
Fuente: elaboración propia.

Esto se logra al hacer que la lámina tenga un tanque más de desengrase y de lavado entre el desengrase y el *pickling*, ya que el proceso de desengrase es alcalino, y el *pickling* es ácido, esto también hacía que la velocidad fuera lenta, para evitar que por arrastre del líquidos el desengrase neutralizara la acción del ácido sobre la lámina que se va a galvanizar.

Como se puede observar en la tabla, las nuevas velocidades de producción se incrementaron, generando una productividad mayor para la empresa.

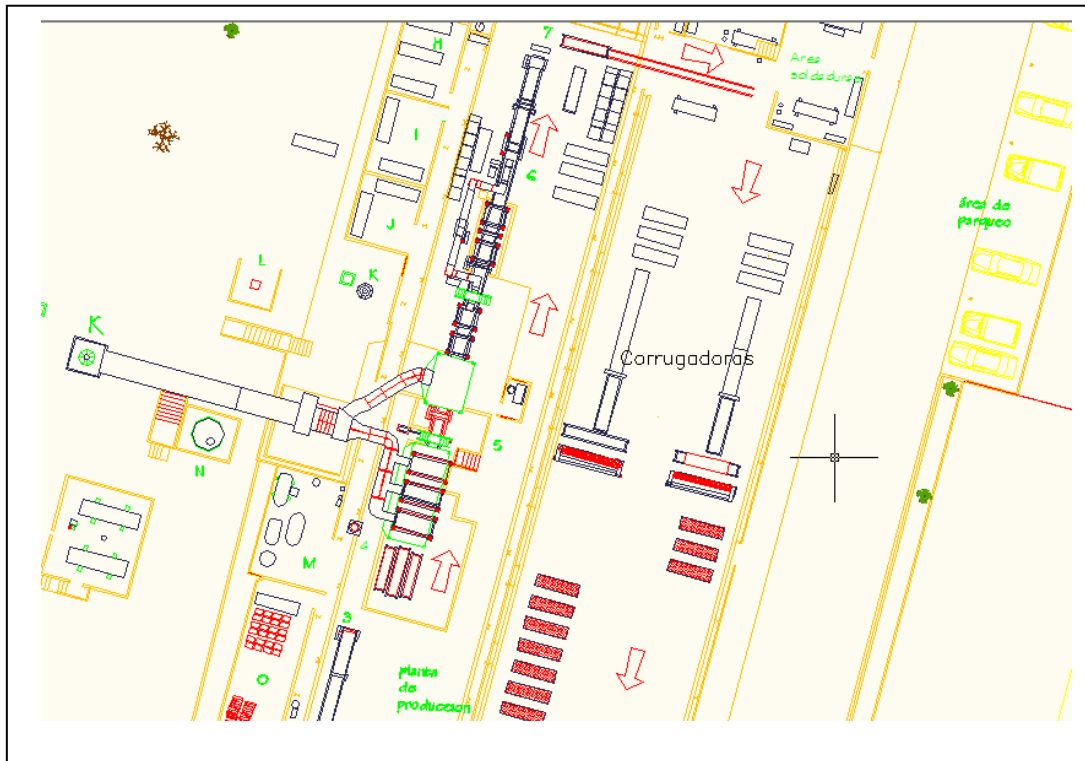
Para la línea de corrugación se cambiaría la ubicación, dentro de la planta la maquinaria, esto permitiría que las corrugadoras no compartieran espacio de las mesas de alimentación, además, esto permitiría tener cargada la maquinaria sin necesidad de esperar a mover los paquetes de lámina que ya fueron corrugados. Aumentando así la productividad de la línea. Para esto tendríamos que cambiar, como se menciono antes la posición y ubicación de las máquinas corrugadoras.

Figura 27. **Ubicación actual de maquina corrugadora**



Fuente: GALCASA.

Figura 28. **Propuesta de nueva ubicación de máquina corrugadora**



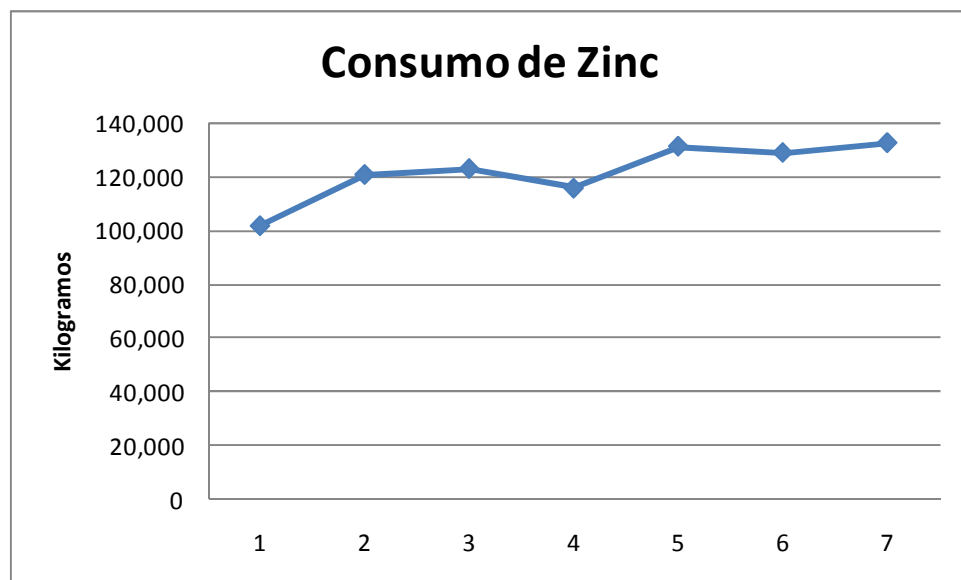
Fuente: GALCASA.

En el inciso: incremento a la productividad, se hace un análisis con base al diagrama de hombre-máquina mejorado, como se muestra en la figura 15, con la modificación de la ubicación de las corrugadoras, se tiene un incremento en la productividad de la línea de corrugación.

4.1.4.5. Planes de acción

Análisis de lote económico para el zinc (Zn), esto permitirá saber la cantidad máxima en inventario, el punto de re-orden y todo lo que se necesita saber para poder optimizar el proceso de compra.

Figura 29. Gráfica de consumo mensual de zinc



Fuente: elaboración propia.

Con base en el modelo de cantidad económica, se obtienen los siguientes datos de entrada para hacer el cálculo y encontrar la cantidad máxima económica. La demanda es la siguiente:

D : demanda

Co : costo de pedido

Cc : costo de conservación

D= 1 462 896 Kg al año

En el costo de pedido se debe de tomar en cuenta costos como los siguientes:

- Tiempo que se utiliza para hacer una orden
- Costo de llamada
- Costo administrativo de facturación

En este caso se acudió a alta gerencia para determinar el costo de ordenar, y haciendo el análisis se obtuvo el siguiente dato:

$$Co = Q. 400.00 \text{ al año}$$

El costo de almacenaje se debe de hacer de acuerdo a la cantidad de artículos que se maneja en la bodega y se calcula el costo por unidad al año. Se determinó lo siguiente:

$$Cc = Q. 0.037 \text{ kg/año}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 1,462,896 * 400}{0.037}}$$

$$Q = 177\,848,76 \text{ kg}$$

Según el Q óptimo debería de ser 177 848,76 kilogramos; haciendo el cálculo de consumo diario, la cantidad antes mencionada alcanzaría para 43,75 días, pero, se hará una aproximación a 45 días exactos, sabiendo que el promedio de consumo diario es de 4 065 kg/día

$$Q^* = 182,925 \text{ kilogramos}$$

Al analizar el comportamiento de consumo se quiere determinar los números de pedidos que se realizarán en el año.

N= número de pedidos

$$N = D/Q^*$$

$$N = 1\,462\,896 / 182\,925$$

$$N = 7.99 \text{ pedidos, aproximamos a 8 pedidos al año}$$

Tc: tiempo entre pedidos

$$Tc = 1/N * \text{número de días hábiles del año}$$

$$Tc = 1/8 * 360$$

$$Tc = 45 \text{ días}$$

Esto indica que el tiempo entre pedidos es de 45 días, como se muestra en la figura 16, éste será el período de existencia de la materia prima.

CA: costo asociado a la política de inventarios

$$CA = \sqrt{2 * D * Co * Cc}$$

$$CA = \sqrt{2 * 1,462,896 * 400 * 0.037}$$

$$CA = Q. 6,580.40$$

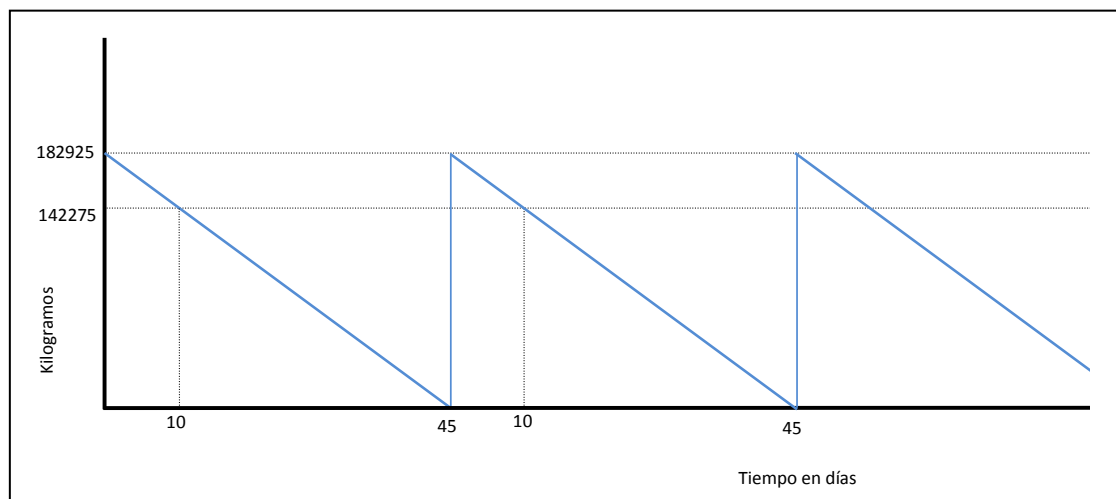
CT: Costo total, involucra valor de los artículos y el costo asociado.

$$CT = D * C + D/Q * Co + Q/2 * Cc$$

$$CT = 1,462,896 * 14.5725 + 1,462,896 / 182,925 * 400 + 182,925 / 2 * 0.037$$

$$CT = Q. 21,324,634.97$$

Figura 30. **Gráfica de niveles de orden y punto de re-orden de zinc**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Integración de métodos

En esta sección se realiza un análisis comparativo entre el tiempo medio de operación en la línea de corrugación y lo que se obtiene en la línea de corrugación, esto permitirá determinar cómo poder incrementar la productividad en dicha línea.

4.2.1. Estudio de tiempos

Es importante que en el análisis se registre toda la información pertinente obtenida mediante observación directa. Con este estudio de tiempos se pretende determinar cuál es el tiempo estándar de operación para corrugar una lámina galvanizada.

Tabla VIII. Toma de tiempos para establece el $\bar{x}$

CICLOS										$\bar{x}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5.1	5.2	4.9	5.2	4.7	4.9	<u>10.1</u> A	5.2	5.1	5.0	5.03
<u>10.1</u> A	5.1	5.2	5.1	5.0	5.0	5.2	4.9	5.0	4.9	5.04
5.0	5.1	4.9	5.1	<u>15.2</u> B	5.1	4.9	5.2	4.9	5.1	5.03
5.1	5.3	5.2	<u>10.1</u> C	5.2	5.0	4.7	5.1	5.2	5.0	5.59
5.2	4.8	5.0	5.0	5.1	4.9	5.2	<u>10.1</u> C	4.7	5.0	5.50

Fuente: elaboración propia.

- A: se distrae, se elimina debido a que la distracción se puede considerarse como parte de la fatiga o la monotonía y lo tedioso del proceso de corrugación.
- B: se cae el tapón auditivo, el elemento debe de eliminarse porque es de suponerse que el tapón auditivo no ocurre con frecuencia.
- C: Se pierde el conteo: no se elimina debido a que, probablemente este conteo lo tenga que realizar otra vez. Si el operario contara con un sistema automático de conteo de láminas podría eliminarse.

Debido a la pérdida de conteo, se procede a tomarlo como parte del tiempo medio y se procede al cálculo.

$$\bar{x} = (5.03+5.04+5.03+5.59+5.50) / 5$$

$$\bar{x} = 5.24 \text{ segundo}$$

Para la obtención de un tiempo medio representativo de la operación, existen diversos métodos; por medio de las fórmulas estadísticas se puede obtener el número de observaciones necesarias, utilizando la fórmula:

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * \bar{x}} \right)^2 + 1$$

Donde N es el número de observaciones necesarias, K el coeficiente de riesgo, σ la desviación típica de la distribución de frecuencia, e es el error deseado y $\bar{x}$ es la media aritmética que se obtuvo de los valores iniciales. Para

el cálculo del número de observaciones, como se describió, se utilizará la fórmula

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * \bar{x}} \right)^2 + 1$$

El coeficiente de riesgo, K, puede tener valores que varían de 1 hasta 3, siendo 1 para un error del 32%, 2 para un error del 5% y 3 para un error del 0.3%. De los datos obtenidos en la investigación de campo de los tiempos de los cambios de bobinas se obtiene que la $\bar{x} = 5.24$ y $\sigma = 1.94$.

$$N = \left(\frac{2 * 1.043}{0.05 * 5.24} \right)^2 + 1$$

$$N = 64.38$$

Por lo que se deben tener 65 lecturas, se iniciaron con 50 para cada ciclo, por lo que se realizaron 50 lecturas, es decir, que necesitamos realizar 14 lecturas más.

A continuación se presenta la tabla donde se realizaron las primeras 50 lecturas de tiempo y se agregarán 15 más para poder realizar el cálculo del tiempo estándar.

Tabla IX. Toma de tiempos para establece el $\bar{x}$ con 65 datos

CICLOS										$\bar{x}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5.1	5.2	4.9	5.2	4.7	4.9	10.1 A	5.2	5.1	5.0	5.03
10.1 A	5.1	5.2	5.1	5.0	5.0	5.2	4.9	5.0	4.9	5.04
5.0	5.1	4.9	5.1	15.2 B	5.1	4.9	5.2	4.9	5.1	5.03
5.1	5.3	5.2	10.1 C	5.2	5.0	4.7	5.1	5.2	5.0	5.59
5.2	4.8	5.0	5.0	5.1	4.9	5.2	10.1 C	4.7	5.0	5.50
CICLOS										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5.3	5.1	4.9	5.2	5.0	4.9	5.1	5.2	5.1	5.0	5.08
5.3	5.1	5.0	5.0	4.9						5.06
TOTAL										5.19

Fuente: elaboración propia.

“Al terminar el periodo de observaciones, el analista habrá acumulado cierto número de tiempos de ejecución y el correspondiente factor de calificación, mediante cuya combinación puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada”¹

Partiendo de las tomas de tiempo realizadas, se deberá de realizar el cálculo del tiempo normal para la actividad del cambio de bobina que deberá de incluir el análisis del un trabajador normal en condiciones adecuadas para realizar la actividad. Definiendo que es un operador normal, las condiciones

¹ GARCIA CRIOLLO Roberto, *Valoración del ritmo de trabajo*. p. 209

adecuadas, las herramientas que él necesita y las condiciones ambientales idóneas.

Tabla X. **Tabla de calificación de la actuación**

Habilidad			Esfuerzo			Descripción
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	Habilidad. Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	Esfuerzo. Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	Condiciones. Son aquéllas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquéllas que afecten la operación
Condiciones			Consistencia			
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	Consistencia. Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante
B	Media	0.00	B	Media	0.00	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Fuente: elaboración propia.

Partir del punto que la habilidad es la mejor manera de realizar una actividad, a partir de un método establecido, es la mejor manera de realizarla y el esfuerzo es el interés que demuestra un trabajador en realizar su trabajo de una manera eficaz y eficiente. Otros factores a tomar en cuenta son las condiciones y la consistencia, siendo la primera las que afectan al trabajador de

manera directa y excluyen a la operación y la consistencia, es el grado de correlación entre los tiempos tomados respecto, a la media aritmética.

Para el cálculo del tiempo normal de la operación se debe multiplicar el tiempo promedio obtenido de la toma de lecturas, en este caso los ciclos de corrugación, por los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

$$Tn = \text{Tiempo Cronometrado} * \text{Factor de calificación}$$

De acuerdo a la toma de los tiempos cronometrados que se realizó, a diversos trabajadores; la toma de criterio para los factores de calificación será un factor promedio de las condiciones observadas en el grupo de operadores.

Tabla XI. **Tabla de calificación de la actuación en GALCASA**

Habilidad	Excelente	+0,10
Esfuerzo	Bueno	+0,05
Condiciones	Promedio	0,00
Consistencia	Media	0,00
Total		0,15

Fuente: elaboración propia

Por lo que el factor de calificación es de 1,20 al multiplicarlo de acuerdo a la fórmula el tiempo normal quedará de la siguiente manera.

$$Tn = 5,19 * 1,15$$

$$Tn = 5,968$$

Para determinar el tiempo que se le concederá al ciclo de corrugación se deberá determinar el tiempo estándar:

$$Te = Tn * (1 + \% \text{ concesiones})$$

Como el trabajo desarrollado en corrugación, es realizado solamente por hombres, se presentan los suplementos en la siguiente tabla.

Tabla XII. **Tabla de suplementos**

		Hombres
1. Suplementos constantes		
	suplementos por necesidades personales	5%
	suplementos base por fatiga	4%
2. Suplementos variables		
a	suplemento por trabajar de pie	2%
b	suplemento por postura anormal	0%
c	uso de la fuerza o de la energía muscular	2%
d	mala iluminación	0%
e	condiciones atmosféricas	0%
f	concentraciones intensas	0%
g	ruido	2%
h	tension mental	1%
i	monotonía	1%
j	tedio	1%

Fuente: GARCIA CRIOLLO Roberto, *Valoración del ritmo de trabajo*. p. 209.

El total de los suplementos que se deben tener es de 18 %

$$Te = 6,228 * (1 + 18 \%)$$

$$Te = 7,04 \text{ segundos}$$

4.2.2. Análisis de operaciones

Al hacer las observaciones y obtener resultados de la línea de corrugación, se puede analizar que el problema está en la ubicación de la maquinaria, que hace ineficiente la línea de corrugación.

Si se cambiara la forma de alimentación y carga de la máquina corrugadora, se evitarían tiempos muertos de la línea y tiempos de ocio de los operarios que tienen que esperar a que el puente grúa levante la lámina ya corrugada, y luego regrese a colocar el paquete de lámina galvanizada por corrugar, este tiempo se vuelve improductivo para la empresa y deja de hacer un uso correcto de los recursos.

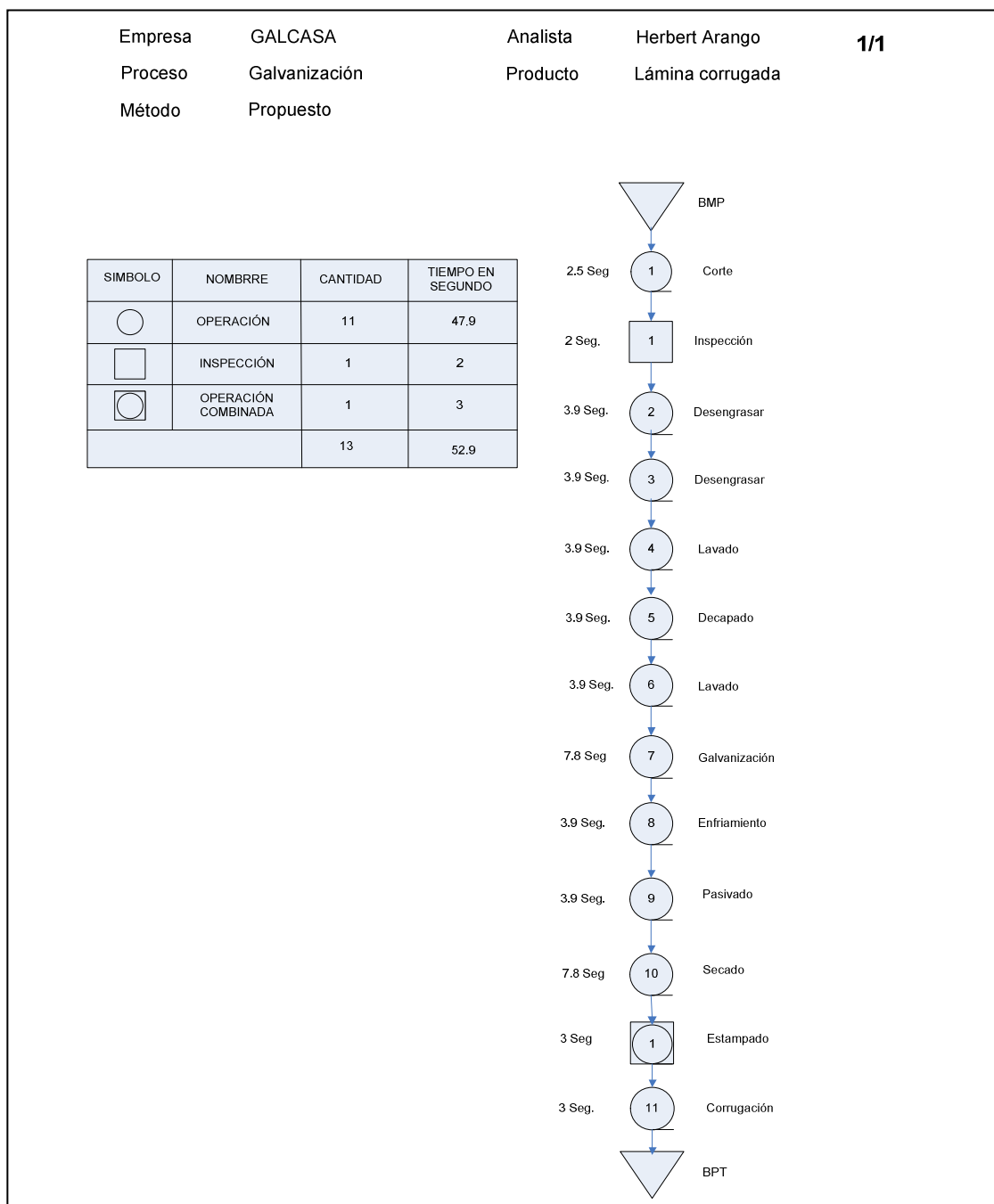
4.2.3. Diagramas de procesos

A continuación se presentan los diagramas del proceso mejorados, deberá de tomarse en cuenta que, aunque se aumentaron las operaciones, la capacidad de producir más toneladas por hora, aumentó.

4.2.3.1. Diagrama de operaciones mejorado

El diagrama de proceso de galvanización que se muestra en la figura 30, representa gráficamente las operaciones que se aumentaron al proceso de producción, inspecciones y operaciones combinadas que se realizan en el proceso.

Figura 31. Diagrama de operación del proceso de galvanización mejorado



Fuente: elaboración propia.

Al hacer una comparación entre el diagrama de operaciones anterior y el diagrama de operaciones mejorado se puede observar que hay un incremento de la productividad. Aun cuando se han aumentado el número de operaciones el tiempo de producción ha disminuido.

Método anterior: 54,5 segundos

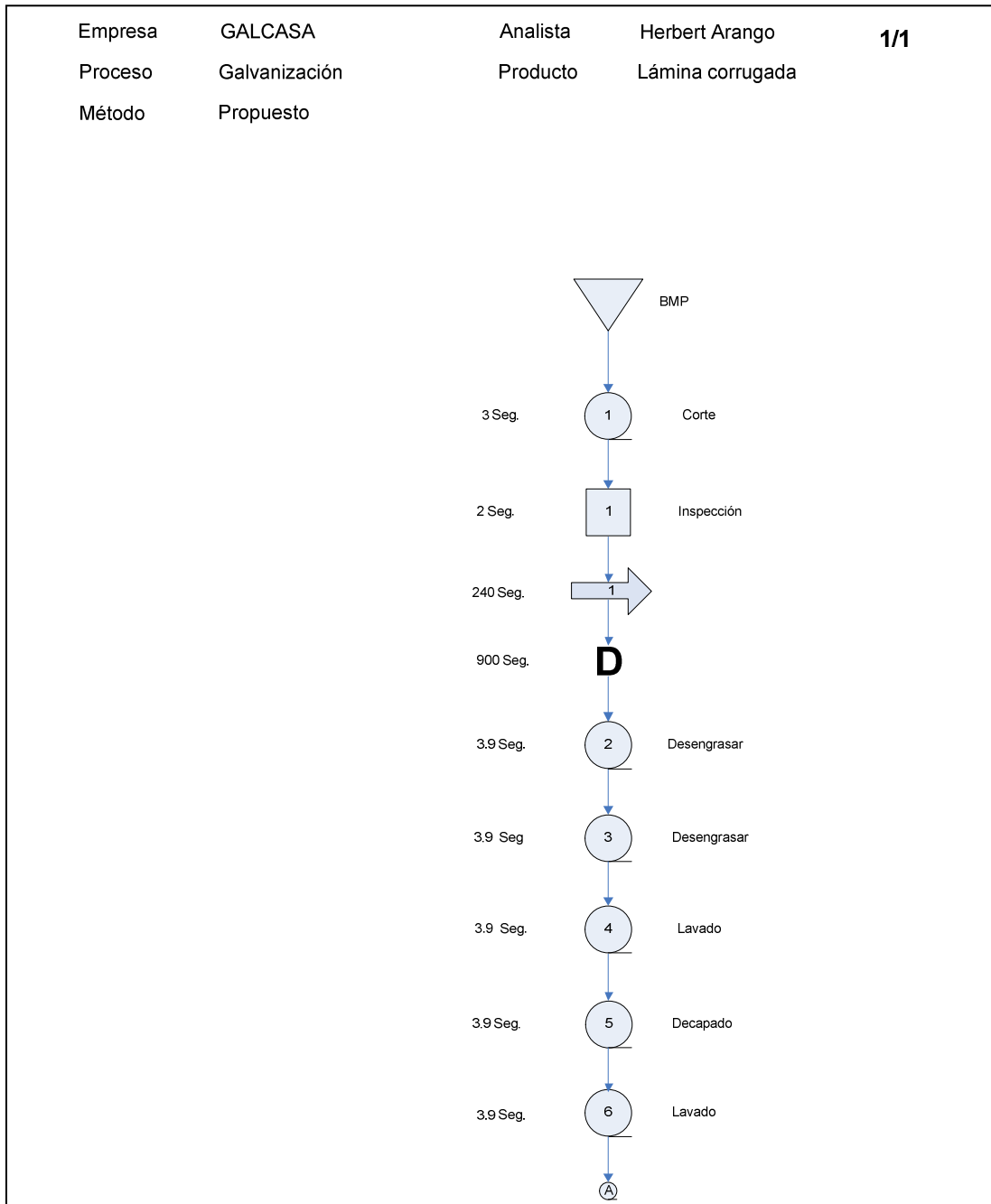
Método mejorado: 52,3 segundos

Esto indica que se ha disminuido 2,2 segundos en la producción de una unidad.

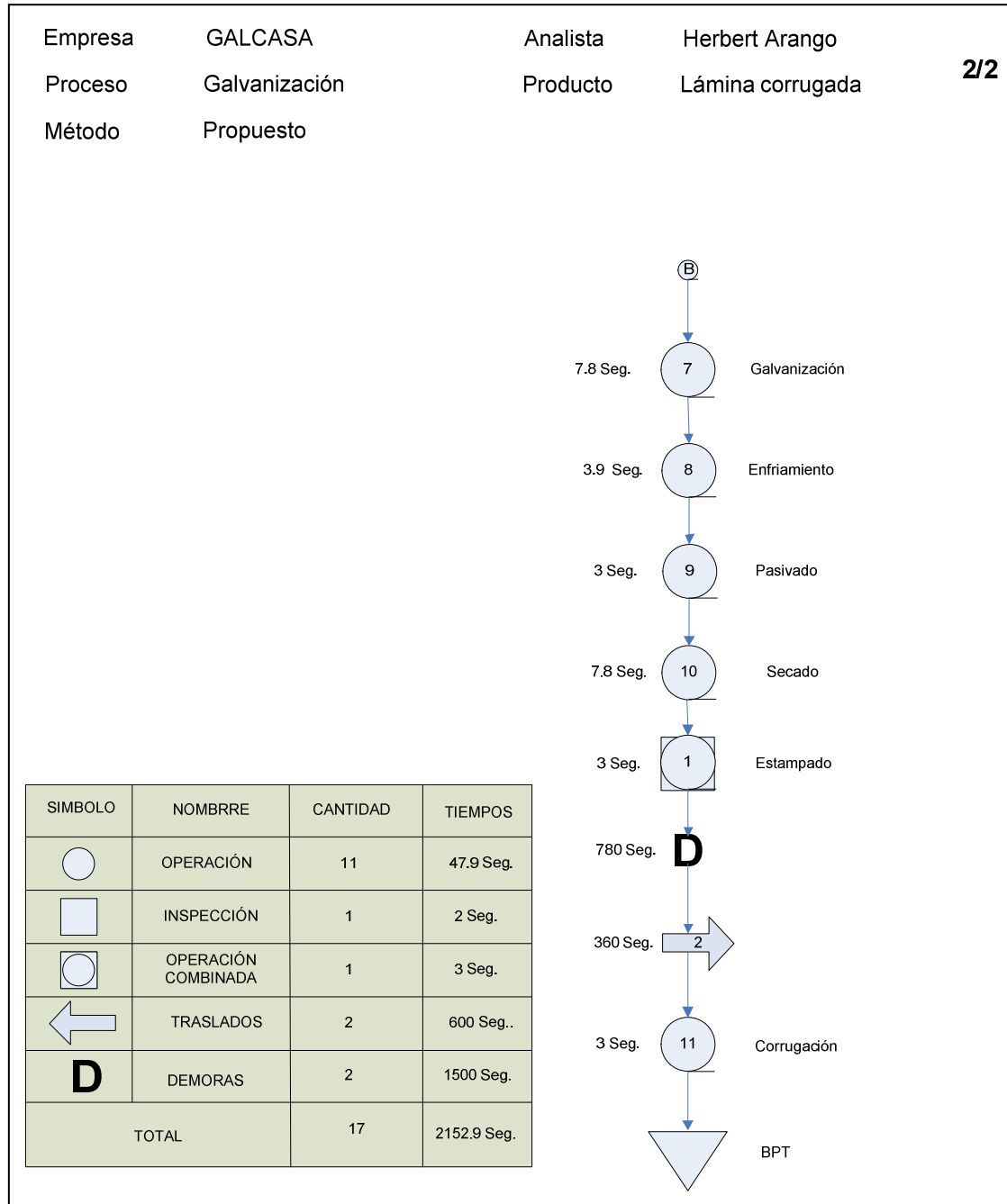
4.2.3.2. Diagrama de flujo mejorado

El diagrama de flujo muestra que las demoras y los transportes también se reducen, cuando la velocidad de las operaciones aumenta.

Figura 32. Diagrama de flujo del proceso de galvanización mejorado



Continuación figura 32.



Fuente: elaboración propia.

Al hacer una comparación entre el diagrama de flujo anterior y el mejorado, se observa que hay un incremento de la productividad. Aun cuando se han aumentado el número de operaciones el tiempo de producción ha disminuido.

Método anterior: 2,593 segundos

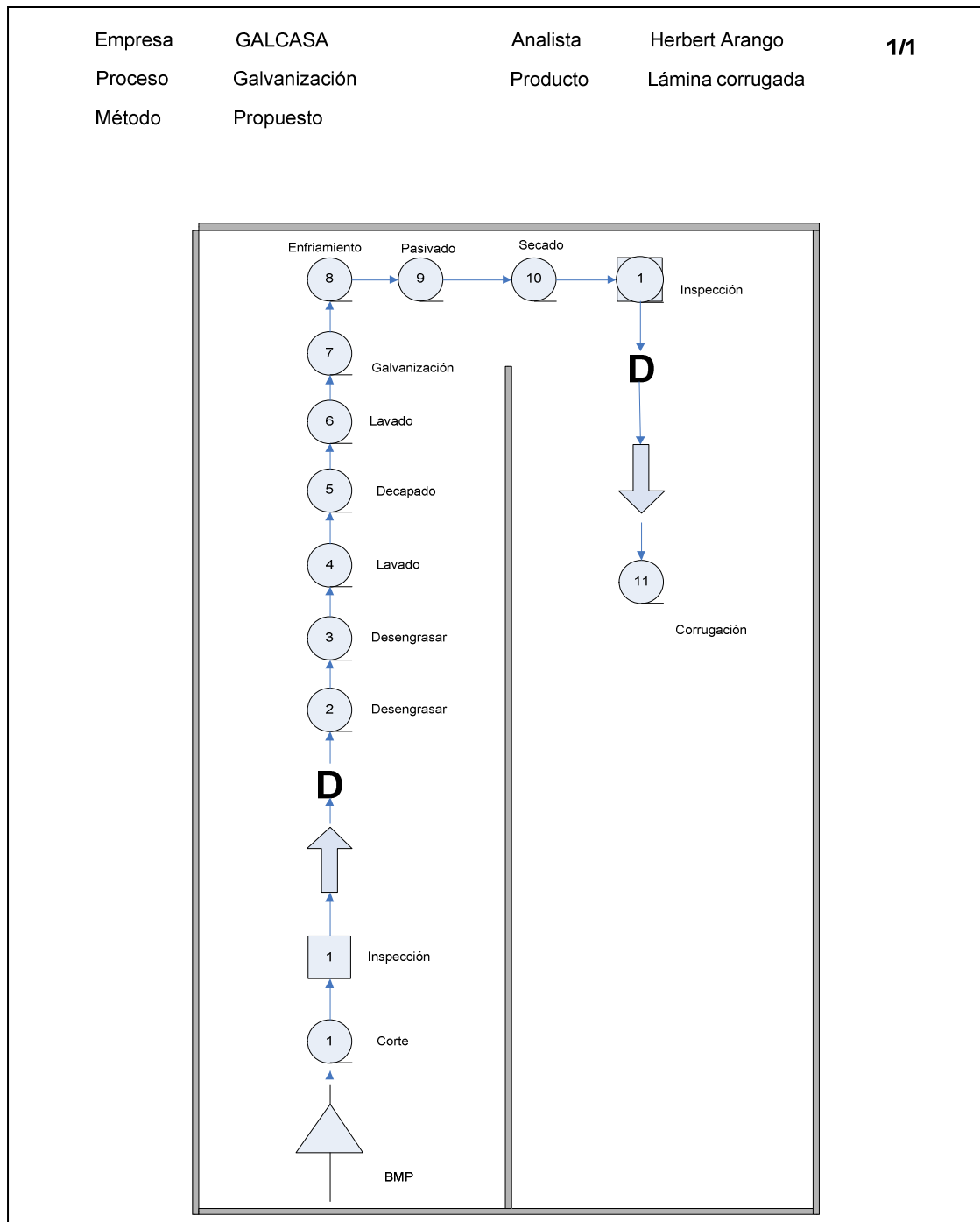
Método mejorado: 2,152.9 segundos

Al disminuir el tiempo requerido para el proceso de galvanización y aumentar la productividad en la línea de corrugación, se puede observar una disminución en los almacenajes temporales, teniendo un gran impacto en el tiempo de producción de una unidad. La diferencia es de 440,1 segundos por unidad.

4.2.3.3. Diagrama de recorrido mejorado

El diagrama de recorrido mejorado, muestra la ubicación dentro de la planta, de los nuevos procesos, esto permitirá identificarlos rápidamente y podrá observarse cómo se alargó la línea de producción.

Figura 33. Diagrama de recorrido del proceso de galvanización mejorado



Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Diseño de datos estándar

El diseño de datos estándar permitirá a la empresa poder determinar cuál es el mejor método y estandarizarlo, de esta forma se logrará que la productividad de las operaciones que intervienen en el proceso de galvanización se optimice.

4.2.4.1. Procedimientos estándar

El procedimiento a partir de la implementación, de la nueva ubicación de la máquina corrugadora será el siguiente:

- El encargado de manejar el puente grúa deberá de colocar según la programación de producción, en la mesa de alimentación, los paquetes uno tras otro, hasta tener 5 paquetes.
- Deberá de tener listo los cables para levantar el paquete que se finalizó de corrugar, para evitar que el demás personal pierda tiempo de producción.
- Cuando los operarios inicien la producción, deberá de llenar el reporte de corrugación, guiándose por la hoja de seguimiento de cada paquete y corroborarlo al finalizar el conteo del personal de corrugación.
- El jefe del departamento de corrugación es quien manejará el puente grúa, el jefe de grupo será el responsable de colocar la producción de acuerdo a la planificación que fue entregada por el gerente de producción.

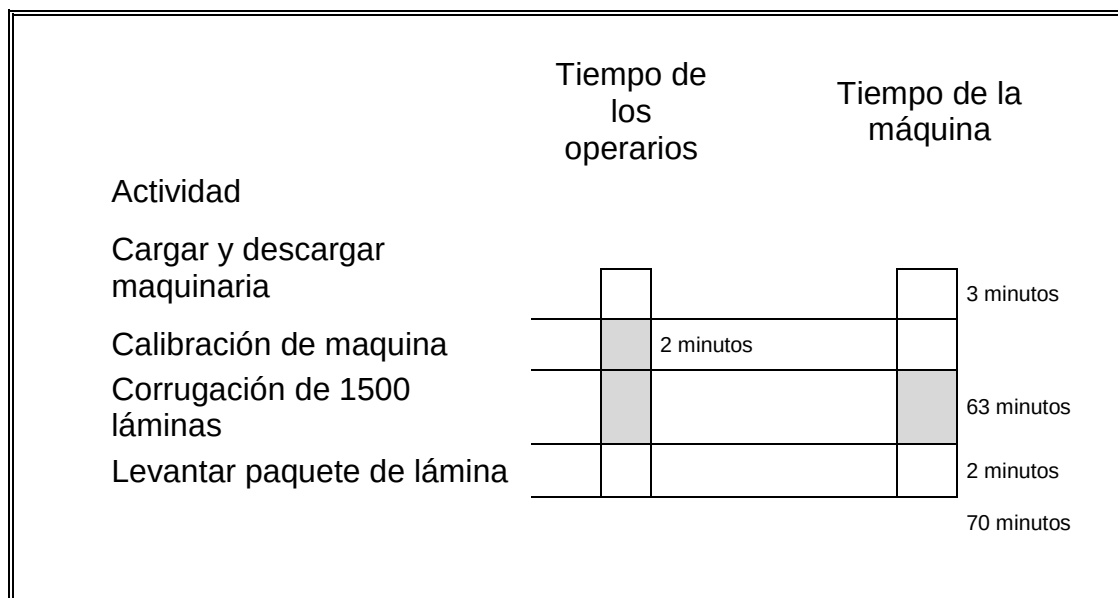
4.2.5. Incremento de productividad

Al haber un incremento de la productividad de la línea de producción, se está optimizando todos los recursos de los procesos de producción.

4.2.5.1. Productividad

Con un modelo propuesto donde se pierde menos tiempo en cargar y descargar la maquina corrugadora se presenta un diagrama hombre-máquina, se puede analizar el incremento que se tendría en la productividad.

Figura 34. **Diagrama hombre-máquina modelo propuesto**



Fuente: elaboración propia.

Se procede a calcular la eficiencia con el modelo propuesto para la línea de corrugación:

$1500 / 70 =$ se tiene una producción de 21.4 unidades/minuto

Mientras que con el modelo actual es de 18,75 unidades/minuto

Con el modelo propuesto se incrementa en un 14,24 % la eficiencia de la línea de corrugación. Además se acerca más al dato que se obtiene con TMO calculado anteriormente de 24 unidades por minuto.

4.2.5.2. Tiempo de producción

El tiempo de producción ahora se puede expresar en unidades producidas por hora, desarrollando indicadores de productividad.

Si se aplica el modelo propuesto se verá reflejado en los tiempos de producción, ya que se reflejarán en las unidades producidas por hora, y a su vez en la producción total de la línea de corrugación.

4.2.5.3. Indicador de productividad

Los indicadores de productividad que no existían en la línea de corrugado, se establecieron mediante propuestas y mejoras a las operaciones que en esta línea se realizaban, son indicadores que permiten medir la relación de lo que se invierte en la producción y lo que se espera que ésta produzca. Con indicadores de productividad se logra establecer, qué tan bien se están utilizando los recursos que la empresa pone a disposición y se espera que se a empleado en una forma óptima.

Los indicadores a utilizar en la línea serán los siguientes:

- Unidades producidas por hora
- Unidades producidas por hora-hombre

En la figura 35 se muestran estos indicadores en el reporte de la línea de corrugación.

Figura 35. **Reporte de indicadores de productividad**

 GALVANIZADORA CENTROAMERICANA S.A							
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD							
CORRUGACION							
espesor	tipo	unidades	pies	Unidades/hora	unidades/hh	pies/min	mts/min
0.20	full hard	3 000	36 000	1 485	2.02	297.03	90.535
0.23	full hard	2 408	38 896	1 486	1.62	297.28	90.612
0.22	full hard	1 520	15 200	1 448	1.05	289.52	73.540
0.18	full hard	1 605	22 470	1 486	1.08	297.22	105.692
Gran Total		8 533	102 566	5 905	5.77	1 182.06	90.095

Fuente: elaboración propia.

A partir de ahora se podrá estar midiendo constantemente qué tan bien se están utilizando los recursos de la empresa. Además se demostró que era necesario hacer una reubicación de las máquinas corrugadoras.

4.2.5.4. Manejo de recursos

Los recursos que se requieren para establecer la nueva ubicación de la maquinaria son los siguientes:

- Tiempo de mecánicos en la fabricación de las nuevas mesas de alimentación.
- Material eléctrico para la ubicación de los paneles de control.
- Fabricación de los paneles de control.
- Nueva cimentación para el anclaje de la maquinaria.
- Recurso económico para todos los gastos estimados.

4.2.5.5. Análisis de costos

Como se demostrará, la inversión para hacer la modificación de la línea de corrugación, es mínima, si se toma en cuenta que aumentará la velocidad de los procesos de producción. Un incremento en la productividad de un 14.24% recortara también los almacenajes temporales como quedo determinado en los diagramas de flujo. Para esto se utilizará la herramienta financiera flujo de efectivo.

El flujo de efectivo constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, debido a los resultados obtenidos en el flujo de efectivo se evaluará la realización del proyecto. La información básica para la

construcción de un flujo de caja proviene de los estudios que se analizaron anteriormente.

Esto contribuirá, no sólo a eliminar tiempos muertos en las demoras, también ocupará un menor espacio en la línea de producción, ya que al ser un producto en proceso, se tiene que tener un espacio para los almacenajes temporales.

Figura 36. **Presupuesto de proyecto**

 GALVANIZADORA CENTROAMERICANA, S.A. PRESUPUESTO DE PROYECTO Proyecto: ubicación nueva de corrugadoras		
Parte mecánica		Q.
	Estructura para mesas de alimentación	14 000,00
	Soportes de la estructura	6 000,00
	Construcción de mesas de alimentación	5 000,00
	Tiempo de personal de mantenimiento	2 000,00
Parte eléctrica		
	Gabinete	5 000,00
	Cables y suministros eléctricos	4 000,00
Obra civil		
	Excavación para cimientos	2 000,00
	Materiales de construcción	6 000,00
	Cimientos	4 000,00
Total		48 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para poder presentar una evaluación, se tomarán varios datos suministrados por el departamento de ventas de la empresa GALCASA.

Datos:

403,783 unidades vendidas en el último periodo fiscal

Q. 108,00 fue el promedio de venta durante el último periodo fiscal

El departamento de ventas indica, que la totalidad de la producción es vendida en un periodo, por lo que consideran que si se incrementa la producción, el departamento de ventas podría colocar la totalidad de su producción en plaza.

De la misma forma, se le solicito al departamento de recursos humanos una estimación de sueldos y de beneficios laborales de los empleados que están ubicados en la corrugación. Estos datos fueron los siguientes:

Salarios del grupo de corrugación: Q. 132 000,00

Prestaciones laborales y otros beneficios: Q. 175 560,00

Con estos datos se puede realizar un análisis de flujo de efectivo para un periodo fiscal, y de esta forma evaluar el proyecto.

La inversión requerida es de Q. 48 000,00 de acuerdo al presupuesto presentado. Se tomará también en cuenta la productividad que se tiene en estos momentos y la que obtendrá al utilizar la modificación a la línea de producción.

Se hará una comparación utilizando los datos de las unidades que se produjeron el año anterior y con la modificación cuáles serían las unidades producidas de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente.

Datos:

Sin modificación de la línea de producción, las unidades producidas fueron de 405 000 unidades al año.

Con la modificación de la línea la producción se estima que obtendrá una producción de 462 250 unidades.

Se presentan los datos para poder hacer el flujo de efectivo

$$\text{Ingreso por ventas} = \text{unidades vendidas} * \text{precio promedio de venta}$$

$$\text{Ingreso por ventas} = 403\,783 * 108,00$$

$$\text{Ingreso por ventas} = 43\,608\,654,00$$

Figura 37. **Flujo de efectivo sin inversión de proyecto**

Flujo de efectivo del 1 de enero al 31 de diciembre 20XX Cifras en Quetzales		
Ingresos por ventas	43 608 564,00	100,0%
(-) Egresos del proyecto	0,00	0%
Utilidad bruta	43 608 564,00	100,0%
menos: gastos operativos		
Salarios	132 000,00	0%
Prestaciones laborales	175 560,00	
Depreciaciones	0,00	
Total de gastos operativos	-307 560,00	1%
Utilidad Operativa	43 301 004,00	99%
(-) Gastos por intereses	0,00	0%
Utilidad antes de impuestos	43 301 004,00	99%
(-) Impuesto sobre la renta	-12 990 301,20	30%
Utilidad neta del ejercicio	30 310 702,80	70%

Fuente: elaboración propia.

Este flujo muestra la utilidad para la empresa sin hacer la modificación de la línea de corrugación.

Para poder realizar una evaluación de la factibilidad del proyecto, se presta un escenario diferente, donde ya se realizó la modificación y se tiene una capacidad mayor de producción.

Con la modificación de la línea la producción se estima que será de 462,250 unidades, tomando en cuenta el dato del departamento de ventas, que estima poder colocar más producto en plaza.

Se presentan los datos para poder hacer el flujo de efectivo

*Ingreso por ventas = unidades vendidas * precio promedio de venta*

*Ingreso por ventas = 462 240 * 108,00*

Ingreso por ventas = 49 921 920,00

Figura 38. **Flujo de efectivo con inversión del proyecto**

PROYECTO		
Flujo de efectivo		
del 1 de enero al 31 de diciembre 20XX		
Cifras en Quetzales		
Ingresos por ventas	49 921 920,00	100,0%
(-) Egresos del proyecto	(48 000,00)	0%
Utilidad bruta	49 873 920,00	99,9%
menos: gastos operativos		
Salarios	132 000,00	0%
Prestaciones laborales	175 560,00	
Depreciaciones	9 600,00	
Total de gastos operativos	(317 160,00)	1%
Utilidad operativa	49 556 760,00	99%
(-) Gastos por interéses	-	0%
Utilidad antes de impuestos	49 556 760,00	99%
(-) Impuesto sobre la renta	(14 867 028,00)	30%
Utilidad neta del ejercicio	34 689 732,00	69%

Fuente: elaboración propia.

Después de hacer el análisis, se justifica una inversión mínima sabiendo que la utilidad durante un ejercicio será de gran beneficio para la empresa.

4.2.6. Análisis e interpretación de resultados

Según los resultados obtenidos se puede concluir que la implementación de la propuesta de los modelos para optimizar los recursos en la línea de producción es factible y se obtendrán mejores resultados.

Se ha determinado que el incremento en la productividad de la línea de corrugación traerá muchos beneficios a la empresa, además reducirá costos de operación, la producción aumentará con las mismas horas-hombre, como lo demostró el análisis y los diagramas.

4.2.7. Consolidación de resultados

Los resultado obtenidos se basaron en investigaciones científicas, en teoría de inventarios, en el estudio de tiempos, diagramas y herramientas que permiten tener una visión muy clara de la situación actual de los proceso, y de cómo se pueden mejorar éstos.

Se estableció cuál era la situación actual en algunos de los procesos de producción, cuales fueron sus fortalezas, sus debilidades, y se buscaron las oportunidades de mejoras, es así como se encontraron formas nuevas de hacer las tareas que envuelven a un proceso tan complejo, ya que todas los procesos dentro de la empresa se encuentra interrelacionados.

4.3. Seguimiento al método implementado

Deberá dársele seguimiento a todo lo implementado, para que no se pierda, el responsable deberá buscar la mejora continua, basándose en el ciclo de Deming.

4.3.1. Implementación del modelo propuesto

La propuesta en el manejo de inventario con modelo de lote económico, se implementará como un procedimiento de compra. Se revisará el contrato establecido con las empresas que proveen el zinc. Las empresas con las cuales se tiene negociaciones estratégicas son:

- Peñoles, México
- Votornatin Metais, Perú

A continuación se presenta el procedimiento que el departamento de compras implementará. Ver figura 39.

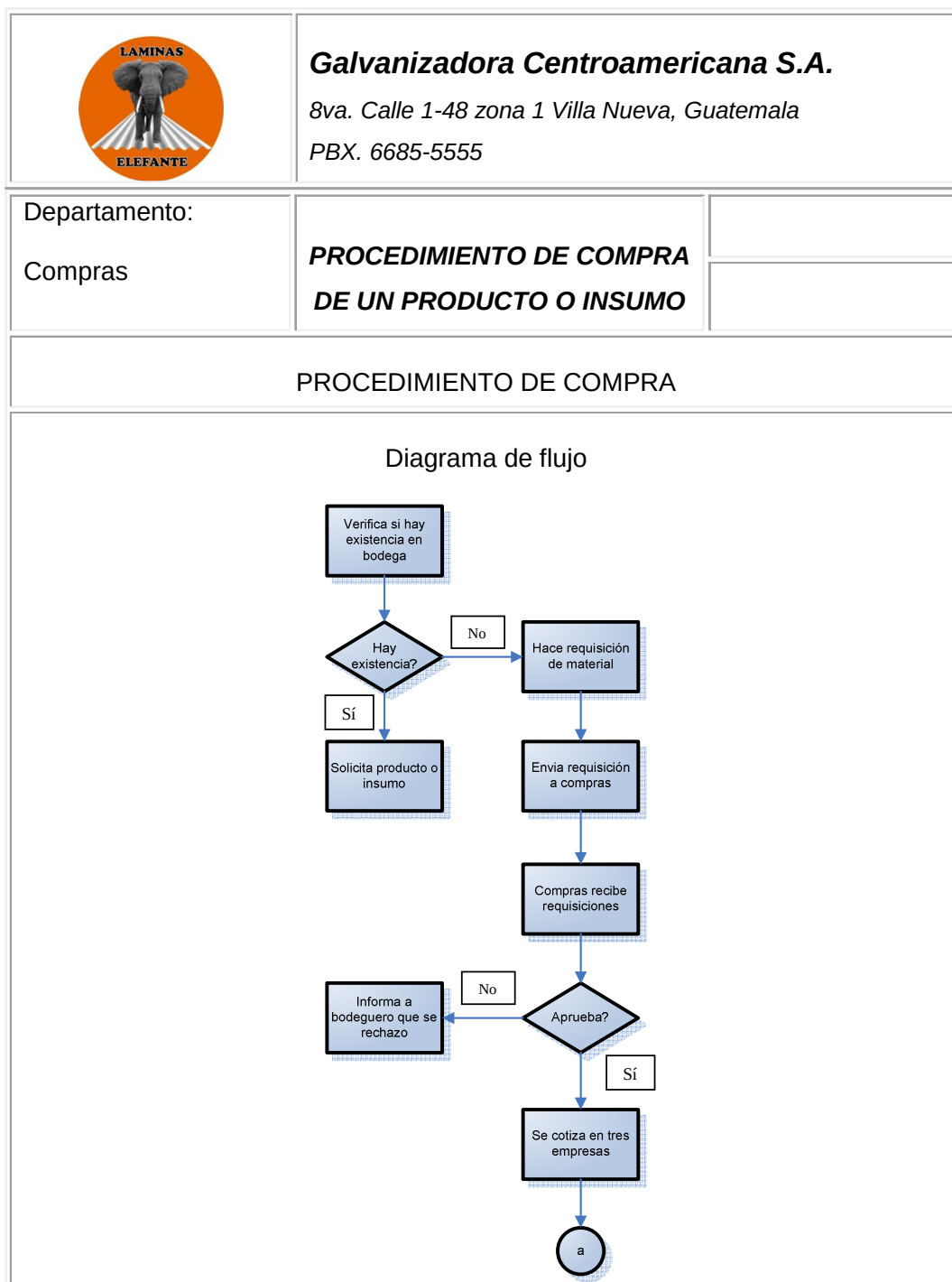
Figura 39. **Procedimiento de compra**

		Galvanizadora Centroamericana S.A. 8va. Calle 1-48 zona 1 Villa Nueva, Guatemala PBX. 6685-5555	
Departamento: Compras		PROCEDIMIENTO DE COMPRA DE UN PRODUCTO O INSUMO	
PROCEDIMIENTO DE COMPRA			
No. de Paso	Responsable	Documento	Actividad
1.	Gerente de cada área	Requisición	Llenar requisición con la descripción y especificación del producto, motivo de solicitud para compra de productos.
2.	Departamento de Compras	Requisición	Recibe la requisición, revisa que cumpla con todos los requisitos.
3.	Departamento de Compras	Requisición	Genera orden de compra en Quickbooks
4.0	Gerente General	Orden de compra	Aprueba orden de compra
4.1	Gerente General		Se rechaza la orden de compra, se debe de informar al solicitante de la compra, que su solicitud fue rechazada y se debe de anular del sistema.

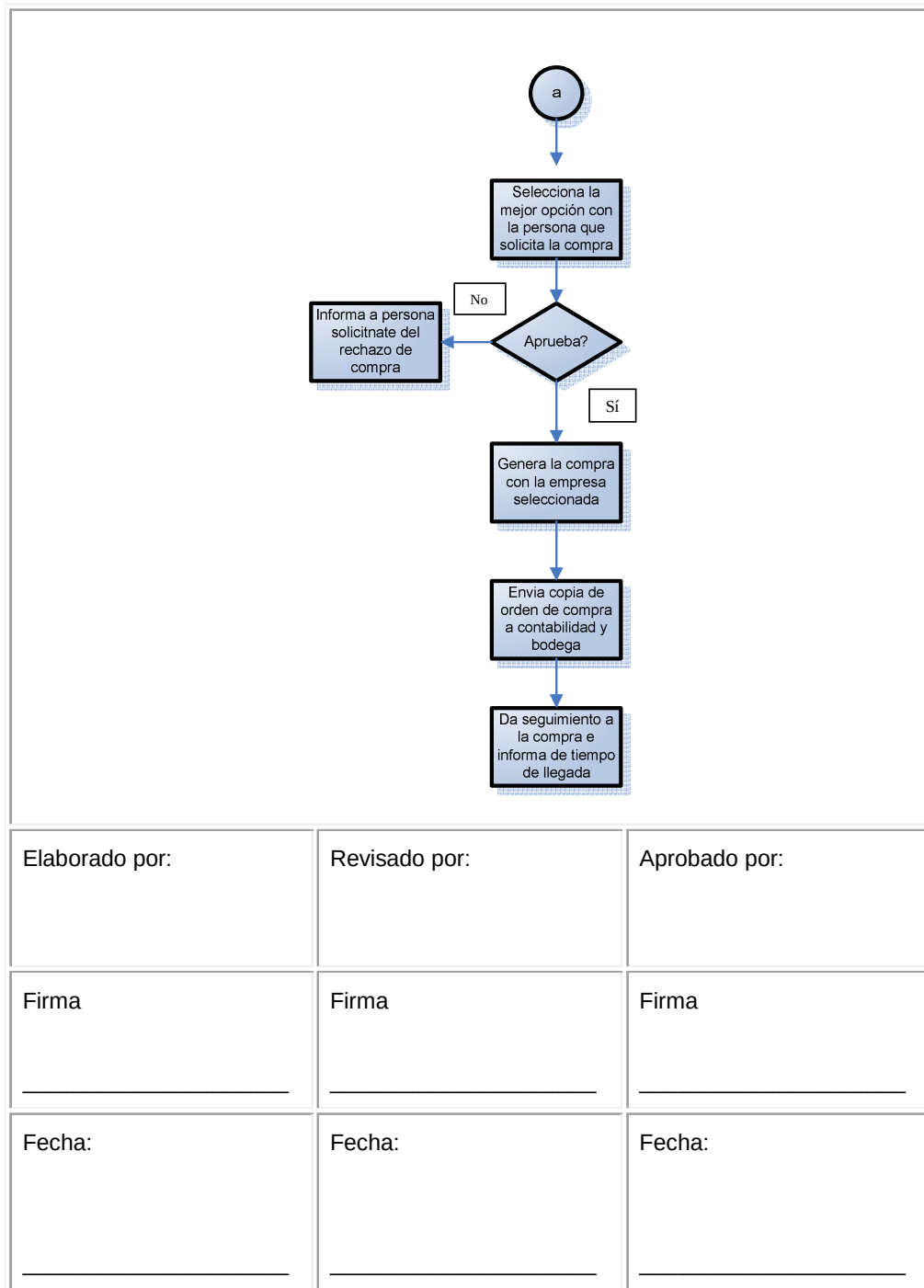
Continuación figura 39.

5.	Departamento de Compras	Orden de compra autorizada	Con la orden de compra autorizada, procede a realizar la compra.
6.	Jefatura de Compras	Orden de compra autorizada	Realiza el pedido al proveedor, enviando vía e-mail o por fax la orden de compra.
7.	Jefatura de Compras	Copia de orden de compra autorizada	Al finalizar cada día, se debe de enviar una copia de la orden de compra a bodega y contabilidad a la persona indicada en cada departamento.
8.	Jefatura de Compras		Da seguimiento a las compras que ha realizado, manteniendo informado a la persona que hizo la requisición.
Elaborado por:		Revisado por:	Aprobado por:
Firma _____		Firma _____	Firma _____
Fecha: _____		Fecha: _____	Fecha: _____

Continuación figura 39.



Continuación figura 39.



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Medición de la productividad en cada uno de los procesos de producción

Continuar el monitoreo de la productividad cada proceso donde fue evaluada, esto permitirá a la empresa poder analizar su productividad, ya que su indicador proporcionará la información de cómo se están utilizando los recursos.

4.3.3. Evaluación de los procedimientos implementados

El inventario máximo y mínimo establecido con el modelo de lote económico, es similar al sistema que tiene actualmente, ya que cada mes se hace una compra de 150 TM, según los datos que se obtuvieron lo ideal es hacer una compra de 182 TM, con un punto de re-orden de 142 TM.

La evaluación del procedimiento de compra deberá de realizarse de nuevo al existir un aumento de la producción, esto debido a que aumentarán los consumos de lo mismo. A continuación se presentan los pasos que deberán de realizarse.

- Después de realizar la compra, el departamento de compras deberá de solicitar a los 10 días, un inventario de zinc.
- Analizar el comportamiento de consumo de zinc.
- Si éste ya llegó a su nivel de re orden, que es de 142 275 Kg. deberá de realizarse una nueva orden de compra.

- Tomando en cuenta que el tiempo necesario para que llegue el zinc, desde el momento en que se colocó la orden de compra es de 30 días, se deberá de dejar un tiempo de 5 días para cualquier inconveniente.

4.4. Control y seguimiento

El modelo se deberá estar basado en el ciclo de calidad de Deming, éste dice que se debe: planificar, hacer, verificar y actuar. Ese es el modelo que se deberá seguir, hacer una evaluación a lo implementado cada mes, verificar que todo se esté realizando como está planificado, y si algo de lo que se estableció, no está dando resultado, entonces se deberá de replantear para que el modelo siempre tenga una mejora continua.

4.4.1. Mejora continua del modelo

Se debe mantener una mejora continua al modelo establecido, revisar los pronósticos de ventas y así determinar la producción para los próximos 6 meses, y con base a esto establecer máximos y mínimos de inventario de zinc.

Revisar continuamente los indicadores de productividad, después de establecer la nueva ubicación de la maquinaria, identificar los movimientos improproductivos y hacer un nuevo análisis de diagrama hombre-máquina.

La planificación de lo que se deberá de hacer para la implementación de los nuevos procedimientos de compra, están dados, al igual que para las mejoras que se planificaron realizar en la línea de galvanizado y en la línea de corrugación. Aquí se deberá de desarrollar cada uno de los que está propuesto en la planificación, de esta forma se tiene las dos primeras dos fases del ciclo de Deming, que son: planear y hacer.

Luego de que se ha realizado cada uno de las mejoras deberá de tenerse una verificación de los resultados; así se podrá analizar qué indicadores se están alcanzando o si se están sobrepasando. Puede ser también que esté cumpliendo con lo establecido desde un inicio, pero, de no ser así se deberá de hacer una corrección para lograr hacerlo, y de esta forma se cerrará e indicará nuevamente el círculo calidad.

4.4.2. Identificación de mejoras al modelo

En todo proceso, siempre existe la posibilidad de hacer mejoras. Para este modelo existe la posibilidad de hacer un estudio de inventario para cada insumo de producción; desarrollar un procedimiento para todos los productos y estar evaluando constantemente, si sus proyecciones son acorde a los establecidos inicialmente.

CONCLUSIONES

1. Fueron creados los indicadores que permitirán medir la productividad de la línea de galvanización.
2. Presentación de las modificaciones a la línea de galvanización que permitirán aumentar la velocidad de la misma.
3. Con una reubicación de la línea de corrugación, se aumentó la capacidad de producción de la misma.
4. Se determinó que la cantidad óptima, de acuerdo a un lote económico a realizar en cada compra, es de 182 925 Kg.

RECOMENDACIONES

1. Se deben iniciar actividades de capacitación con el personal operativo, con el fin de involucrarlos en la mejora continua.
2. Desarrollar un procedimiento de compra de materia prima e insumos, para que el personal de compras y los responsables de la bodega, estén enterados de los pasos a seguir.
3. Instruir al personal en el manejo de inventarios basándose en los máximos y mínimos, para que todo el personal esté involucrado en las actividades y se desarrolle de mejor forma la planificación de compra.
4. Evaluar la factibilidad de desarrollar un proyecto que permita aumentar la velocidad de la línea de galvanización, implementado más tanques de limpieza. Así se podrá aumentar el tiempo de la lámina al estar sumergida en más tanques.
5. Considerar colocar un tanque de enjuague entre el tanque de desengrase y el de *pickling* para evitar que por el arrastre de líquido alcalino, neutralice el tanque de *pickling*.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Ingeniería de métodos*. México: McGraw-Hill interamericana. 1999. 216 p.
2. MULLER, Max. *Fundamentos de administración de inventarios*. Colombia: Norma. 2004. 246 p.
3. NIEVEL, Benjamin W. *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*. 9ª ed. Colombia: Alfaomega. 1999. 880 p.
4. HODSON, William K. *Manual del ingeniero industrial*. 4ª ed. México: McGraw-Hill interamericana, 1996. 864 p.
5. DESSLER, Gary. *Administración de Personal*. 6ª ed. México: Prentice Hall. 1996. 715 p.