

Diseño de un Sistema de Costos para la Empresa Paneles Estructurales – Formadcol:
Formaletas Metálicas de Colombia

Jeferson Alexander Lázaro y Martin Gerardo Rueda

Trabajo de Grado para Optar Título de Ingeniero Industrial

Director

Laura Daniela Garcés

Magíster en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenieras Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2021

Agradezco...

A Dios por su guía en esta camino lleno de bendiciones y su cuidado en el transcurso de esta vida.

*A mis padres, por tan grande sacrificio y trabajo de todos estos años.
A la empresa paneles estructurales S.A.S , por su confianza en nosotros para la realización de este proyecto tan importante de nuestro camino profesional.*

A la Universidad industrial de Santander, en especial a los docentes que se esfuerzan día a día por formar profesionales íntegros y con muchas capacidades.

A todas aquellas personas que me compartieron un poco de su conocimiento para culminar de manera exitosa este proyecto.

Finalmente quiero dedicar este proyecto a todas las personas que me acompañaron cuando más los necesité, que me brindaron su tiempo y extendieron su mano para levantarme y llegar a tan gloriosa meta. Muchas gracias.

Martin Rueda**Agradezco...**

A Dios por su bondad y misericordia, al permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre, que con esfuerzo y dedicación a pesar de las adversidades siempre creyó en mí, y gracias a su apoyo puedo celebrar este triunfo.

A mi abuela, que estuvo presente en los momentos de necesidad, siempre brindándome una mano de ayuda.

A todo el equipo de Formadcol que estuvieron dispuestos a brindarnos su ayuda, y el apoyo necesario para culminar exitosamente este proyecto.

Y a todos aquellos que estuvieron presente en algún momento de este camino para ser profesional, mis profesores, compañeros y amigos de universidad. Muchas gracias.

Jeferson Lazaro

Tabla de contenido

Introducción	17
1 Tabla de cumplimiento de objetivos.....	18
2 Descripción del proyecto	19
2.1 Objetivos.....	19
2.1.1 Objetivo general	19
2.1.2 Objetivos específicos	19
2.2 Planteamiento del problema	19
3 Descripción de la empresa.....	20
3.1 Información de la empresa	20
3.1.1 Naturaleza y Objeto Social	21
3.1.2 Misión.....	21
3.1.3 Visión.....	21
3.1.4 Historia	22
3.1.5 Ubicación.....	22
3.1.6 Planta física.....	22
3.1.7 Estructura organizacional	23
3.1.8 Clientes	24
3.1.9 Competencia	24
3.2 Información general de ingresos.....	25
3.3 Portafolio de productos y servicios	26
3.3.1 Servicios	26
3.3.2 Productos	27
3.4 Maquinaria y equipo.....	28
3.5 Insumos y materias primas	29
3.6 Canales de distribución.....	30

3.7	Cadena de suministro interno	31
3.7.1	Proveedores	31
3.7.2	Fábricas.....	32
3.7.3	Consumidor	33
4	Marco de referencia	33
4.1	Antecedentes.....	33
4.2	Marco teórico.....	34
4.2.1	Marco de términos	34
4.2.2	Concepto de sistema de costos	35
4.2.3	Criterios para evaluar un sistema de costeo.....	36
4.2.4	Objetivos del sistema de costos	36
4.2.5	Clasificación de sistemas de costeo.....	37
3.2.5.1	Sistemas de costeo por órdenes de producción.....	37
3.2.5.2	Sistemas de costeo por procesos.....	38
3.2.5.3	Sistemas de costeo basados en actividades (abc).....	38
4.2.6	Clasificación de los tipos de costos	38
4.2.6.1	De acuerdo con su clase.....	38
4.2.6.2	De acuerdo con su comportamiento.....	39
4.2.6.3	De acuerdo con su identificación a una actividad departamento o producto.....	39
4.2.6.4	De acuerdo con el tiempo en que se cargan o se enfrentan a los ingresos.....	39
4.2.6.5	De acuerdo con el tiempo en el que fueron calculados.....	40
4.2.6.6	De acuerdo a la forma en que se calculan.....	40
4.2.6.7	Según la metodología usada en la determinación y tratamiento de costos fijos.....	40
4.2.7	Elementos del sistema de costos.....	41
3.2.7.1	Materia prima (mp).....	41

3.2.7.1.1	Materia prima directa (mpd).....	41
3.2.7.1.2	Materia prima indirecta (mpi).....	41
3.2.7.2	Mano de obra (mo).....	41
3.2.7.2.1	Mano de obra directa.....	41
3.2.7.2.2	Mano de obra indirecta.....	41
3.2.7.3	Costos indirectos de fabricación.....	42
4.2.8	Control de materiales.....	42
4.2.9	Sistemas de inventarios.....	43
3.2.9.1	Sistema de inventario periódico.....	43
3.2.9.2	Sistema de inventario permanente.....	43
4.2.10	Estudio de tiempos.....	43
5	Metodología del proyecto.....	46
5.1	Diagnóstico inicial.....	46
5.2	Diseño del sistema de costos.....	46
5.3	Elaboración de herramienta ofimática.....	47
5.4	Implementación y análisis del sistema de costos.....	47
6	Cadena de suministro de la empresa.....	47
6.1	Proceso comercial.....	47
6.2	Proceso de planeación.....	49
6.3	Proceso de abastecimiento.....	49
6.4	Proceso de fabricación.....	50
6.5	Proceso de distribución.....	50
7	Diagnóstico de la empresa.....	50
7.1	Selección de productos de mayor movimiento.....	50
7.1.1	Servicio de ventas.....	50
7.1.2	Servicio de alquiler.....	53

7.1.3	Producción de referencias estándar	55
7.1.4	Diagrama del proceso de fabricación	56
7.1.5	Diagrama del proceso de mantenimiento	59
7.1.6	Análisis de capacidad instalada	61
7.2	Estimación y manejo de los elementos del costo	63
7.2.1	Materia prima directa.....	64
7.2.2	Mano de obra directa.	66
7.2.3	Costos indirectos de fabricación.....	67
6.2.3.1	Materia prima indirecta.....	67
6.2.3.2	Mano de obra indirecta.	67
6.2.3.3	Servicios públicos.	68
6.2.3.4	Administración.....	68
6.2.3.5	Depreciación.	68
7.3	Requerimientos de la empresa.....	68
7.3.1	Entrevista a director de producción.	68
7.3.2	Entrevista al director contable	69
8	Diseño del sistema de costos	70
8.1	Elección del sistema de costeo	70
8.1.1	Análisis de alternativas.....	70
8.1.2	Identificación de criterios de decisión	70
8.1.3	Selección de la alternativa	71
8.1.4	Metodología del sistema seleccionado	72
7.1.4.1	Lineamientos para la implementación del sistema de costeo.	72
7.1.4.2	Jerarquía de costos.	73
7.1.4.3	Implementación del sistema de costos ABC.....	73

8.2	Desarrollo del sistema de costeo	74
8.2.1	Identificación de los objetos de costos	74
8.2.2	Identificación de los costos directos de los productos.....	74
7.2.2.1	Materia prima directa.....	74
7.2.2.2	Mano de obra directa.	74
8.2.3	Selección de actividades	76
8.2.4	Selección de bases de asignación.	78
7.2.4.1	Drivers para los procesos.....	78
7.2.4.2	Drivers para las actividades.	78
7.2.4.3	Drivers para el producto.....	79
8.2.5	Identificación de costos indirectos asociados a actividades	80
7.2.5.1	Asignación de costos indirectos de las actividades de producción y mantenimiento. 80	
7.2.5.1.1	Materia prima indirecta.....	80
7.2.5.1.2	Mano de obra indirecta.	81
7.2.5.1.3	Electricidad de maquinaria.	82
7.2.5.1.4	Depreciación de maquinaria y equipo.....	83
7.2.5.1.5	Arriendo de planta.....	83
7.2.5.1.6	Mantenimiento de maquinaria.	84
7.2.5.2	Asignación de costos indirectos a las actividades de soporte.	84
8.2.6	Cálculo de la tasa por unidad de cada base de aplicación	89
7.2.6.1	Mano de obra directa	89
7.2.6.2	Costos indirectos de fabricación.	90
8.2.7	Cálculo de los costos indirectos asignados a los productos y el costo total.	91
8.3	Asignación de la materia prima directa	91
8.3.1	Consumo de materia prima de formaleta.....	92

7.3.1.1	Superficie de contacto.....	92
7.3.1.2	Venas.....	93
7.3.2.3	Refuerzo.....	93
7.3.2.4	Seguros.....	94
7.3.2.5	Varilla de Agarre.....	95
7.3.2.6	Banda larga.	96
7.3.2.7	Banda corta.	96
8.3.2	Consumo de materia prima de rinconera.....	97
7.3.2.1	Superficie de contacto.....	97
7.3.2.2	Banda larga.	97
7.3.2.3	Refuerzos.	97
8.3.3	Consumo de materia prima Paral.....	98
8.3.4	Cálculo de desperdicios	100
7.3.4.1	Consumo de soldadura.....	101
7.3.4.1.1	Calculo de soldadura formaleta y rinconera.	101
7.3.4.1.2	Soldadura paral 3 metros.	103
7.3.4.2	Consumo de pintura y desengrasante.....	104
9	Elaboración de la herramienta ofimática	106
9.1	Interfaz del sistema de costos	106
9.1.1	Modulo consultar un producto.....	107
9.1.2	Modulo hacer registro.....	109
9.1.3	Modulo modificaciones	109
9.1.4	Módulo de materia prima directa.....	110
9.2	Estudio de tiempos.....	110
9.2.1	Selección de las actividades	111

9.2.2	Selección del número de observaciones	111
9.2.3	Selección del sistema de medición de tiempos.....	111
9.2.4	Registro de datos	111
9.2.5	Asignación de suplementos y tiempo asignado.....	113
9.3	Prueba piloto.....	114
10	Implementación y análisis del sistema de costos.....	114
10.1	Validación del sistema.....	114
10.2	Evaluación de los resultados del sistema de costos	115
10.2.1	Proceso de fabricación.....	115
10.2.2	Proceso de mantenimiento.....	118
10.3	Análisis de información.....	119
10.3.1	Proceso de fabricación.....	119
10.3.2	Proceso de mantenimiento.....	121
11	Conclusiones.....	124
12	Recomendaciones	127
	Referencias bibliográficas.....	128

Lista de tablas

Tabla 1. Competencia directa de Formadcol	24
Tabla 2. Ingresos de Formadcol.....	25
Tabla 3. Referencias estándar de Formadcol	27
Tabla 4. Maquinaria y equipo	28
Tabla 5. Tabla Z.....	45
Tabla 6. Referencias ed mayor producción.....	50
Tabla 7. Lista de productos por aporte a ventas anuales.....	52
Tabla 8. Referencias por orden de producción.....	54
Tabla 9. Etapas del proceso de fabricación de formaleta metálica	57
Tabla 10. Etapas del proceso de mantenimiento de formaleta y rinconera metálica	60
Tabla 11. Analisis de la capacidad.....	62
Tabla 12. Desglose de elementos del costo de formaletas.....	63
Tabla 13. Elementos de la MPD formaleta.....	64
Tabla 14. Elementos de MPD rinconera	64
Tabla 15. Elementos MPD paral	65
Tabla 16. Información MPD proceso de mantenimiento por referencia	65
Tabla 17. Desglose de costo de mano de obra directa	67
Tabla 18. Lista de criterios.....	70
Tabla 19. Matriz de criterio de decisión	71
Tabla 20. Lineamientos para la implementación de un sistema de costeo	72
Tabla 21. Jerarquía de costos	73
Tabla 22. Salario promedio por puesto de producción	76
Tabla 23. Actividades por centro de costo	76
Tabla 24. Base de asignación de drivers	79
Tabla 25. Materiales indirectos.....	81
Tabla 26. Asignación del presupuesto de la mano de obra indirecta.....	81
Tabla 27. Costo eléctrico por minuto de electricidad en maquinaria	82
Tabla 28. Área de cada unidad en la planta	84
Tabla 29. Información estadística de cantidad de m ² por mes de producción	84

Tabla 30. Prueba de bondad de ajuste para el mantenimiento de formaletas	85
Tabla 31. Prueba de bondad de ajuste para la fabricación de formaletas	85
Tabla 32. Porcentaje de participación por unidad en la producción promedio.....	87
Tabla 33. Costo presupuestado total de las actividades de soporte	88
Tabla 34. Tasa de asignación de la MOD	89
Tabla 35. Tasa de asignación de CIF	90
Tabla 36. Consumo de materia prima de productos estándar	91
Tabla 37. Referencias de paral.....	98
Tabla 38. Consumo de caña y pin por paral.....	99
Tabla 39. Modificación de desperdicios por materia prima	101
Tabla 40. Muestreo de soldadura para formaleta y rinconera.....	102
Tabla 41. Número de observaciones recomendadas por la OIT	111
Tabla 42. Toma de tiempos realizada a la actividad de remoción de concreto	112
Tabla 43. Cumplimiento de los requerimientos del sistema.	115
Tabla 44. Comparativa de sistemas de costos.....	116
Tabla 45. Margén de utilidad con el nuevo sistema de costos.....	116
Tabla 46. Margen de utilidad estimado con el anterior sistema de costos.....	117
Tabla 47. Porcentaje de variación de utilidad real vs esperada	118
Tabla 48. Utilidad del proceso de mantenimiento	119
Tabla 49. Detalle de elementos del costo de paral.....	119
Tabla 50. Detalle de elementos del costo de formaleta	120
Tabla 51. Detalle de elementos del costo de rinconera.....	120
Tabla 52. Detalle de los elementos presupuestados del CIF.....	121
Tabla 53. Precio de venta propuesto	121
Tabla 54. Comparativa de precios de venta	122
Tabla 55. Precio para alquiler de Standby	123

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa	20
Figura 2. Fachada de Formadcol – Paneles Estructurales SAS	21
Figura 3. Localización de planta Formadcol.....	22
Figura 4. Distribución de planta.....	23
Figura 5. Organigrama	23
Figura 6. Comparación de ingresos anuales	26
Figura 7. Ingresos por servicio.....	26
Figura 8. Materias primas	30
Figura 9. Distribución directa	30
Figura 10. Distribución indirecta	31
Figura 11. Cadena de suministro interno	31
Figura 12. Tabla de suplementos	44
Figura 13. Diagrama de flujo de cadena de suministro	48
Figura 14. Iconograma ed cadena de suministro	49
Figura 15. Pareto de producción	51
Figura 16. Pareto de ventas por serie de productos	53
Figura 17. Pareto alquiler por serie de productos	54
Figura 18. Productos de mayor producción - Formadcol	56
Figura 19. Componentes de formaleta metálica	56
Figura 20. Recorrido de producción formaleta metálica – área producción.....	58
Figura 21. Diagrama del proceso de fabricación de formaleta metálica.....	58
Figura 22. Diagrama de operaciones de fabricación de componentes de formaleta.....	59
Figura 23. Secuencia de operación de ensamble	59
Figura 24. Diagrama de proceso de mantenimiento de formaleta metálica y rinconera.....	61
Figura 25. Secuencia del costo basado en actividades.....	72
Figura 26. Posiciones del personal directo de producción.....	75
Figura 27. Lista de actividades por proceso.....	78
Figura 28. Representación grafica de la prueba de hipótesis.....	87
Figura 29. Costo de producción de formaleta de 1,20 x 0,6 m.....	91

Figura 30. Interfaz principal de usuario.....	107
Figura 31. Módulo consultar producto.....	108
Figura 32. Módulo de ingreso de datos para costeo.....	108
Figura 33. Hoja de registro de respuestas	109
Figura 34. Módulo de modificaciones	109
Figura 35. Módulo detalle materia prima directa.....	110
Figura 36. Formato de estudio de tiempos.....	112
Figura 37. Tabla de suplementos asignados a actividades.....	113
Figura 38. Resultados prueba piloto	114

Lista de apéndices

- Apéndice A. Reporte general de ingresos 2018 – 2020
- Apéndice B. Lista FMC de precios y referencias
- Apéndice C. Be_Ri-01 Equipos producción 2020
- Apéndice D. Orden de venta trimestre octubre – diciembre 2020
- Apéndice E. Ordenes de alquiler semestre agosto 2020 – enero 2021
- Apéndice F. Diagramas de procesos de producción
- Apéndice G. Formato de costos formaleta metálica
- Apéndice H. Datos preliminares elementos del costo
- Apéndice I. Registro de servicios públicos
- Apéndice J. Depreciación maquinaria y equipo
- Apéndice K. Relación de personal y salarios
- Apéndice L. Relación producción
- Apéndice M. Muestreo para el consumo de materia prima
- Apéndice N. Tablas de asignación
- Apéndice O. Estudio de tiempos
- Apéndice P. Herramienta ofimática

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Resumen

Título: Diseño de un sistema de costos para la empresa PANELES ESTRUCTURALES – FORMADCOL: FORMALETAS METÁLICAS DE COLOMBIA *

Autores: Jeferson Alexander Lazaro Bautista; Martin Gerardo Rueda Martínez **

Palabras Clave: Costeo ABC, Costos de producción, Proceso productivo, Actividades, Sistema, Diseño, Análisis multicriterio.

Descripción:

Como parte del crecimiento sostenido que ha experimentado la empresa Paneles Estructurales S.A.S – Formadcol, la gerencia vio necesario la implementación de un proyecto que les permita tener un sistema de costos adecuado que sirva como herramienta para cumplir con los objetivos empresariales de ser rentables, crecer y ser sostenibles en el tiempo. Adicional que permita analizar y modificar aquellas características que implican cambios en los costos de producción, como aumento del costo de materias primas, desperdicio de materiales, estimación de los costos indirectos de fabricación y adquisición de maquinaria automatizada. Es así como este proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de costos para Formadcol, empresa dedicada a la fabricación, mantenimiento, alquiler y venta de formaletas metálicas, elementos usados en la creciente industria de la construcción en el país.

En primer instancia se realiza un diagnóstico como método de análisis del sistema de costos usado por la empresa, también se analiza el proceso productivo y los requerimientos de la empresa para establecer que el sistema de costos ABC es el que más adecuado para desarrollar e implementar dentro de la compañía, por tanto, este proyecto recopila, analiza y organiza la información correspondiente para cumplir con el objetivo de desarrollar una herramienta ofimática que permita no solo conocer el costo de un producto, sino evaluar los elementos donde hay mayor incursión de costo con el fin de crear estrategias de mejora.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Magister Laura Daniela Garces

Abstract

Title: Design of a cost system for the company PANELES ESTRUCTURALES-FORMADCOL: FORMALETAS METALICAS DE COLOMBIA *

Authors: Jeferson Alexander Lazaro Bautista; Martin Gerardo Rueda Martinez **

Key Words: ABC costing, Production costs, Production process, Activities, System, Design, Multi-criteria analysis.

Description:

As part of the sustained growth experienced by the company Paneles Estructurales S.A.S - Formadcol, the management saw the need to implement a project that allows them to have an adequate cost system that serves as a tool to meet the business objectives of being profitable, grow and be sustainable over time. Additionally, it will allow to analyze and modify those characteristics that imply changes in production costs, such as increase in the cost of raw materials, waste of materials, estimation of indirect manufacturing costs and acquisition of automated machinery. Thus, this project consists of the development of a cost system for Formadcol, a company dedicated to the manufacture, maintenance, rental and sale of metal formwork, elements used in the growing construction industry in the country.

In the first instance a diagnosis is made as a method of analysis of the cost system used by the company, also analyzes the production process and the requirements of the company to establish that the ABC cost system is the most appropriate system to develop and implement within the company, therefore, this project collects, analyzes and organizes the relevant information to reach the objective of developing an office tool that allows to know the cost of a product and evaluate the elements where there is greater incursion of cost in order to create improvement strategies.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Magister Laura Daniela Garces

Introducción

El manejo de los costos en una organización se convierte en una importante herramienta de gestión puesto que permite a la administración de una organización el poder tomar decisiones acertadas basadas en la toma de decisiones sobre los procedimientos de control y planificación operativa: y en el uso de los recursos de una forma adecuada.

Es por esto que El presente plan de proyecto de grado trata del diseño de una herramienta ofimática para el sistema de costeo de la empresa Paneles Estructurales SAS el cuál surge por la necesidad de organizar y actualizar la información de los costos asociados a los productos que fabrica, conocer el grado de rentabilidad que tiene sobre los productos, gestionar los procesos productivos y ser más competitivos con respecto a precios y tiempos de entrega. Para tal fin el uso de las herramientas cuantitativas de la ingeniería industrial se hace inherente al proceso de diagnóstico inicial con el fin de recolectar y organizar los datos correspondientes a los procesos productivos de la empresa.

Se realiza un diagnóstico de costos de la empresa con el fin de conocer el sistema y métodos con el que se venían calculando dichos costos y así obtener un punto de partida para evaluar la propuesta de la herramienta ofimática.

Siendo así, se procede a realizar una búsqueda y análisis en la literatura sobre los sistemas de costeo y la administración de costos, añadiendo conceptos sobre tipos de costos, los elementos del costo, y sobre los criterios para clasificar los sistemas de costeo.

En este punto comienzan a manifestarse las necesidades, preguntas e ideas sobre qué elementos del costo y requerimientos se les debe dar prioridad al desarrollar e implementar el sistema de costeo.

1 Tabla de cumplimiento de objetivos

Objetivo	Cumplimiento
Realizar un diagnóstico de la estructura de costos actual de la empresa para marcar un punto de referencia a la hora de seleccionar el sistema de costos a aplicar.	Capítulo 6
Recopilar información Bibliográfica sobre los sistemas de costos existentes en la industria con el fin de analizar y comparar sus características y así definir el sistema que mejor se ajuste al funcionamiento de la organización de acuerdo con sus necesidades y requerimientos.	Capítulo 7
Diseñar y documentar el sistema de costos que se adecue a las necesidades de la organización.	Capítulo 7
Desarrollar una herramienta ofimática que permita generar información confiable de los costos de los productos y servicios del área de formaletas metálicas de acuerdo con las necesidades de la empresa y del sistema de costos.	Capítulo 8
Realizar una prueba piloto del sistema de costos con los productos y servicios más representativos del área de formaletas metálicas que permita la evaluación y validación del sistema propuesto.	Capítulo 8
Evaluar la implementación de la propuesta del nuevo sistema de costos, a partir de sus implicaciones operacionales y económicas.	Capítulo 9

2 Descripción del proyecto

2.1 Objetivos

2.1.1 *Objetivo general*

Diseñar un sistema de costos para el área de Formaletas metálicas de la empresa FORMADCOL, que permitan facilitar y orientar el proceso de toma de decisiones gerenciales y el proceso de planeación financiera.

2.1.2 *Objetivos específicos*

- Realizar un diagnóstico de la estructura de costos actual de la empresa para marcar un punto de referencia a la hora de seleccionar el sistema de costos a aplicar.
- Recopilar información Bibliográfica sobre los sistemas de costos existentes en la industria con el fin de analizar y comparar sus características y así definir el sistema que mejor se ajuste al funcionamiento de la organización de acuerdo con sus necesidades y requerimientos.
- Diseñar y documentar el sistema de costos que se adecue a las necesidades de la organización.
- Desarrollar una herramienta ofimática que permita generar información confiable de los costos de los productos y servicios del área de formaletas metálicas de acuerdo con las necesidades de la empresa y del sistema de costos.
- Realizar una prueba piloto del sistema de costos con los productos y servicios más representativos del área de formaletas metálicas que permita la evaluación y validación del sistema propuesto.
- Evaluar la implementación de la propuesta del nuevo sistema de costos, a partir de sus implicaciones operacionales y económicas.

2.2 Planteamiento del problema

Tener un sistema de costos en una empresa se traduce en un flujo de información directa que ayuda a la administración en la implementación de estrategias para el control de recursos, fijación de políticas, ser más competitivos en el mercado y tomar decisiones más precisas a nivel empresarial debido a que los costos son imprescindibles para la fijación del precios de los productos y medir el rendimiento de las inversiones realizadas comparando los costos reales de fabricación con los presupuestados y así poder financiar todos los procesos dentro de la organización con el objetivo de ser rentables a largo plazo y maximizar las utilidades.

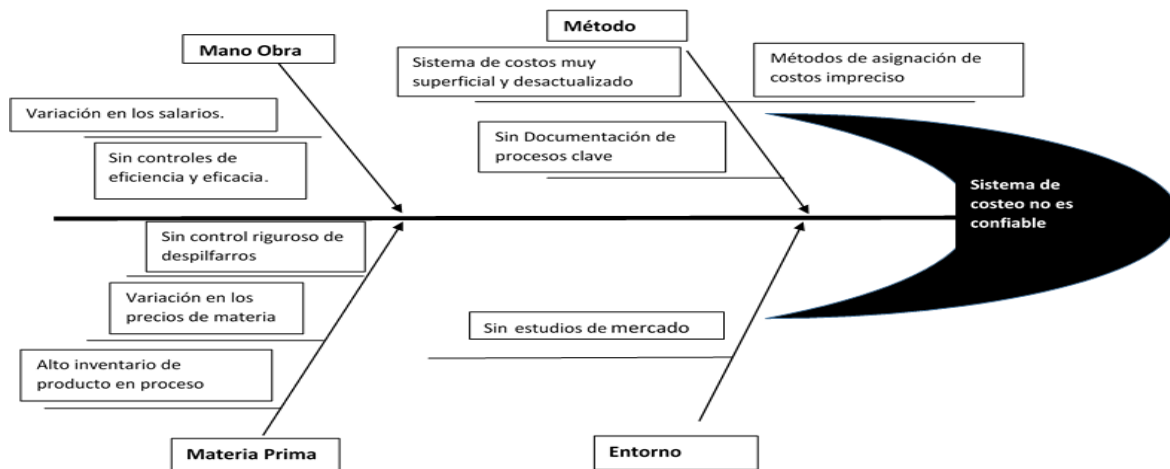
Paneles estructurales SAS - Formadcol con intenciones de mejorar continuamente y tener más precisión en su proceso contable ha decidido evaluar el actual sistema de costeo que está

manejando en sus procesos de producción encontrando que la información que se encuentra documentada no muestra la realidad de los costos de sus procesos, perjudicando así la toma de decisiones gerenciales. Es de esta forma que nace la necesidad de diseñar un sistema de costos y realizar cambios en el manejo de la información del sistema de costeos que maneja la empresa. Para llevar a cabo el objetivo planteado, se debe desarrollar una estructura de costos que cumpla de forma adecuada a los requerimientos de la empresa y permita solucionar las actuales falencias que se presentan.

Observando lo anterior se exponen las principales causas del problema, puesto que analizarlas permitirá un correcto desarrollo del proyecto y un cumplimiento a cabalidad del objetivo general que se ha planteado. Se plantean estas causas por medio de un diagrama de Ishikawa (ver figura 1) para observar la relación entre cada una de las variables.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa



3 Descripción de la empresa

3.1 Información de la empresa

Paneles estructurales SAS – Formadcol es una empresa santandereana dedicada a la fabricación, alquiler y venta de encofrado metálico para vaciado en concreto. Cuenta con amplias instalaciones en la planta de mantenimiento y producción, las cuales están dotadas con maquinaria de última tecnología y un equipo humano altamente capacitado de 160 empleados directos, lo que permite

ofrecer productos y servicios de excelente calidad. La figura 2 muestra la fachada principal de la planta de fabricación.

Figura 2

Fachada de Formadcol – Paneles Estructurales SAS



3.1.1 Naturaleza y Objeto Social

De acuerdo con la actividad productiva que desarrolla la empresa, esta tiene por objeto social la fabricación, alquiler y venta de encofrado metálico para vaciado en concreto. Con código CIIU 2511 correspondiente a “fabricación de productos metálicos para uso estructural”, es considerada una empresa mediana con 162 empleados de nómina directa y activos totales por 339914 UVT.

3.1.2 Misión

Ofrecer un producto que cumpla con los más altos estándares de calidad, brindando un excelente servicio en alquiler y venta de encofrado metálico para construcción. Contamos con un equipo humano altamente calificado que brinda asistencia profesional durante la ejecución de los proyectos de cada uno de nuestros clientes, logrando así la satisfacción de las necesidades que la obra requiere.

3.1.3 Visión

Consolidarnos a nivel nacional como una de las empresas líder en la comercialización de encofrado metálico para vaciado de concreto, orientado en lograr la satisfacción de nuestros clientes por medio de un adecuado desarrollo tecnológico, la excelencia del talento humano y óptima calidad en nuestros productos, logrando así participación en el mercado internacional que nos permita intervenir en proyectos a gran escala.

3.1.4 Historia

La empresa se formó en el año 1997 en Piedecuesta – Santander ante la cámara de comercio de Bucaramanga. Inicio sus labores con 3 empleados, dedicándose únicamente al alquiler de equipos para construcción y formaleta tipo tradicional.

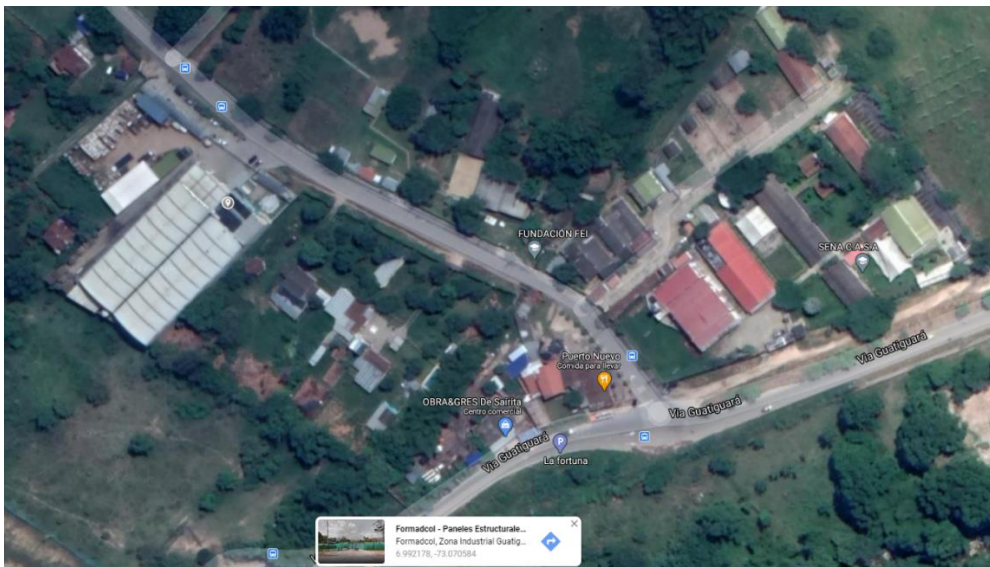
La compañía surge gracias al gran desempeño del señor Gilberto Flórez Briceño y su ardua experiencia en el sector de la construcción, donde logro una excelente reputación por su honestidad y responsabilidad como Técnico Constructor. Es así con el transcurso del tiempo se empieza a destacar como una empresa solididad y promotora del desarrollo de la región. Desde el año 2011, se inicia el departamento de Comercio Exterior el cual ha desarrollado negociaciones con algunos países de Latinoamérica, siendo ellos Venezuela, México, Costa Rica, Panamá y Perú. Así mismo su actividad local se ha extendido a diferentes ciudades del país como Cartagena, barranquilla, Santa marta, Bogotá, Medellín, Neiva y Cúcuta.

3.1.5 Ubicación

Paneles estructurales S. A. S se encuentra ubicado en la Zona industrial Guatiguará bodega Formadcol vía Postobón/ Piedecuesta, Santander – Colombia, tal como se muestra en la figura 3, por medio de imagen satelital obtenida a través de Google maps.

Figura 3

Localización de planta Formadcol



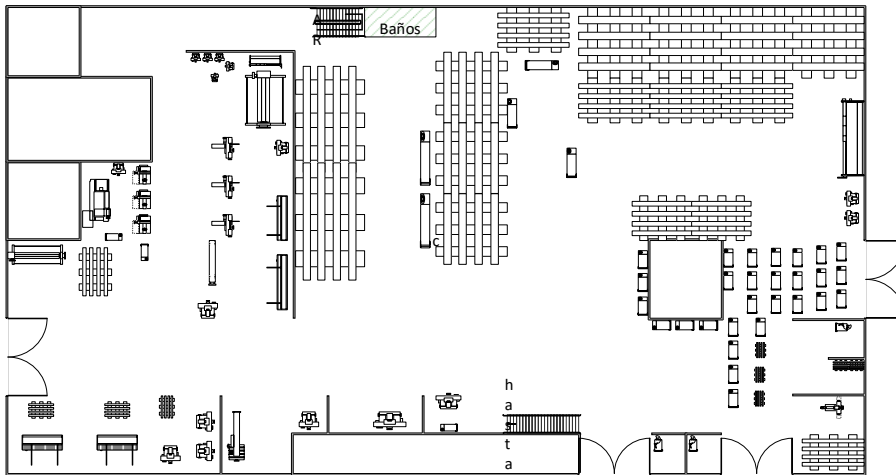
3.1.6 Planta física

La planta física posee un área total de 6200 m² en los cuales se llevan a cabo los procesos de fabricación y mantenimiento del encofrado metálico y sus diferentes componentes, se muestra un

plano general de la distribución de planta que posee la zona de maquinado en fabricación y el proceso de mantenimiento. (ver figura 4)

Figura 4

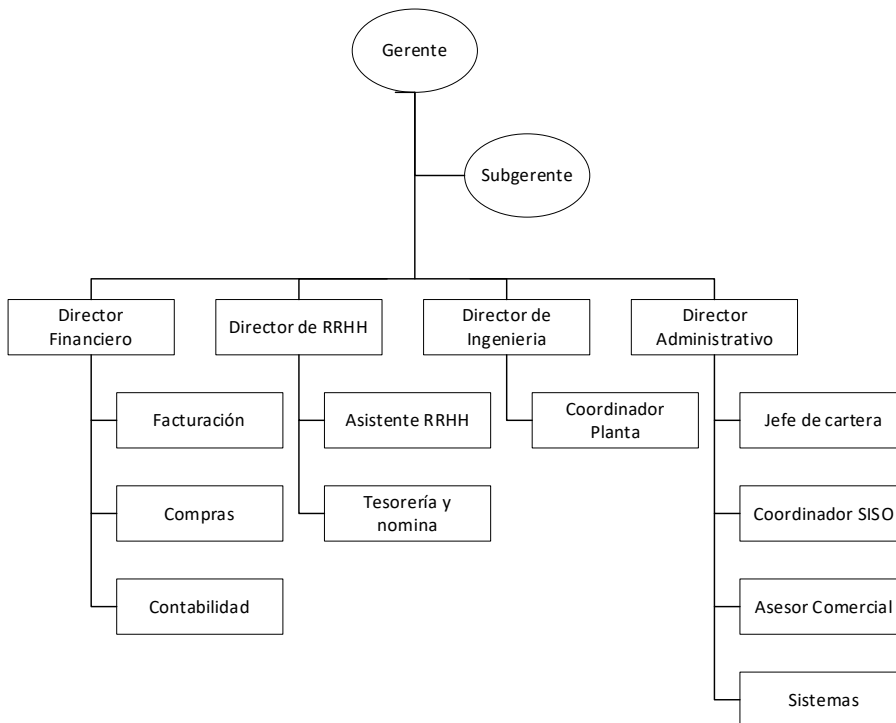
Distribución de la planta



3.1.7 Estructura organizacional

Figura 5

Organigrama



3.1.8 Clientes

Formadcol tiene en su plantilla de clientes importantes actores del sector de la construcción a nivel nacional, los cuales destacan Marval SA, Constructora Bolívar, Constructora Colpatría, Grupo Normandía, ACF SAS, Con Altura Construcción y Vivienda, Grupo Ibsa, entre otros.

3.1.9 Competencia

En la industria de la construcción se pueden encontrar diferentes métodos y características para desarrollar proyectos de vivienda y otros intereses desde el sistema de construcción tradicional con bloques de ladrillos hasta el uso de prefabricados y formaletas de diferentes materiales. Colombia registra una gran cantidad de empresas nacionales e internacionales que ofrecen sistemas de encofrado para muros, vigas, columnas, fabricadas con diferente material como de acero, madera, aluminio e incluso plástico.

En la tabla 1 se identifican algunas empresas directas e indirectas junto con una breve descripción servicios y productos.

Tabla 1

Competencia directa de Formadcol

Empresa	Servicios y productos
Encocol	Empresa con 25 años de experiencia. Diseño, Fabricación, Venta y Alquiler de Encofrado Metálico y Formaleta en Madera para construcción. Mantenimiento de Formaleta y Maquinaria, Modulación, Acompañamiento Técnico y Transformación de Acero por Corte, Dobles y Troquelado
Peri	Empresa con 51 años de experiencia, más de 60 filiales y con más de 160 centros de logística. Venta y alquiler de encofrados y andamios.
Forme san	Empresa multi latina dedicados a la fabricación y comercialización de encofrados con 10 sucursales en Colombia y 3 sucursales en el exterior, Panamá, México y República Dominicana.
COENEQ	Con 27 años compañía especializada en el diseño, fabricación, exportación venta, alquiler Encofrados SUEMCI elaborados en materiales (Acero, Aluminio y Alkus.)

Continuación tabla 1

Unispane	Multinacional con más de 25 años de experiencia y más de 1500 obras, presente en Colombia, Perú, Chile, México, Panamá y EE. UU Ofrece todo tipo de formaleta fabricadas en aluminio, plástico y acera
Equipos Gleason SA	Venta y alquiler de todo tipo de formaleta, fuerte en la formaleta metálica
Rexco Internacional SA	Venta y alquiler de formaleta en madera
Maderplast	Venta y alquiler de formaleta en plástico y perfiles metálicos
Maderplastic	Venta y alquiler de diversos productos y formaletas en madera plástica

3.2 Información general de ingresos

A continuación, se presenta el reporte de ingresos por servicios brindados de la empresa paneles estructurales – Formadcol SAS. (ver tabla 2) En el apéndice A se puede encontrar el reporte de ingresos de los últimos tres años.

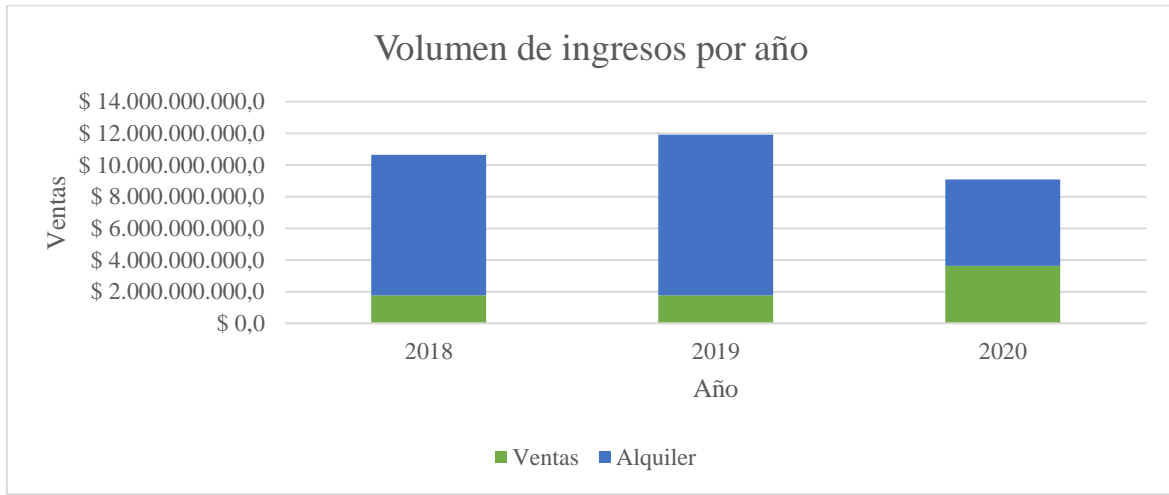
Tabla 2*Ingresos de Formadcol*

Año	Ingresos		
	Ventas	Alquiler	Total
2018	\$ 1.767.225.419	\$ 8.878.300.259	\$ 10.645.525.678
2019	\$ 1.772.453.251	\$ 10.143.181.811	\$ 11.915.635.062
2020	\$ 3.626.943.427	\$ 5.453.194.494	\$ 9.080.137.921
Total	\$ 7.166.622.097	\$ 24.474.676.564	\$ 31.641.298.661

La información muestra que el servicio de alquiler es el servicio que aporta los mayores ingresos a la empresa, representando el 60% de los ingresos totales del año pasado. Esto demuestra que es el servicio más importante de la empresa porque representó el 77,3% de los ingresos en los últimos tres años. Se muestra la relación de los ingresos en un diagrama de barras (ver figura 6).

Figura 6

Comparación de ingresos anuales



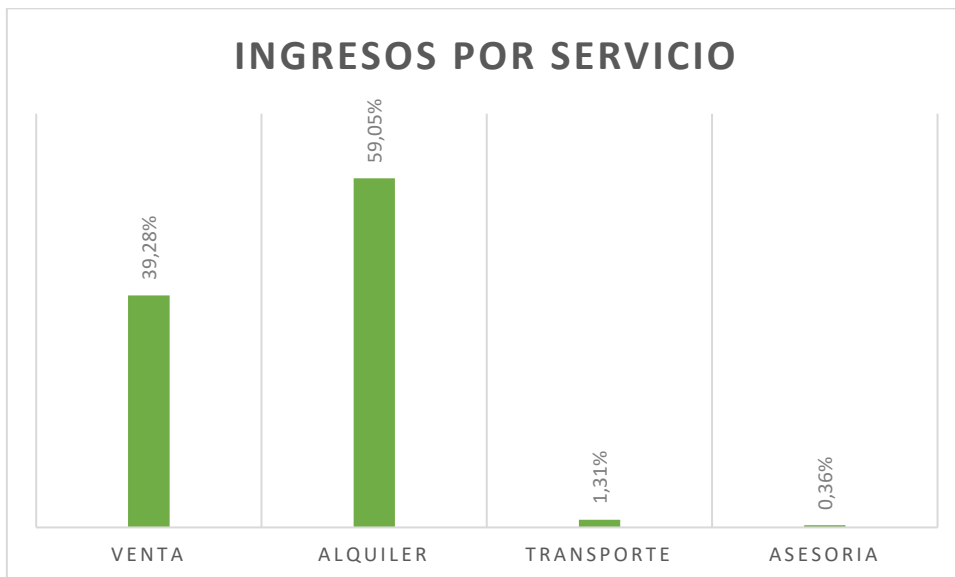
3.3 Portafolio de productos y servicios

3.3.1 Servicios

La empresa presta los servicios de alquiler y venta de equipo metálico para construcción, así como asesoría técnica y transporte de materiales. A continuación, se muestra el volumen en porcentaje de ingresos generado por cada uno de los servicios que ofrece la empresa. (Ver figura 7).

Figura 7

Ingresos por servicio



Como se puede observar los dos servicios más representativos de la empresa son ventas y alquiler.

3.3.2 *Productos*

La empresa a la fecha (04 de febrero de 2021) posee un total de 136 referencias estándar agrupadas en 13 familias de productos. Sin embargo, se hace necesario aclarar que la empresa produce o ha producido referencias especiales que se ajustan a las especificaciones de sus clientes. Llegando a observarse en el registro de inventarios 5737 referencias distintas. Para efecto del análisis del diagnóstico preliminar se hará uso de la información de las referencias estándar suministrada por la empresa que se puede encontrar en el apéndice B.

En la tabla 3 se describen las familias de productos estándar que posee la empresa con la cantidad de referencias encontradas por familia, esta se encuentra divididas en serie de productos.

Tabla 3

Referencias estándar de Formadcol

Descripción	Cant. Ref.	Descripción	Cant. Ref.
Formaletas	29	Formaleta circular	11
Formaleta	26	Pozo de inspección	2
Rinconera	2	Formaleta de pozo	1
Tapa muro	1	Corona de pozo	1
Equipo	38	Cercos de madera	4
Alineador	7	Tableros en madera	3
Angulo	2	Equipo de apuntalamiento	20
Bisel	1	Cerchas	8
Chapeta	1	Cruceta	3
Cilindro prueba concreto	2	Paral telescopio	1
Cono slump	1	Extensión paral	1
Corbata muro	14	Paral	7
Dispositivo para alineador	1	Andamio tubular	8
Pines	2	Módulo de andamio	2
Platina de anclaje	1	Sección de andamio	1
Rollo de ductolon	2	Escalera	1
Sacacorbata	1	Pasamano	1

Continuación tabla 2

Sello antigoteo	1	Rodachines	1
Tensor	1	Tablones	2
Tubo uña largo	1	Tuberías	12
Láminas de sardinel	3	Tubería	4
Andamio de fachada	3	Aro superior	4
Baranda de andamio	1	Aro inferior	4
Unidad ángulo fachada in - mm	1	Kit de mantenimiento	1
Ye andamio pie de amigo in - mm	1	Tablón metálico	2

3.4 Maquinaria y equipo

La empresa posee una gran cantidad de maquinaria y equipo que es usado actualmente para los procesos de producción y mantenimiento, a continuación, se presenta los diferentes tipos de maquinaria y equipo que se tienen en la empresa. El detalle de los tipos de maquinaria y equipo se pueden encontrar en el apéndice C.

Tabla 4*Maquinaria y equipo*

Tipo de equipo	Descripción
Aire acondicionado	Enfriamiento de las oficinas de producción.
Alimentador torno	Alimentador de torno CNC
Tornos	Torno CNC, Torno paralelo, Torno revolver.
Montacargas	Transporte de materia prima interno.
Cortadoras	Corte de láminas de acero.
Dobladoras	Doblado de láminas de acero.
Troqueladoras	Troquelado y doblado de láminas de acero y tubos de acero.
Compresores	Aumenta la presión del fluido usado
Cizallas	Cortes de tubos y especiales
Equipo de plasma	Corte especial en laminas
Equipo de soldadura	Soldado y ensamblado de formaletas, rinconeras y parales.
Fresadora	Fresado de accesorios
Multifuncional geka	Corte especial de láminas de acero
Pulidoras	Pulimentado de superficies
Roladora	Enderezado de formaletas y rinconeras

3.5 Insumos y materias primas

La materia prima base para la elaboración del encofrado es la lámina de acero, sin embargo, en la fabricación de los diversos productos de Formadcol se hace uso de otros insumos y materias primas (ver figura 8) que, aunque no tienen una gran representación en el volumen de compras se mencionan a continuación.

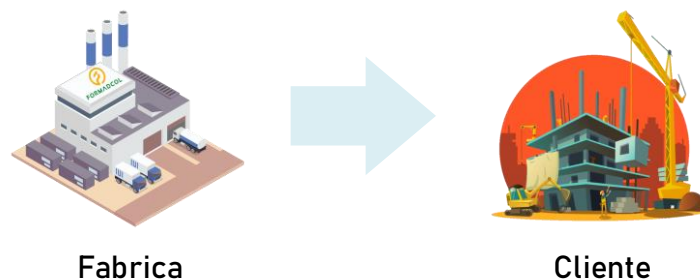
1. Lamina de acero aceitada y decapada: se puede encontrar en diversas presentaciones que van desde los 1.5 mm a los 3.5 mm de espesor; es la materia prima base del encofrado metálico (formaletas y rinconera), pero también es ampliamente usada en otra variedad de accesorios como complemento al encofrado metálico.
2. Tubo de cerramiento: es usado para la fabricación de los paraleles y puede encontrarse en varias presentaciones, específicamente se usa el tubo de 1”1/2 y 1”1/4 con 2.5 mm de espesor.
3. Soldadura: este insumo permite el correcto ensamble de los diferentes materiales que conforman tanto encofrado como accesorios, sin embargo, no en todos los productos fabricados se hace necesario el uso de soldadura. Actualmente la empresa utiliza dos tipos de soldadura, la soldadura revestida 0.35 y la soldadura revestida 6013.
4. Varilla: utilizada como insumo complementario en la elaboración del encofrado y algunos accesorios, se hace uso de dos clases distintas, la varilla lisa y la varilla enroscada.
5. Tubo estructural: utilizado para la fabricación de los alineadores, si bien este producto no se analizara en el presente proyecto, se hace necesario mencionarlo dado que el sistema de costos está en la capacidad de costear cualquier producto de la empresa.
6. Mezcla de pintura: conformada por dos tercios de pintura anticorrosiva y un tercio de Tinner, es usada para el proceso de pintura de los productos nuevos, tales como formaletas, rinconeras, paraleles, tensores y alineadores.

Figura 8*Materias primas*

3.6 Canales de distribución

Dado que el mercado de la construcción es muy amplio, la empresa maneja de forma activa un canal de distribución directa y otro de distribución indirecta corta, para lograr satisfacer a la demanda del mercado.

Tal como se muestra en la figura 8 el producto sale directamente de la fábrica y llega al consumidor final, que en este caso pueden ser grandes constructoras o personas naturales. El transporte es brindado como costo adicional por parte de la empresa, sin embargo, el cliente puede usar su propia logística o transporte.

Figura 9*Distribución directa*

Se muestra la distribución indirecta corta (ver figura 9) como canal de distribución de la empresa, en donde el minorista en este caso son pequeñas empresas del sector de construcción que se encargan de subalquilar los productos fabricados por Formadcol. Tal como ocurre en el anterior

canal de distribución el transporte posee un costo adicional, con libertad al uso de su propio transporte por parte del minorista. (Ver figura 10).

Figura 10

Distribución indirecta

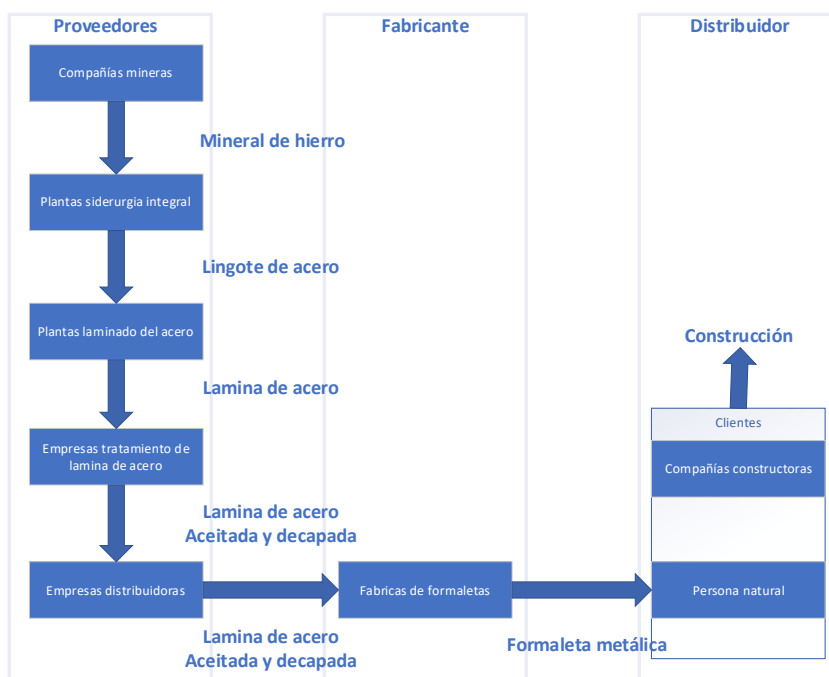


El transporte de recolección en aquellos productos que son alquilados incurre en un costo directo de logística por parte de Formadcol.

3.7 Cadena de suministro interno

Figura 11

Cadena de suministro de la formaleta metálica



3.7.1 Proveedores

Esta sección lo conforman las organizaciones que hacen posible la adquisición de materia prima que componen formaletas metálicas. Entre los diferentes entes encontramos:

Compañías Mineras. Comenzando desde las compañías mineras, encargadas de la extracción del mineral de hierro posteriormente ser transformado bajo diferentes procesos en lingotes de acero, el cuál es una aleación de carbono (en 0.035 y 2.14%), hierro y en algunas veces con cromo níquel magnesio según las propiedades que desee que tenga el producto.

Plantas siderurgia Horno. El mineral de hierro será procesado y transformados bajo diferentes procesos en lingotes de acero, el cuál es una aleación de carbono (en 0.035 y 2.14%) y hierro, en algunos casos con cromo, níquel o magnesio según las propiedades que desee que tenga el producto.

Plantas siderurgia laminado. Son las Encargadas de laminar toneladas de acero a partir de los lingotes de Acero. La formaleta está compuesta de dos aceros, Acero Cold Rolled y Acero Hot Roolled, y se pueden encontrar con diferente espesor.

El acero Cold Rolled (CR) es el resultado del proceso de laminación en frío de bobinas laminadas en caliente, donde se obtienen espesores más delgados, tiene una mayor aptitud al conformado y un mejor aspecto superficial.

El acero Hot Rolled (CR) es el resultado del proceso de laminación en frío de bobinas laminadas en caliente, donde se obtienen espesores más delgados, tiene una mayor aptitud al conformado y un mejor aspecto superficial.

Plantas de tratamiento de lámina. Las láminas son adquiridas por empresas como Aceros cortados SAS y Termium, las cuales se encargan de aceitar y decapar, esto consiste en eliminar impurezas, manchas, contaminantes inorgánicos, herrumbre o escoria de las aleaciones de metales ferrosos, cobre y aluminio.

Empresas distribuidoras. Para final la sección de proveedores de la cadena de suministro encontramos las empresas distribuidoras de acero u otros materiales de construcción. Las láminas aceitadas y decapadas se comercializan en bobinas con anchos de 1000 y 1220 mm, son cortadas en medidas estándar de 2 x 1 metros y 1,22 x 2,44 metros.

Algunas empresas como Termium tienen integrados estos dos procesos (laminado y distribución) que proveen sus productos a diferentes fabricas directamente o a otros distribuidores que entre la lista de proveedores de Formadcol se encuentran G&J Ferreterías SAS y Cyrgo SAS.

3.7.2 Fábricas

En esta sección encontramos las fábricas de formaletas, Encargadas del proceso de fabricación de las formaletas metálicas sometiendo las láminas de acero a diferentes cortes, conformados y

troquelados para transformarlas en cada uno de los elementos de la formaleta para posteriormente ensamblarla y obtener el producto terminado con todas las características y parámetros de calidad que se ofrecen en el portafolio.

3.7.3 Consumidor

Para finalizar la cadena de abastecimiento están los clientes, donde podemos encontrar desde personas naturales hasta grandes constructoras como Marval y otros consorcios realizando compras o alquiler de formaletas metálicas para ser utilizado en construcciones a moldes que permiten dar la forma y medida a las estructuras de concreto.

4 Marco de referencia

4.1 Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto también se investigaron otros proyectos, entre los cuales se utilizaron como referencia tres proyectos con propósitos similares porque su principal propósito era diseñar un sistema de costos para mejorar la toma de decisiones de sus respectivas empresas.

En el proyecto “Diseño de un sistema de costos para la empresa Industrial De Accesorios Ltda.” (Joya Rodríguez, 2016), se estableció el diseño y la implementación de un sistema de costos para una empresa industrial, realizando un análisis del modelo que mejor se ajustaba a su empresa con el fin de facilitar la toma de decisiones gerenciales y el proceso de planeación financiera de la empresa.

Por otra parte, el proyecto “Diseño de un sistema de costos ABC para la empresa Rapifritos MAC” (Martínez Rodríguez, 2016), se tuvo en cuenta por el análisis metodológico que se realizó tanto en el departamento contable como en los procesos productivos, incluyendo el estudio de tiempos que les permitió el análisis de la utilización de los recursos reales de los productos seleccionados para el estudio.

Por último, en el proyecto “Diseño de un sistema de costos para la empresa industrias plásticas Jaerplast” (Araujo Ruano, 2020), se hizo un análisis completo de la situación de la empresa presentando dos opciones como posibles sistemas de costeo que se ajustaban a las necesidades de observadas, y tomando en base a una matriz de criterios un sistema de costos por órdenes de producción. Es por esto que se tiene en cuenta dado que Formadcol, posee procesos similares y una estructura productiva similar a lo presentado en el proyecto ya mencionado.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Marco de términos

En esta sección se resumirán los conceptos de términos relevantes utilizados en este informe. Se considera apropiado que el lector posea una comprensión general de los conceptos y del contexto con el propósito de comprender los términos que se utilizaran.

- **Contabilidad financiera.** Se enfoca en el suministro de información a agentes externos, como inversionistas, instituciones gubernamentales, bancos y proveedores registra todas las transacciones económicas de una empresa.
- **Contabilidad administrativa.** Se define como una herramienta para medir, analizar y proporcionar información financiera y no financiera, que puede ayudar a los gerentes a tomar decisiones acertadas y confiables con el propósito de lograr las metas organizacionales basadas en un análisis de costo beneficio.
- **Administración de costos.** Tiene un amplio enfoque desde tratar temas como la reducción en los costos hasta la de tomar decisiones sobre incurrir en costos adicionales como la satisfacción del cliente entre otras opciones.
- **Contabilidad de costos.** Sistema contable que recolectar y analizar los datos con el objetivo de dar a conocer el valor de todos los elementos del costo de producción para finalmente aportar información al momento de fijar el precio de venta y del manejo de las utilidades empresariales.
- **Materia prima.** Recursos materiales que se utilizan y conforman en la elaboración del producto o prestación de un servicio pueden ser directos o indirectos.
- **Mano de obra.** Costo incurrido en personal para llevar a cabo el proceso productivo pueden ser directos o indirectos.
- **Nómina de fábrica.** La nómina de fábrica es sinónimo de rol de pagos, registro a través del cual la empresa paga a sus empleados y trabajadores.
- **Objetividad.** Indica que se debe expresar la realidad tal cual es desligada a sentimientos o afinidades.
- **Estrategia.** Especifica la forma en que una organización ajusta sus propias capacidades con las oportunidades existentes en el mercado para lograr sus objetivos.
- **Cadena de valor.** Es la secuencia de funciones empresariales que adicionan a los productos una utilidad o valor que al cliente le interesa. Horngren, Datar y Rajan (2012) define que la

cadena de valor “se conforma seis funciones fundamentales del negocio: investigación y desarrollo, diseño, producción, marketing, distribución y servicio al cliente y se presenta una séptima función la cual apoya a las 6 anteriores la cual se denomina administración.

- **Cadena de suministro** Describe el flujo de bienes, servicios e información desde las fuentes iniciales de materiales y servicios hasta la entrega de productos a los clientes, indistintamente de si tales actividades ocurren en la misma organización o en otras organizaciones (Horngren, Datar y Rajan, 2012).
- **Enfoque costo-beneficio.** Ayuda a la asignación de recursos por parte de los gerentes de manera que se maximicen los beneficios y que sus costos sean menores.
- **Costo.** Es el conjunto de recursos incurridos necesarios e indispensables para lograr un objetivo o el desarrollo del proceso productivo. Poseen la característica de ser recuperables.
- **Costo real.** Es aquel costo en que ya se ha incurrido como lo es un costo histórico (Horngren, Datar y Rajan, 2012).
- **Costo presupuestado.** Es un costo predicho o pronosticado como lo es un costo futuro. (Horngren, Datar y Rajan, 2012)
- **Objeto de costos.** Es cualquier ente al cuál se le puede y quiere deducir un costo.
- **Generadores de costos.** Es una variable, como el nivel de actividad o de volumen, que influye de una manera causal en los costos durante cierto periodo de tiempo según (Horngren, Datar y Rajan, 2012).
- **Actividad.** Es un evento, una tarea o una unidad de trabajo que consume recursos con una finalidad específica según.

4.2.2 Concepto de sistema de costos

Un sistema de costos es una herramienta que facilita del registro, la identificación, clasificación, la acumulación, el análisis y la interpretación de la información con respecto a la utilización de recursos dentro de una organización (Pabón, 2010). Comprendiendo así un conjunto de procedimientos, técnicos, administrativos y contables para determinar el costo de sus operaciones en sus diversas fases, de manera de utilizarlo para fines de información contable, control de gestión y base para la toma de decisiones.

Independientemente del producto o servicio que se presente en el mercado los encargados o gerentes de una organización deben entender cómo se comportan los costos y los ingresos para poder controlarlos. Se utiliza la información de contabilidad de costos para tomar decisiones

relacionadas con la implementación de estrategias, elaboración de presupuestos, planeación de producción y fijación de precios entre otras obligaciones.

En consecuencia, las empresas de manufactura deben implementar procesos de costeo oportuno y eficiente que se ajusten al tipo de producto, a su forma y flujo de producción.

4.2.3 Criterios para evaluar un sistema de costeo

Se presenta un análisis de los criterios o puntos de vista para evaluar que el sistema de costos ofrezca resultados confiables y objetivos

- **Criterio de relevancia.** La información suministrada debe ser precisa, confiable y veraz; con el fin de que la administración tome decisiones coherentes que en verdad estén sustentadas en el comportamiento de la empresa, y permitan tomar decisiones para la consecución del nivel competitivo deseado.
- **Criterio de objetividad.** La información debe ser presentada de forma que los sucesos fundamentales sean mostrados e interpretados de manera coherente y concuerden con la realidad de la empresa.
- **Criterio de verificabilidad.** La información del sistema de costos debe poder verificarse mediante métodos experimentales.
- **Criterio en ausencia de prejuicios.** La información contenida en el sistema de costos es información no debe tener aprecio ni ideas preconcebidas sean positivas o negativas.
- **Criterio de viabilidad económica.** El sistema de costos debe alimentar la base de datos y satisfacer las necesidades de información con datos suficiente en el momento oportuno y en la cantidad oportuna. El exceso de información puede incurrir en costos innecesarios a la hora de desarrollarlo.
- **Criterio causa – efecto.** Este criterio indica que dos variables estén relacionadas, no significa que sea apropiado establecer una función o una relación entre ellas.

4.2.4 Objetivos del sistema de costos

Un sistema de costeo debe hacerse principalmente con la finalidad de:

- Acumular, analizar y brindar información consistente, verdadera, veraz y concisa relacionada con el costo de las actividades de producción (de productos o servicios), representar herramientas útiles en el proceso de planificación y control de operaciones, formulación, evaluación e implementación, estrategias comerciales e implementación de resultados.

- Constituir fuentes de información que faciliten la formulación y evaluación de proyectos especiales (estudios de factibilidad), la selección de acciones alternativas relacionadas con planes específicos, y la toma de decisiones de inversión de capital y otros procedimientos para proyectos de capital encaminados al crecimiento de la empresa (operación de ampliación de fábrica, fabricación de nuevos productos, etc.).
- Proporcionar información sobre los costos requeridos para determinar y calcular la utilidad operativa (margen de utilidad) dentro de un determinado período de tiempo, permitiendo así la generación de informes relacionados con el estado financiero de la empresa (elaboración de cuentas de resultados, balances).
- Promover la dinámica y optimización de los procesos de toma de decisiones relacionados con los procedimientos de comercialización de productos, y brindar a la gerencia orientación e información útil en la formulación y formulación de políticas de ventas, descuentos y precios.
- Brindar información consistente y efectiva para el desarrollo de procedimientos de evaluación de inventarios, lo cual es fundamental para controlar los recursos. Al determinar e implementar mecanismos de mejora viables para la gestión de diferentes formas de inventarios, el grado de certeza dependerá de la precisión, objetividad y practicidad de la información.
- Básicamente, el desarrollo de un sistema de costos es el resultado de un análisis detallado de los procesos utilizados en las operaciones de la empresa. Por tanto, el establecimiento de un sistema de costes está íntimamente relacionado con el análisis y mejora continua de los procesos de la empresa para que sea rentable en el tiempo.

4.2.5 Clasificación de sistemas de costeo

3.2.5.1 Sistemas de costeo por órdenes de producción. Se utiliza para empresas que realizan lotes de producción, es decir, su proceso de fabricación es discontinuo. Los costos asociados entonces corresponden únicamente al lote de producción realizado, y el costo unitario radica en el costo total sobre el número de unidades. La cantidad de producción puede ser una sola unidad, un lote, un ciento o cualquier otra acumulación de la cantidad producida, cada orden de trabajo, por lo general, usa diferentes cantidades de recursos.

El objetivo del sistema de costos por órdenes de producción establece que los costos de las unidades usadas en el proceso de fabricación, el material directo, la mano de obra directa y los

gastos indirectos de fabricación se identifican con cada una de las órdenes de producción. Estos costos se transfieren luego a las cuentas de inventarios aplicables y por último al costo de los artículos vendidos.

3.2.5.2 Sistemas de costeo por procesos. Es apto para empresas que realizan producción en serie que consiste en grandes cantidades de unidades idénticas o similares de un bien o servicio.; es decir, desarrollo continuo de un mismo producto o productos muy parecidos en cuanto a construcción. De esta manera, es más conveniente evaluar el comportamiento de los costos en una etapa del proceso, que en el producto en sí. En cada periodo, los sistemas de costeo por procesos dividen los costos totales por elaborar un producto o servicio idéntico o similar, entre el número total de unidades producidas para obtener un costo por unidad. Este último es el costo unitario promedio que se aplica a cada una de las unidades idénticas o similares elaboradas en ese período.

3.2.5.3 Sistemas de costeo basados en actividades (abc). El costeo basado en actividades (abc) mejorará un sistema de costeo al identificar las actividades individuales como los objetos de costos fundamentales. Cada actividad o unidad de trabajo poseen un propósito específico y generalmente se describen como si fueran “verbos” es decir, un algo que hace la empresa.

Para ayudar en la toma de decisiones estratégicas, los sistemas abc identifican las actividades de todas las funciones de la cadena de valor, calculan los costos de las actividades individuales y asignan los costos a los objetos de costos como los productos y servicios con base en la mezcla de actividades necesarias para producir cada producto o servicio.

4.2.6 Clasificación de los tipos de costos

4.2.6.1 De acuerdo con su clase.

- **Costos reales.** Se considera que se aplica un sistema de costeo con costos reales cuando los costos fueron las erogaciones reales incurridos en el momento de producción. Generalmente se aceptan registros de materia prima directa y mano de obra directa debido a que se pueden asociar fácilmente con los objetos de costo. Se pueden comparar los costos reales con los costos estándar con el fin de encontrar variaciones de presupuesto, que quedan registradas en el informe final.
- **Costos normales.** En el costeo normal costos se acumulan a medida que estos se incurren, con una excepción: los costos indirectos de fabricación se aplican a la producción con base en los insumos reales (horas, unidades) multiplicados por una tasa predeterminada de aplicación de costos indirectos de fabricación

- **Costos predeterminados y estándar.** Son consideraciones de costo, con respecto a lo que se espera se vaya a incurrir para la producción. Se pueden hallar antes de empezar la producción, para compararlos con los costos reales incurridos. Esto no sólo permite registrar las variaciones, sino analizar porque la producción tiene costos diferentes a los que “debería tener”, y que tanta es la diferencia. También es útil para conocer el costo por unidad de manera anticipada.

4.2.6.2 De acuerdo con su comportamiento.

- **Costos fijos.** No varían con respecto a la actividad o volumen de producto al cual están vinculados [bajo condiciones establecidas]. Pueden ser discrecionales, si están sujetos a modificación, como los salarios; o pueden ser comprometidos, cuando no se espera que varíen en un horizonte amplio de tiempo, como las depreciaciones o los contratos a largo plazo.
- **Costos variables.** Son los que varían acorde a la actividad o volumen del producto al que estén relacionados; no solo se refieren a la producción, pues también las comisiones por ventas se consideran costos variables.
- **Costos semi variables o mixtos.** Tienen un componente fijo y uno variable; el ejemplo clásico son los servicios públicos, que son cobrados por actividad o cantidad de uso, pero que, de no ser usados, generan un cobro mínimo.

4.2.6.3 De acuerdo con su identificación a una actividad departamento o producto.

- **Costos directos.** Son los que se identifican plenamente con una actividad, departamento o producto.
- **Costos indirectos.** No se pueden identificar del todo con una actividad, departamento o producto, pero hacen parte de este.

4.2.6.4 De acuerdo con el tiempo en que se cargan o se enfrentan a los ingresos.

- **Costos del periodo.** Son costos utilizados porque se espera beneficien los ingresos en un periodo determinado, más no porque puedan ser cargados al producto y utilizados en periodos posteriores. El estado de pérdidas y ganancias los toma como gastos del periodo contable.
- **Costos del producto o inventariables.** Son los costos que se consideran activos, porque constituyen el costo de mercancía vendida y generan un ingreso por ventas.

4.2.6.5 De acuerdo con el tiempo en el que fueron calculados.

- **Costos históricos.** Se obtienen una vez se han evaluado todos los registros contables, al final del periodo en cuestión.
- **Costos presupuestados o estándar.** Se estiman con base estadística y sirven para hacer presupuestos.

4.2.6.6 De acuerdo a la forma en que se calculan.

- **Costo unitario.** El costo unitario es el valor promedio que, a cierto volumen de producción, cuesta producir una unidad del producto.

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo total de manufactura.}}{\text{Número de unidades producidas.}} \quad (1)$$

- **Costo total.** Sumatoria de los costos incurridos producción de una empresa durante un periodo determinado.

$$\text{Costo total} = \text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables} \quad (2)$$

- **Costos primos.** Consiste en la suma de los costos directos de materiales y costos directos de mano de obra de manufactura.
- **Costos de conversión.** Consiste en la suma costos directos de mano de obra de manufactura y costos indirectos de manufactura.

4.2.6.7 Según la metodología usada en la determinación y tratamiento de costos fijos.

- **Costeo total o absorbente.** Método de costeo en donde a los costos de inventarios se les incorpora los costos variables de manufactura y los costos fijos de manufactura
- **Costeo variable o directo.** Costeo variable es un método de costeo del inventario donde todos los costos variables de manufactura (directos e indirectos) se incluyen como costos inventariables. Todos los costos fijos de manufactura se excluyen de los costos inventariables ya que se van a generar haya producción o no en lugar de ello, se tratan como costos del periodo en el cual se incurre en ellos o se les trata de la misma manera que los gastos operacionales.

Tanto por costeo variable o costeo absorbente todos los costos variables de manufactura son costos inventariables, y todos los costos que no son de manufactura dentro de la cadena de valor

(investigación y desarrollo, y marketing), sean variable o fijos, son costos del periodo y se registran como gastos cuando se incurre en ellos.

4.2.7 Elementos del sistema de costos

Generalmente para las empresas de producción los sistemas de costos están conformados por tres elementos principales en los cuales podemos agrupar algunos costos, estos tres elementos se les denomina materias primas, mano de obra y costos indirectos de fabricación. A continuación, se da una descripción de cada elemento.

3.2.7.1 Materia prima (mp). Es un conjunto de materiales o recursos necesarios que la empresa debe desarrollar para la producción de bienes, estos pueden definirse como directos o indirectos y consumibles.

3.2.7.1.1 Materia prima directa (mpd). Las materias primas directas son todas las materias que forman parte del producto. Para distinguirlas de las materias primas indirectas (mpi), se aplican las condiciones de identificación, valor y uso.

- Identificación: el material en el producto final debe ser fácil de identificar.
- Valor: el material debe tener un valor considerable en el costo total del producto final.
- Uso: el material debe tener un uso e importancia relevante para el producto final.

3.2.7.1.2 Materia prima indirecta (mpi). Pueden o no formar parte del producto terminado. No son parte sustancial del mismo, no cumple con las características de la materia prima directa, por lo que pierde relevancia dentro del producto final.

3.2.7.2 Mano de obra (mo). Representa el esfuerzo físico e intelectual del hombre o la fuerza de trabajo aplicada a la transformación de materia prima en producto terminado o semielaborado se reflejan como erogación por ejemplo los salarios y derechos laborales del personal.

3.2.7.2.1 Mano de obra directa. Es aquella fuerza de trabajo que interviene directa y netamente en las actividades de transformación de los materiales en productos terminados o semielaborados. Se debe tener en cuenta que el costo por horas extra, para el personal que directo e indirecto del proceso productivo, no constituye un costo por mano de obra directa.

3.2.7.2.2 Mano de obra indirecta. Fuerza de trabajo que interviene indirectamente en la elaboración de un producto, pertenece a la cuenta gastos generales de fabricación. Posee una variedad de conceptos en consecuencia generalmente están divididas como departamento de costos, departamento de control de calidad, jefatura y supervisión de la fábrica, oficinistas de

fábrica, tiempo ocioso, trabajo indirecto de la mano de obra directa, prestaciones sociales de trabajadores indirectos , horas extras.

3.2.7.3 Costos indirectos de fabricación. Son aquellos costos requeridos que debe cubrir la fábrica para el desarrollo del proceso productivo que no están directamente relacionados con la conversión de materias primas en productos finales, o la mano de obra directa. Estos costos se relacionan con el funcionamiento de la empresa y superan el proceso de fabricación de un producto en específico.

Dentro de estos costos encontramos los gastos administrativos, la materia prima indirecta, la mano de obra indirecta, servicios públicos, arrendamientos, depreciación, mantenimiento e impuestos y servicios de fábrica.

Así mismo estos costos pueden clasificarse según su comportamiento como costos fijos, costos variables o costos mixtos.

4.2.8 Control de materiales

El control de los materiales comprende cinco fases:

- **Planeamiento de la producción.** Se encarga de analizar las necesidades de materiales y recomendar su compra.
- **Compra de materiales.** Recibe solicitudes de compra, pide cotizaciones a proveedores y elige la mejor oferta, elabora y emite órdenes de compra, verifica y aprueba facturas de proveedores y envía facturas aprobadas al departamento de contabilidad general.
- **Recepción e inspección.** Recibe materiales, verifica cantidad, peso, calidad y otras especificaciones de los materiales, ordena el traslado de materiales al almacén, envía copias de guías al almacén y al departamento de compras.
- **Almacenamiento y devoluciones.** Recibe y firma documentos de recepción, verifica cantidad, peso, calidad, etc. De los materiales, ubica los materiales en lugares adecuados, entrega materiales a los departamentos que lo solicitan, registra la recepción y entrega en las tarjetas de almacén, prepara informes para el departamento de costos, devuelve materiales de mala calidad, recibe materiales sobrantes de los talleres y mantiene un inventario permanente de los materiales.
- **Contabilización de los materiales.** Comprende la compra, uso y procedimientos especiales

4.2.9 *Sistemas de inventarios*

3.2.9.1 Sistema de inventario periódico. Este método permite registrar el inventario mediante un conteo físico al final del periodo. De esta manera, si se trata de inventario de materiales, el costo de materiales usados se encuentra de sumar el inventario inicial y las compras, y restar el inventario final. Se registran los costos por clasificaciones naturales, como costos de materiales directos, flete hacia la planta y descuentos en las compras.

3.2.9.2 Sistema de inventario permanente. Este sistema permite conocer de forma permanente el costo de la mercancía vendida y el valor de los inventarios; para cada artículo se lleva un registro individualmente. Para el fabricante requiere de un registro continuo (“tiempo real”) este método significa un registro continuo de adiciones y reducción de materiales directos, producción en proceso, y productos terminados generalmente el seguimiento lo hace con sistemas de información basadas en computadoras.

4.2.10 *Estudio de tiempos*

El estudio de tiempos es una técnica para precisar el tiempo real que se tarda un operario en finalizar una actividad o tarea, todo esto con un numero finito de observaciones y cronometrajes

Realizar una toma de tiempos a los procesos de producción nos acercaran a la realidad de costos en cuanto a mano de obra se refiere, con el objetivo de aportar la toma de decisiones tanto gerenciales como el proceso productivo.

Conociendo los tiempos de cada una de las actividades del sistema productivo, podremos establecer la base para diferentes objetivos como estimar el costo unitario de los productos y servicios ofrecidos, calcular la capacidad en planta, planear y programar eficientemente la producción, asignar trabajos, distinguir métodos de trabajo y calcular indicadores de eficiencia y eficacia entre otras ventajas.

A demás del cálculo de la mano de obra podemos estimar con mejor precisión los costos indirectos de fabricación como las depreciaciones, gastos de vigilancia, servicios públicos entre otros.

Pasos para el estudio de tiempos. Para Jayheizer y Barry Render (2009) El procedimiento de un estudio de tiempo implica medir el tiempo de una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo para establecer un estándar. Una persona capacitada y experimentada puede establecer un estándar siguiendo estos ocho pasos:

1. Definir la tarea a estudiar (después de realizar un análisis de métodos).

2. Dividir la tarea en elementos precisos (partes de una tarea que con frecuencia no necesitan más de unos cuantos segundos).

3. Decidir cuántas veces se medirá la tarea (el número de ciclos de trabajo o muestras necesarias). 4. Medir el tiempo y registrar los tiempos elementales y las calificaciones del desempeño.

5. Calcular el tiempo observado (real) promedio.

El tiempo observado promedio es la media aritmética de los tiempos para cada elemento medido, ajustada para la influencia inusual en cada elemento:

$$\text{Tiempo observado promedio} = \frac{\text{Suma de los tiempos registrados de cada elemento}}{\text{Numero de observaciones}} \quad (3)$$

6. Determinar la calificación del desempeño (paso del trabajo) y después calcular el tiempo normal para cada elemento.

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo observado promedio}) * (\text{Factor de calificación del desempeño}) \quad (4)$$

7. Sumar los tiempos normales para cada elemento a fin de determinar el tiempo normal de una tarea.

Figura 12

Tabla de suplementos

1. Holguras constantes:	(ii) Bastante inadecuada . . . . .	.5
(A) Holgura personal	(E) Condiciones atmosféricas (calor y humedad):	
(B) Holgura por fatiga básica	Variable . . . . .	.0-10
2. Holguras variables:	(F) Atención cercana:	
(A) Holgura por estar de pie	(i) Fino o exacto . . . . .	.2
(B) Holgura por posición anormal:	(ii) Muy fino o muy exacto . . . . .	.5
(i) Incómodo (inclinado)	(G) Nivel de ruido:	
(ii) Muy incómodo (acostado, estirado)	(i) Intermitente fuerte . . . . .	.2
(C) Uso de fuerza o energía muscular	(ii) Intermitente muy fuerte o muy agudo . . . . .	.5
para levantar, jalar, empujar	(H) Tensión mental:	
Peso levantado (libras):	(i) Complejo o rango amplio de atención . . . . .	.4
20	(ii) Muy complejo . . . . .	.8
40	(I) Tedio:	
60	(i) Tedioso . . . . .	.2
(D) Mala iluminación:	(ii) Muy tedioso . . . . .	.5
(i) Mucho menor que la recomendada		

8. Calcular el tiempo estándar. Este ajuste al tiempo normal total proporciona las holguras por necesidades personales, demoras inevitables del trabajo, y fatiga del trabajador, este está definido por:

$$\mathbf{Tiempos\ estandar} = \frac{\mathbf{Tiempo\ normal\ total}}{\mathbf{1-Factor\ de\ olgura}} \quad (5)$$

Es necesario incorporar la variabilidad de cada elemento implicado en el estudio con el fin de calcular cuántos ciclos se deben cronometrar

Según Jayheizer y Barry Render (2009) Para determinar un tamaño de muestra adecuado, se deben considerar tres aspectos:

1. Cuánta precisión se desea (por ejemplo, ¿un $\pm 5\%$ del tiempo observado es lo suficientemente cerca?).
2. El nivel de confianza deseado (por ejemplo, ¿es adecuado un valor z del 95% o se requiere el 99%?).
3. Cuánta variación existe dentro de los elementos de la tarea (por ejemplo, si la variación es grande, se necesitará una muestra más grande).

La fórmula para encontrar el tamaño de muestra apropiado, dadas estas tres variables, es:

$$\mathbf{Tamaño\ de\ muestra\ requerido} = n = \left(\frac{z s}{h x''} \right)^2 \quad (6)$$

En donde:

- h = nivel de precisión deseado como porcentaje del elemento de la tarea, expresado como decimal (un 5% = .05)
- z = número de desviaciones estándar requeridas para el nivel de confianza
- s = desviación estándar de la muestra inicial
- $x'' = \bar{x}$ = media de la muestra inicial n = tamaño de muestra requerido

Tabla 5

Tabla Z

Confianza deseada (%)	Z: (desviación estándar requerida para el nivel de confianza deseado)
90	1,65
95	1.96
95.45	95.45
99.0	2.58
99.73	3.00

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \frac{\sum(\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{numero de muestras} - 1} \quad (7)$$

En donde:

- X_i = valor de cada observación
- \bar{x} = número de observaciones en la muestra
- n = media de las observaciones

5 Metodología del proyecto

5.1 Diagnóstico inicial

En esta fase se realizó un diagnóstico general de la empresa, identificando los procesos en los que se incurre costo y realizando un análisis de los procesos de fabricación y mantenimiento.

Así mismo se seleccionaron los productos más importantes de los procesos mencionados; partiendo de los datos históricos de participación de cada producto en los ingresos mensuales, así como el volumen de rotación de dichos productos usando un diagrama de Pareto como herramienta para jerarquizarlos.

Finalmente, en esta etapa, el diagrama de flujo se utiliza para describir en detalle el proceso involucrado en los productos seleccionados; se analizan los elementos de costo de estos productos y el sistema de costos utilizado por la empresa.

5.2 Diseño del sistema de costos

En esta etapa, el sistema de costos a implementar se diseñó para comprender con mayor exactitud los costos incurridos durante todo el proceso de producción. Cabe destacar que, si bien se seleccionan los productos más representativos de la etapa anterior, el sistema de costos estará en la capacidad de costear cualquier producto.

Ahora bien, se realizó un análisis y evaluación de los diferentes sistemas de costos vistos en la literatura por medio de un análisis multicriterio, seleccionando el costeo ABC al ser el que mejor se adecuaba al modelo productivo y los requerimientos de la empresa.

Después de seleccionar el sistema se llevó a cabo la metodología planteada por la literatura, identificando y estableciendo las actividades, los costos presupuestados de cada elemento del costo y la tasa de asignación para cada actividad. Con los datos obtenidos en esta etapa se procedió a elaborar la herramienta ofimática.

5.3 Elaboración de herramienta ofimática

Durante esta etapa se decide realizar el desarrollo de la herramienta ofimática soportándose en Microsoft Excel y el entorno de desarrollo de VBA, desarrollando la interfaz gráfica de forma limpia y cumpliendo con los requerimientos que solicita la empresa. La administración manifestó su intención de más adelante desarrollar un software para el sistema de costo propio, por lo que la herramienta ofimática sirve de apoyo para tal fin.

5.4 Implementación y análisis del sistema de costos

Se realiza después de desarrollada la herramienta ofimática la implementación encontrando el nuevo costo de los productos evaluados, así mismo se realiza el análisis respectivo para encontrar la variación respecto a la anterior forma en como estaba gestionando la empresa los costos, así como las debidas recomendaciones y conclusiones a las que se llegó con la elaboración del presente proyecto.

6 Cadena de suministro de la empresa

A continuación, se describe la cadena de suministro de la empresa, en donde se hará énfasis en el suministro para la fabricación del encofrado metálico desde la disposición de la materia prima hasta la logística para la distribución del producto terminado. En las figuras 12 y 13 se muestra el diagrama de flujo y el iconograma de la cadena de suministro de la empresa.

6.1 Proceso comercial

El proceso comercial inicia con el portafolio de productos, en el cual se encuentra el listado de los productos que fabrica y comercializa la empresa. Los potenciales clientes pueden acceder al portafolio contactándose con los asesores comerciales por vía telefónica o por correo electrónico, así como visitar directamente la página web de la empresa.

La empresa cuenta con 6 asesores comerciales; los cuales se encargan de realizar las negociaciones con los clientes, la figura muestra el diagrama del proceso comercial. El área comercial junto con el área de ingeniería se encarga de realizar una cotización sobre planos del servicio solicitado, en donde si el cliente acepta se realiza la modelación y remisión de la orden.

Figura 13

Diagrama de flujo de cadena de suministro

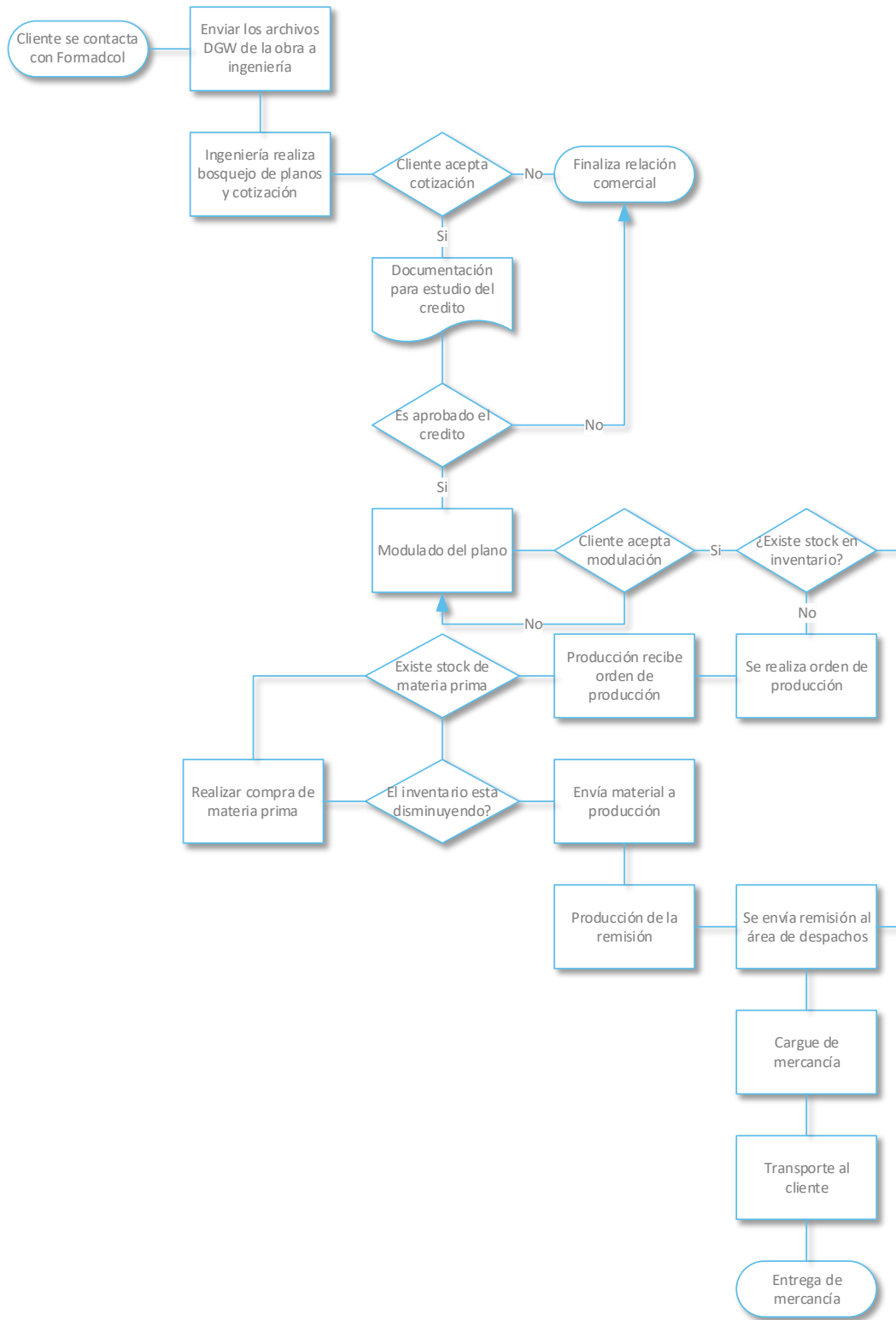
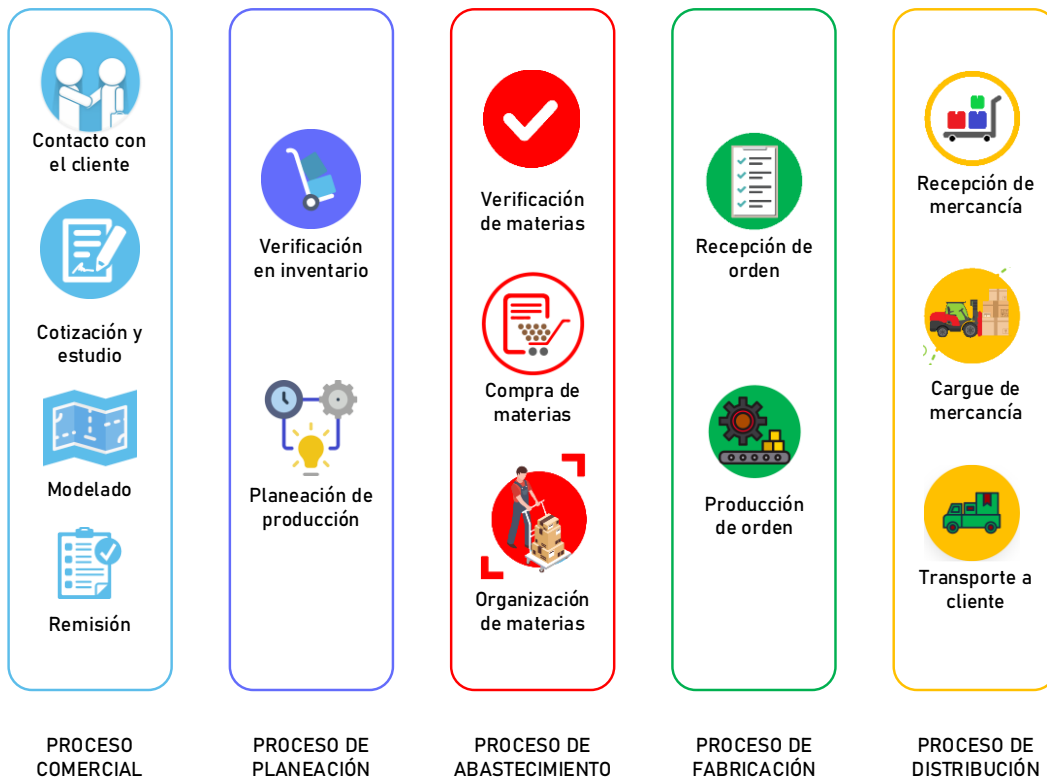


Figura 14*Iconograma de cadena de suministro*

6.2 Proceso de planeación

El proceso de planeación empieza cuando la secretaria verifica si existe stock en el inventario con el área de inventarios. De no existir inventario suficiente que cubra la demanda del cliente, el jefe de inventarios realiza la orden de producción y se envía a dicha área. El área de planeación planifica como se realizará la debida producción requerida para toda la semana.

La producción no solo depende de la demanda de los clientes, también depende del movimiento histórico del mercado, por lo que a menudo se realizan órdenes de producción sin tener remisión.

6.3 Proceso de abastecimiento

El proceso de almacenamiento empieza directamente en el almacenista, quien es quien controla el inventario de materia prima de la fábrica; la planeación de materia prima se realiza con los históricos de producción anticipando que esta no escasee para futuras órdenes. El almacenista envía la orden de requerimientos al jefe de producción y este después de aprobada la envía al área de compras para su respectiva cotización.

Por último, la cotización se envía al gerente financiero para su aprobación, y después de recibir el visto bueno se procede a realizar la compra. Al momento de recibir la materia prima comprada el almacenista se encarga de realizar su respectivo inventario y organización dentro del almacén.

6.4 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación inicia desde el momento en que se recibe la orden de producción, hasta cuando se remite el producto terminado al área de despacho correspondiente. El numeral menciona el proceso de producción completo que comprende el encofrado metálico.

6.5 Proceso de distribución

El proceso de distribución se relaciona directamente con el destino final de los productos. Este inicia con el jefe de despachos recibiendo la remisión completa, este se encarga de hacer el cargue respectivo para transportar los productos bien sea al cliente final, a un minorista que hace las veces de intermediario. Esta fase termina cuando se deja el producto final en las instalaciones del cliente.

7 Diagnóstico de la empresa

7.1 Selección de productos de mayor movimiento

7.1.1 Servicio de ventas

Con el fin de conocer las referencias más producidas en la empresa, se analizaron los registros de producción a partir del trimestre octubre – diciembre del 2020. A partir de estos registros por medio de un diagrama de Pareto se obtuvieron las referencias de los productos más fabricados en dicho periodo de tiempo. La tabla de los registros de órdenes de producción se puede ver en el apéndice D. El resultado se muestra a continuación:

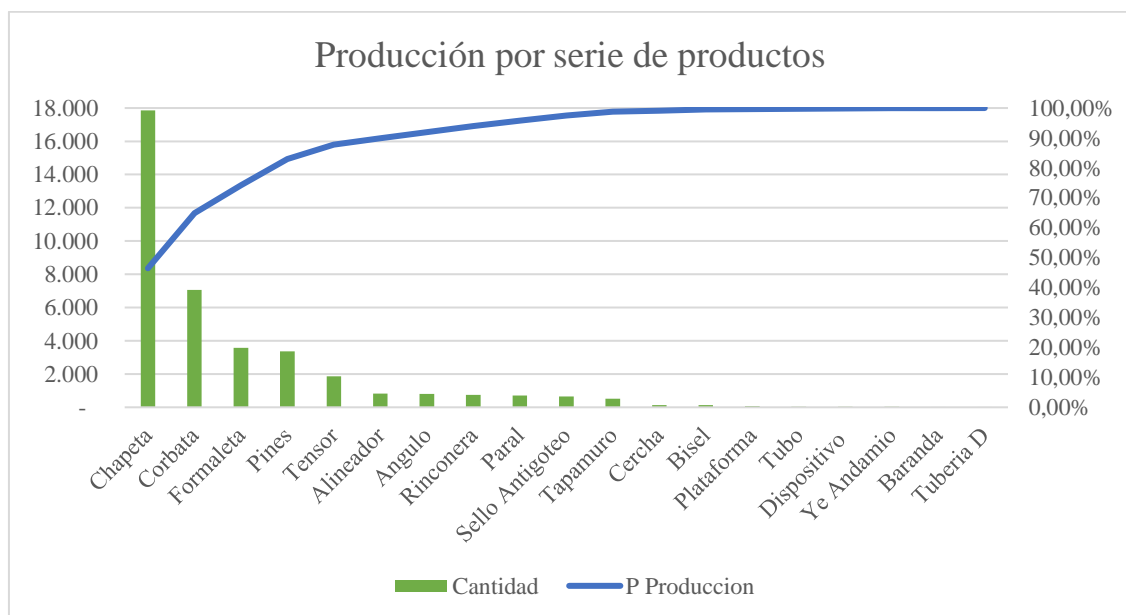
Tabla 6

Referencias de mayor producción

Serie	Cantidad	% Producción
Chapeta	17.860	46,46%
Corbata	7.067	18,38%
Formaleta	3.582	9,32%
Pines	3.372	8,77%
Tensor	1.860	4,84%
Alineador	818	2,13%
Angulo	807	2,10%

Continuación tabla 6

Rinconera	749	1,95%
Paral	710	1,85%
Sello Anti goteo	652	1,70%
Tapa muro	510	1,33%
Cercha	135	0,35%
Bisel	128	0,33%
Plataforma	75	0,20%
Tubo	32	0,08%
Dispositivo	30	0,08%
Ye Andamio	28	0,07%
Baranda	16	0,04%
Tubería D	14	0,04%
Total	38.445	

Figura 15*Pareto de producción*

Con el anterior diagrama se puede observar que durante el trimestre analizado se fabricaron en total 38.445 unidades de diferentes referencias, siendo la chapeta la más representativa en la

producción. Sin embargo, es necesario establecer el producto principal no solo por fabricación, sino por su ponderación al volumen de venta. La tabla 7 establece una relación del precio ponderado estándar de cada serie de producto, para analizar el producto que mayor aporte da a los ingresos en venta total.

Tabla 7

Lista de productos por aporte a ventas anuales

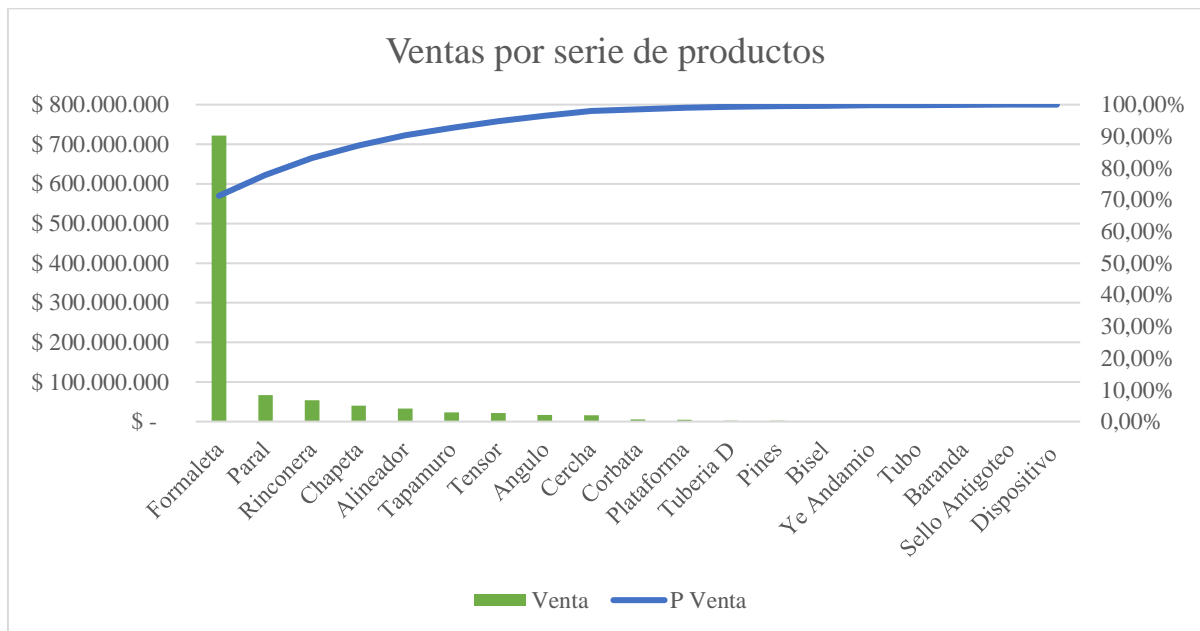
Serie	Cantidad	Precio	Venta	% Venta
Formaleta	3.582	\$ 201.482	\$ 721.708.524	71,23%
Paral	710	\$ 94.533	\$ 67.118.430	6,62%
Rinconera	749	\$ 71.500	\$ 53.553.500	5,29%
Chapeta	17.860	\$ 2.233	\$ 39.881.380	3,94%
Alineador	818	\$ 40.436	\$ 33.076.648	3,26%
Tapa muro	510	\$ 45.737	\$ 23.325.870	2,30%
Tensor	1.860	\$ 11.568	\$ 21.516.480	2,12%
Angulo	807	\$ 21.012	\$ 16.956.684	1,67%
Cercha	135	\$ 118.895	\$ 16.050.825	1,58%
Corbata	7.067	\$ 750	\$ 5.300.250	0,52%
Plataforma	75	\$ 63.656	\$ 4.774.200	0,47%
Tubería D	14	\$ 187.000	\$ 2.618.000	0,26%
Pines	3.372	\$ 650	\$ 2.191.800	0,22%
Bisel	128	\$ 12.923	\$ 1.654.144	0,16%
Ye Andamio	28	\$ 45.230	\$ 1.266.440	0,12%
Tube	32	\$ 25.000	\$ 800.000	0,08%
Baranda	16	\$ 40.000	\$ 640.000	0,06%
Sello Anti goteo	652	\$ 780	\$ 508.560	0,05%
Dispositivo	30	\$ 8.000	\$ 240.000	0,02%
Total	38.445	Total	1.013.181.735	

Cabe aclarar que en las ventas se pueden dar en dos sistemas distintos, la primera es venta por unidad de cada referencia, lo cual está representado en el cuadro anterior. Sin embargo, la empresa en ocasiones realiza ventas por metro cuadrado de formaleta, en donde se incluyen las chapetas,

corbatas, alineadores, ángulos, tensores y pines como accesorios dentro del precio final. Para efectos del diagnóstico inicial no se tiene en cuenta la venta por metro cuadrado dado que la administración asegura que desea que el estudio se realice sobre sus productos principales, que en este caso serían las formaletas, rinconeras y tapamuros. En la figura 5 se puede observar el volumen de ventas de productos principales y accesorios.

Figura 16

Pareto de ventas por serie de productos



Para efecto del estudio preliminar se selecciona la formaleta de 60 x 120 cm dado que la administración ha manifestado interés en que se tome el producto estándar para efectos del proyecto. También se toma la rinconera de 120 x 10 x 10 cm y el paral de 3 m.

7.1.2 Servicio de alquiler

Tal como se muestra en la tabla 2 el servicio de alquiler de formaletas metálicas es el que mayor participación posee en los ingresos de la compañía. Se realizó una verificación para observar cuales son las referencias de mayor aporte al volumen de ingresos, sin embargo, la empresa no posee un valor exacto del aporte que realiza cada serie de productos, por lo que se decidió realizar un Pareto con la información suministrada por órdenes de alquiler¹ en el área de mantenimiento para determinar las referencias más relevantes de este proceso.

¹ Ver apéndice E. Ordenes de alquiler semestre agosto 2020 – enero 2021

Se debe tomar en consideración que en el alquiler se da en su mayoría por metro cuadrado, por lo que dentro del precio de alquiler final están reflejados los accesorios (ángulos, alineadores, chapetas, corbatas, tensores y pines). Siendo esto; las series de referencias que mayor volumen de movimiento poseen son las formaletas metálicas y las rinconeras. Para efecto diagnóstico se toman las referencias estándar de dichos productos.

La tabla 8 muestra el total de referencias por serie de productos a las cuales se les creó un orden de producción durante el semestre agosto 2020 – enero 2021. Por solicitud de la administración se cambia el análisis del gancho paral por el paral. El apéndice E muestra las respectivas órdenes.

Figura 17

Pareto alquiler por serie de productos.

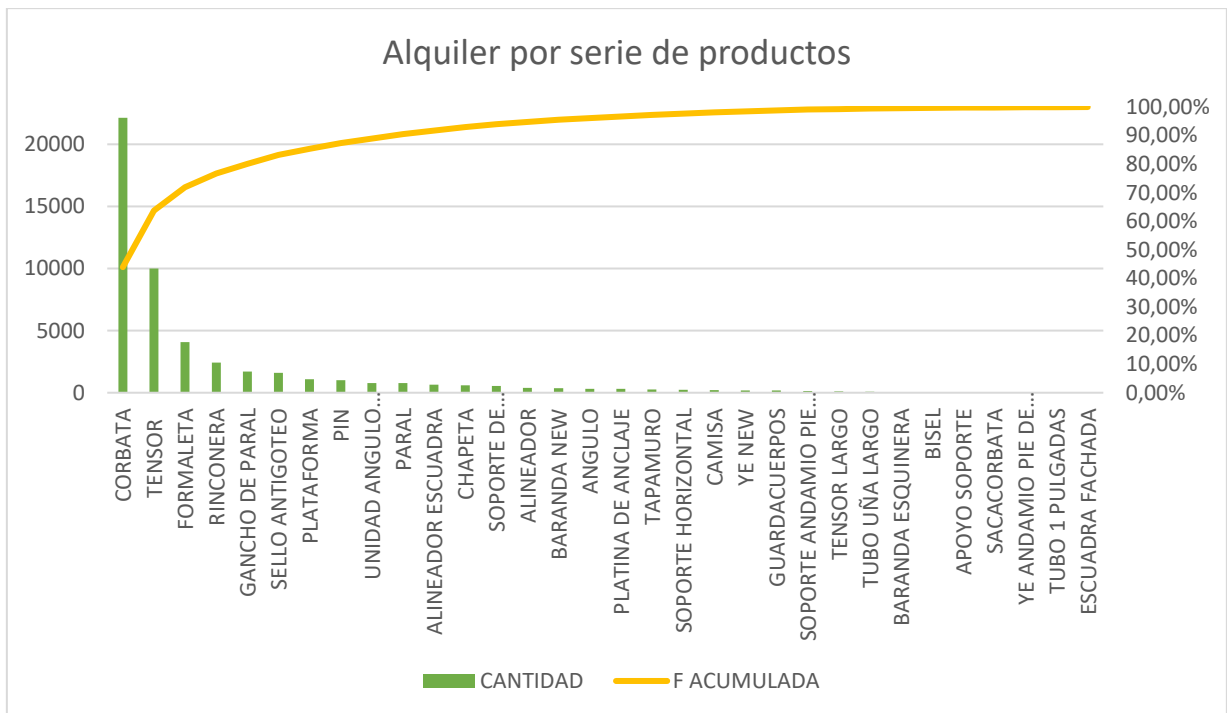


Tabla 8

Referencias por orden de producción en mantenimiento

Familia	Cantidad	F acumulada
Corbata	22138	43,95%
Tensor	10000	63,81%
Formaleta	4071	71,89%
Rinconera	2431	76,72%

Continuación tabla 8

Gancho de paral	1700	80,09%
Sello antigoteo	1600	83,27%
Plataforma	1079	85,41%
Pin	1000	87,40%
Unidad angulo andamio	782	88,95%
Paral	776	90,49%
Alineadora escuadra	639	91,76%
Chapeta	600	92,95%
Soporte de Distanciador	542	94,03%
Alineador	380	94,78%
Baranda new	369	95,51%
Angulo	318	96,14%

7.1.3 Producción de referencias estándar

El encofrado o formaleta metálica según la NSR-98 (Normas Colombianas Del Diseño Y La Construcción Sismo Resistente, 1998) es: “un molde con la forma y las dimensiones de los elementos estructurales, en los cuales se coloca el refuerzo y se vierte el concreto fresco”. La formaleta fabricada por Formadcol – Paneles estructurales posee unas medidas que varían desde 2.5 x 120 cm hasta 60 x 120 cm.

La rinconera o también llamada esquinero interno. Es un módulo que marca el ángulo de giro interno de la estructura, ya sea entre dos muros o entre muro y placa, cuando el armado del encofrado es monolítico. El paral es usado como apuntalamiento a la estructura, soportando a la cerca y al sistema de encofrado, garantizando el sostenimiento de la armadura completa del equipo.

Figura 18

Productos de mayor producción – Formadcol.

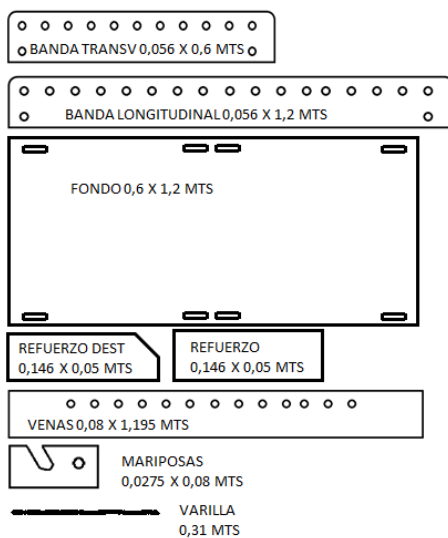


Nota. De derecha a izquierda - 1. Formaleta metálica - 2. Paral - 3. Rinconera

Componentes de la formaleta. Se muestra a continuación los componentes que se requieren para la fabricación total de la formaleta.

Figura 19

Componentes de formaleta metálica



7.1.4 Diagrama del proceso de fabricación

El proceso productivo de la empresa consiste en fabricación y mantenimiento de encofrado metálico donde se involucran aproximadamente 5737 referencias distintas divididas en familias productos como formaletas, paraleles, pines entre otros accesorios.

Para objeto de este proyecto se tendrá en cuenta el proceso productivo de la formaleta metálica, rinconera y paral que representan aproximadamente el 80% de las ventas totales y que debido a la falta de control y documentación se presentan como productos críticos para la empresa.

A continuación, se muestra una descripción de las etapas del proceso de fabricación de la formaleta (ver tabla 9) seguido del recorrido de producción (ver figura 20). También se muestra el diagrama del proceso de fabricación de la formaleta (ver figura 21), el diagrama de fabricación de los componentes de la formaleta (ver figura 22) y por último el diagrama de operación del ensamble (ver figura 23).

El apéndice F muestra los respectivos diagramas de producción de la rinconera y el paral.

Tabla 9

Etapas del proceso de fabricación de formaleta metálica

Etapa	Descripción
Recepción y almacenamiento de materias primas	Se reciben y organizan en pallets las láminas de acero Cold Rolled, láminas de acero Hot rolled con determinado grado de espesor junto con las varillas de 2,5cm de espesor.
Revisión y alistamiento de materias primas	Se inspecciona y transporta el lote de los materiales a los lugares previamente establecidos.
Fabricación simultanea	Se fabrican los diferentes componentes a través de diferentes procesos y equipos.
Ensamble	Se verifica la existencia y funcionalidad de los componentes para dar inicio al proceso armado de la formaleta aplicando soldadura de alta penetración tipo MIG.
Resoldado	Se agregan soldaduras adicionales para dar rigidez al ensamblado.
Pulimentado	Para el lijado y eliminación de los defectos
Limpieza	La formaleta es limpiada con unos hilos especiales
Enderezado	Se inspeccionan y corrigen desviaciones en la formaleta.
Pintado	Se le aplica a la formaleta un anticorrosivo color verde junto con una enumeración.
Almacén	Apilamiento en pallets del producto terminado

Figura 20

Recorrido de producción formaleta metálica – área producción.

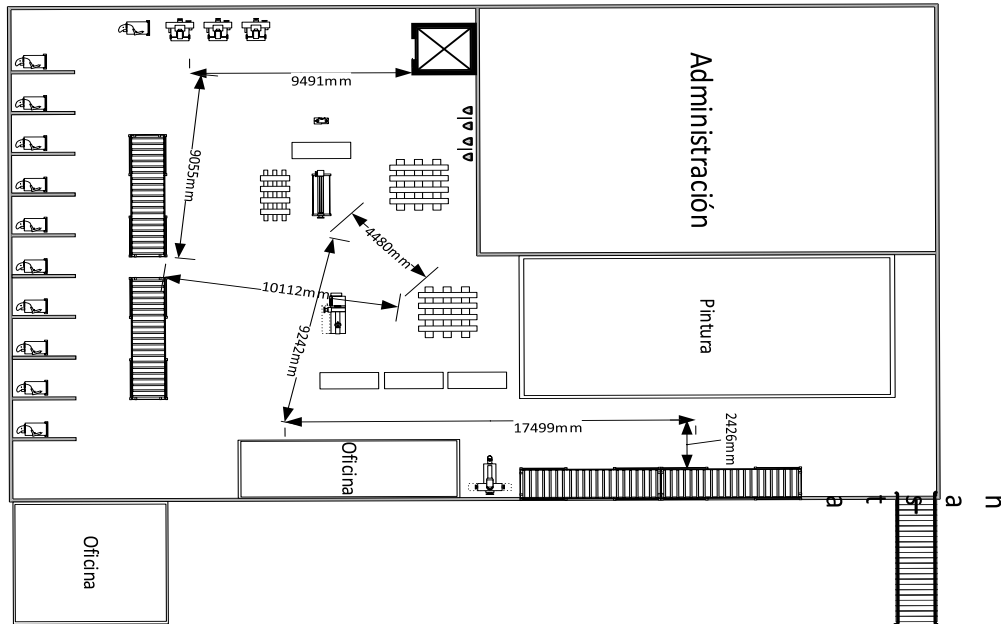


Figura 21

Diagrama del proceso de fabricación de formaleta metálica.

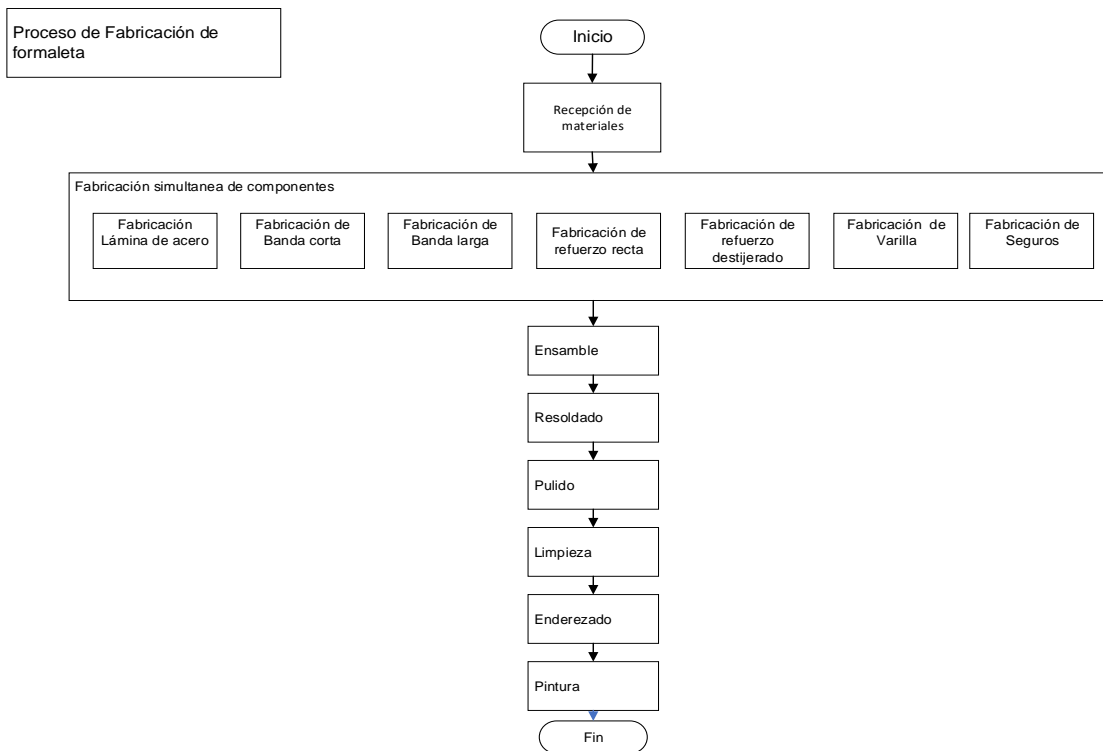


Figura 22

Diagrama de operaciones de fabricación de componentes de formaleta.

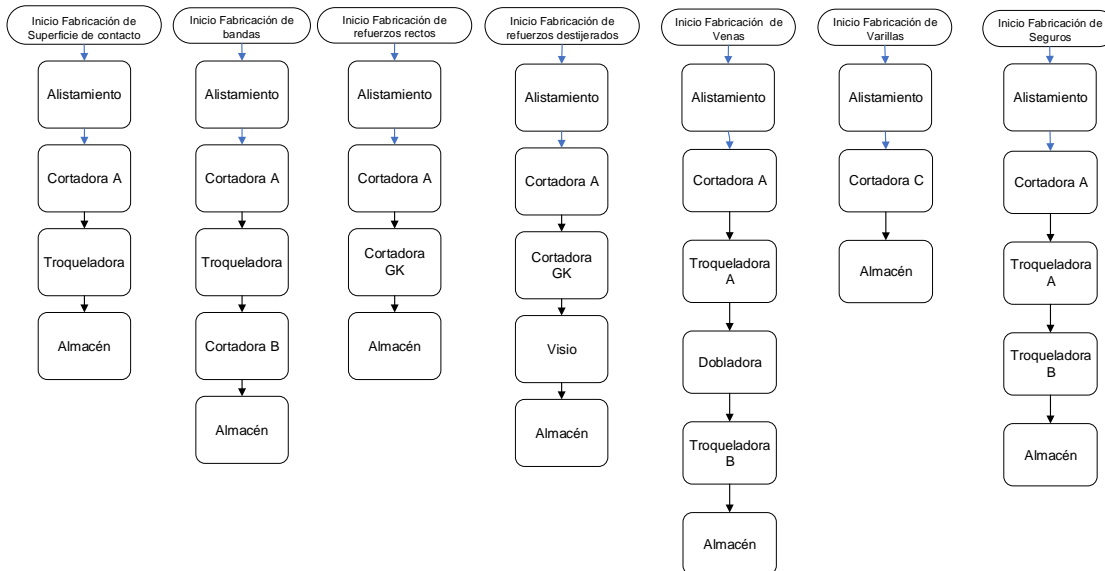
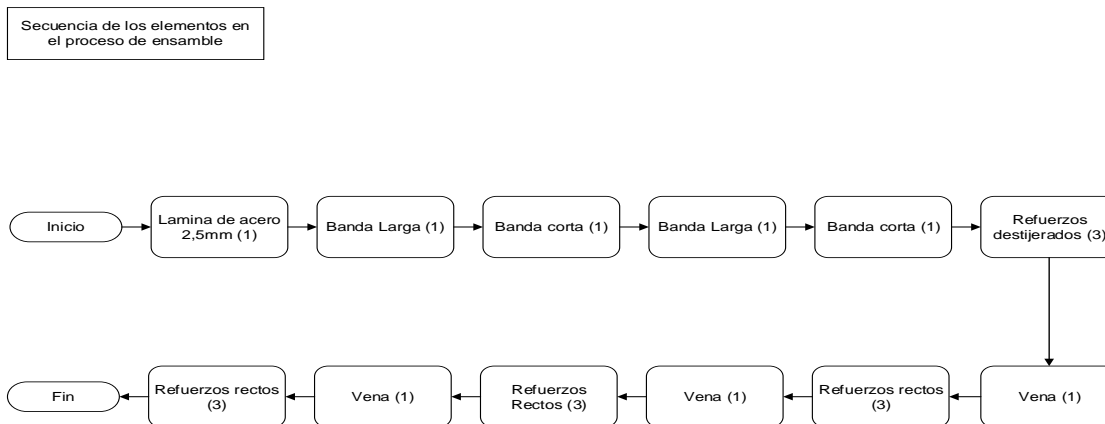


Figura 23

Secuencia de operación de ensamble.



7.1.5 Diagrama del proceso de mantenimiento

El proceso de mantenimiento posee un flujo distinto, puesto que no se fabrican nuevas formaletas, en cambio, se toman aquellas formaletas que han llegado del servicio de alquiler y se les realiza su respectivo mantenimiento después de recibir una orden de alquiler.

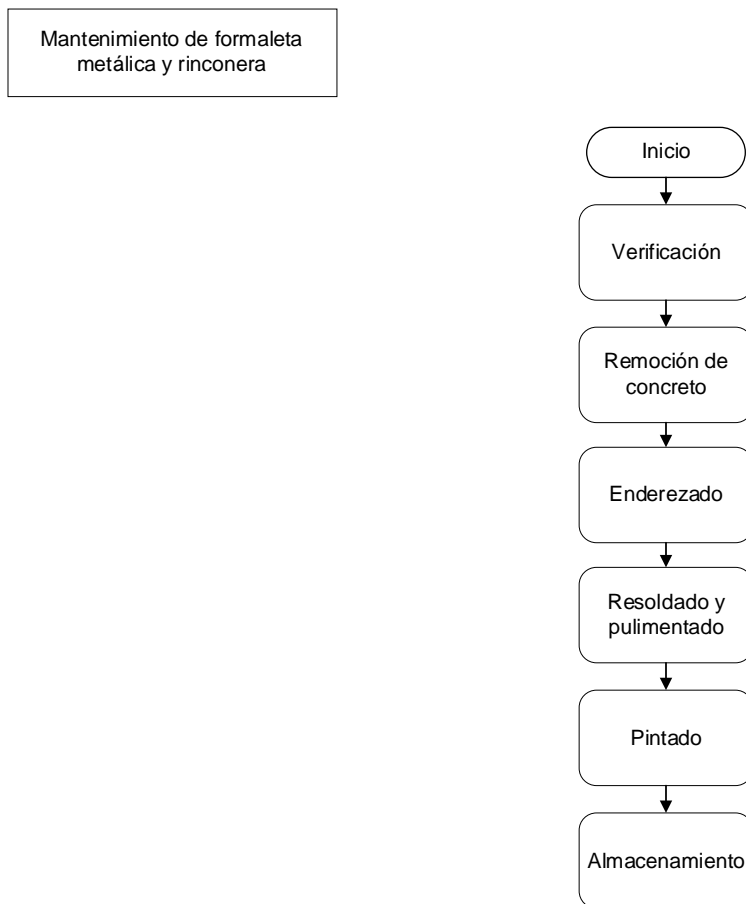
Se presenta en la tabla 10 la descripción de las etapas del proceso de mantenimiento seguido del diagrama del proceso de mantenimiento de formaletas metálicas (ver figura 24). Los demás diagramas de producción se presentan en el apéndice F.

Tabla 10*Etapas del proceso de mantenimiento de formaleta y rinconera metálica*

Etapa	Descripción
Verificación	Estando clasificada se realiza una revisión general donde se verifican las partes desoldadas, bandas torcidas, superficie de contacto y residuos de concreto.
Remoción de concreto	Se procede a remover el concreto adherido a la formaleta, este proceso puede llevarse a cabo con dos técnicas diferentes, para las formaletas con poco concreto se opta por técnicas manuales con espátulas y punzones de diferentes tamaños. Las formaletas que presentan mayor dificultad son enviadas a un proceso de Sandblasting.
Enderezado	Habiendo identificado las partes dobladas se procede a enderezarlas utilizando diferentes herramientas como porras livianas y un banco especial de mantenimiento.
Resoldado	Se agregan nuevas soldaduras a las bandas, refuerzos y mariposas que estén desoldadas.
Pulimentado	Para el lijado y eliminación de los defectos
Pintado	Se le aplica a la formaleta un anticorrosivo color verde junto con una enumeración.
Almacenamiento	Apilamiento en pallets del producto terminado

Figura 24.

Diagrama de proceso de mantenimiento de formaleta metálica y rinconera.

**7.1.6 Análisis de capacidad instalada**

Para este punto, procedemos a determinar la capacidad de producción real en el proceso de producción de la formaleta metálica. Se calcula partir de los datos del estudio de tiempos preliminar. A continuación, se realiza el análisis de la capacidad instalada inicial (ver tabla 11), suponiendo que la empresa solo producirá formaletas metálicas, colocando a disposición todo el puesto de trabajo actuales para ese proceso.

Los trabajadores de Formadcol tienen un horario de 7 de la mañana a 5 de la tarde, con una hora de almuerzo y dos descansos de 15 minutos, con esto determinamos que las horas dedicadas netamente a producción son 8,5 horas; pero sabemos que las personas no mantienen en su puesto de trabajo realizando las actividades de manera continua sin interrupciones y a un mismo ritmo de producción cada operario, Es decir, de las 8,5 horas disponibles, no podemos esperar que se producirá todo el tiempo con lo que se deduce al final del día un acumulado de pequeños

momentos de no producción con el cuál trazaremos el termino de grado de eficiencia de la mano de obra representado en porcentaje. Debido a la falta de control y supervisión continua, para este estudio preliminar tomaremos un porcentaje debajo de lo recomendado en la literatura (donde plantean que en grupos bien dirigidos la eficiencia alcanza un 85). 153 minutos horas minutos son generalmente gastados en estiramientos, pausas activas, conversaciones, necesidades fisiológicas, hidratación, arreglar cosas, descanso por cansancio entre otros. Desde este punto tendremos cuál será la producción máxima si los procesos se efectúan de manera normal sin percances; pero, se entiende que no existen procesos sin alteraciones o problemas de diversa índole, que no están directamente relacionado con el rendimiento del personal. Estas alteraciones presentan un impacto en la capacidad de producción y deben ser considerados con el fin de establecer de manera más precisa la capacidad real de producción. Para el presente trabajo tomamos un porcentaje de merma de 70% como factor inherente al proceso.

Tabla 11*Análisis de la capacidad*

Operación	Tpo. prom Minutos	Puestos de trabajo
<i>Ensamble</i>	12,8 3	4,266666667
<i>Resoldado</i>	17,4 4	4,35 Cuello de botella
<i>Pulido</i>	0,8 3	0,283155556
<i>Limpieza</i>	10,0 3	3,32
<i>Enderezado</i>	1,0 1	1,003333333
<i>Pintura</i>	2,6 1	2,58

Horas laborales	8,5	Tpo. No prod. horas	Tpo. No prod. Min.
Grado de eficiencia %	70	2,55	153
Hora laboral normal	5,95		
Minutos laborales normal	357		
Capacidad de producción máxima	82,06896552		
Factor merma %	70		
Capacidad real de producción en uds.	57,44827586		

7.2 Estimación y manejo de los elementos del costo

Para efectos del análisis preliminar se tomarán en cuenta los procesos de fabricación y mantenimiento de la formaleta metálica. Actualmente la empresa maneja un formato establecido en Excel que data del año 2018 en donde se hallaron a modo preliminar los costos de producción de la formaleta metálica, sin embargo, al analizar dicho formato se encontró que los costos no son del todo fiables puesto que no posee una correcta asignación de los CIF que están dentro del proceso productivo. Adicional el costo de producción de rinconeras y paraleles no se tiene establecido, así como el mantenimiento de todos los productos; es por esto que para las referencias de producción y mantenimiento se tomaron una serie de datos preliminares para determinar qué elementos intervienen en su costo. Los datos preliminares se encuentran en el apéndice H.

La tabla 12 muestra el actual costo que está manejando la empresa para su producto principal, sin embargo, al realizar el análisis a dichos costos se encuentra que la información es insuficiente, esta desactualizada o no existen datos suficientes para la determinación del costo real.

Tabla 12

Desglose de elementos del costo de formaletas.

No	Detalle	% costo	Costo
1	Lámina aceitada y decapada 2,5 mm	80,19%	\$ 54.060
2	Lámina aceitada y decapada 1,9 mm		\$ 14.652
3	Lámina aceitada y decapada 3,0 mm		\$ 17.609
4	Varilla corrugada 8,5 mm x 31 cm		\$ 665
5	Soldadura		\$ 12.281
6	Químico limpieza y pintura		\$ 3.072
7	MO global (soldador, op. Máquinas y auxiliares)	19,81%	\$ 11.146
8	Servicios públicos		\$ 2.270
9	Máquinas, consumibles, depreciación		\$ 5.788
10	Administración		\$ 6.077
		Total	\$ 127.620

En el apéndice G se puede encontrar el formato actual que maneja la empresa.

7.2.1 *Materia prima directa.*

A continuación, se hace un listado de la materia prima directa usada tanto en el proceso de producción y mantenimiento de la formaleta, rinconera y paral; y del mantenimiento del tensor y la corbata.

Tabla 13

Elementos de la MPD formaleta.

Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.
Lám. aceitada y decapada 2,5 mm	Ensamble	kg	16,38	\$ 3.600	\$ 58.968
Lám. aceitada y decapada 1,9 mm	Ensamble	kg	4,44	\$ 3.600	\$ 15.984
Lám. aceitada y decapada 3,0 mm	Ensamble	kg	5,34	\$ 3.600	\$ 19.224
Varilla corrugada 8,5 mm x 31 cm	Ensamble	kg	0,62	\$ 1.072	\$ 665
Soldadura	Ensamble	kg	2,15	\$ 5.700	\$ 12.255
Químico limpieza y pintura	Pintura	gal	1,15	\$ 2.672	\$ 3.073
<i>Total</i>					\$110.168

Tabla 14

Elementos de MPD rinconera

Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.
Lámina aceitada y decapada 2,5 mm	Ensamble	kg	4,75	\$ 3.600	\$17.100
Lámina aceitada y decapada 3,0 mm	Ensamble	kg	4,09	\$ 3.600	\$14.724
Varilla corrugada 8,5 mm x 31 cm	Ensamble	kg	0,62	\$ 1.072	\$ 665
Soldadura	Ensamble	kg	1,52	\$ 5.700	\$ 8.664
Químico limpieza y pintura	Pintura	gal	0,85	\$ 2.672	\$ 2.271
<i>Total</i>					\$43.424

Tabla 15*Elementos MPD para*

Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.
Tubo caña 2,5 mm	Ensamble	m	3	\$ 11.568	\$ 34.704
Tubo flauta 2,5 mm	Ensamble	m	3	\$ 9.664	\$ 28.992
Platina	Ensamble	Ud.	2	\$ 2.800	\$ 5.600
Varilla corrugada 8,5 mm x 31cm	Ensamble	m	0,6	\$ 2.100	\$ 1.260
Rosca	Ensamble	Ud.	1	\$ 12.500	\$ 12.500
Soldadura	Ensamble	kg	0,5	\$ 5.700	\$ 2.850
Químico limpieza y pintura	Pintura	gal	0,6	\$ 2.672	\$ 1.603
<i>Total</i>					\$ 86.669

Para el proceso de mantenimiento la materia prima directa disminuye, dado que se realiza sobre los productos que han regresado del alquiler, la tabla 16 muestra los costos asociados a este elemento en cada referencia seleccionada.

Tabla 16*Información MPD proceso de mantenimiento por referencia.*

Mantenimiento formaleta						
Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.	
Soldadura	Ensamble	kg	2,15	\$ 5.700	\$ 12.255	
Químico limpieza y pintura	Pintura	gal	1,15	\$ 2.672	\$ 3.073	
<i>Total</i>					\$ 15.328	
Mantenimiento rinconero						
Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.	
Soldadura	Ensamble	kg	1,52	\$ 5.700	\$ 8.664	
Químico limpieza y pintura	Pintura	gal	0,85	\$ 2.672	\$ 2.271	
<i>Total</i>					\$ 10.935	

Continuación tabla 16

Mantenimiento paral						
Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.	
Soldadura	Ensamble	kg	0,5	\$ 5.700	\$ 2.850	
Lubricante	Aceitado	1	0,3	\$ 4.310	\$ 1.293	
					Total	\$ 4.143
Mantenimiento tensor						
Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.	
Soldadura	Ensamble	kg	0,1	\$ 5.700	\$ 570	
Lubricante	Aceitado	1	0,1	\$ 4.310	\$ 431	
Pintura	Pintado	gal	0,1	\$ 2.672	\$ 267	
					Total	\$ 1.268
Mantenimiento corbata						
Descripción	Proceso	Ud.	Cant.	Precio por ud.	Precio por cant.	
Soldadura	Ensamble	kg	0,5	\$ 5.700	\$ 2.850	
Lubricante	Aceitado	1	0,3	\$ 2.672	\$ 802	
					Total	\$ 3.652

7.2.2 *Mano de obra directa.*

Para efectos del diagnóstico inicial se encontró que tanto para producción y mantenimiento se tienen las mismas posiciones que intervienen en diferentes etapas de cada proceso. Estas son soldador, auxiliar, pintor y operador maquinaria; con 103 posiciones entre todas ellas. Por condiciones de confidencialidad no es posible añadir el reporte de los salarios y cargos de mano de obra de la empresa.

Se tomaron los salarios promedios para determinar el costo por hora y minuto de cada posición, dado que el tiempo que duran en el proceso es el costo estimado de mano de obra que tiene cada producto, en la tabla 17 se muestra el resultado de este diagnóstico.

Tabla 17*Desglose de costo de mano de obra directa*

Posición	Costo día	Costo hora	Costo minuto
Soldador	\$ 79.517	\$ 9.940	\$ 166
Operador maquinas	\$ 74.494	\$ 9.312	\$ 155
Auxiliar	\$ 49.809	\$ 6.226	\$ 104
Pintor	\$ 69.471	\$ 8.684	\$ 145

Nota. En el apéndice H se muestra el desglose total del salario de la mano de obra directa por referencia seleccionada tanto en producción como en mantenimiento.

7.2.3 *Costos indirectos de fabricación.*

La tabla 12 muestra actualmente los CIF manejados dentro del proceso de fabricación de la formaleta, sin embargo, el dato suministrado no es preciso porque la empresa no ha podido establecer el valor exacto de muchos de los elementos del CIF, por lo que ha decidido aportarle un valor en porcentaje a la producción total para tener un valor aproximado de estos costos.

En el área de mantenimiento no se tenía ni un solo elemento de los CIF que intervienen dentro de este proceso, por lo que la empresa no conoce exactamente cuál es el valor de alquiler que debe otorgar a las formaletas que han pasado por este proceso. Se muestra a continuación el bosquejo que está aplicando la empresa para la ponderación de los CIF.

6.2.3.1 Materia prima indirecta. Se posee un conocimiento parcial de los costos que influyen dentro de la materia prima indirecta, pero no se le da un rubro de participación exacto a este elemento de los CIF. Se realizó un estudio de los procesos y se encontraron los siguientes materiales: brochas, aceites, grasas, brocas, estopa, gases, martillo, pinzas. La administración le ha dado una participación en el costo de producción llamándola como consumibles, sin embargo, ha sumado la ponderación junto con maquinaria y depreciación.

6.2.3.2 Mano de obra indirecta. No existe un elemento de los CIF que especifique este costo de producción, al consultarse no está incluido dentro del formato de costo actual que maneja la empresa. Por lo que se verifico que personal interviene dentro de la mano de obra indirecta, el apéndice H muestra el rubro de mano de obra indirecta. Actualmente 22 posiciones forman parte de la mano de obra indirecta. Así mismo la empresa no permite el trabajo de horas extras, o recargos adicionales.

6.2.3.3 Servicios públicos. La empresa da un porcentaje de un 2% sobre el costo final, sin embargo, este dato no es fiel dado que no se han realizado mediciones donde sustente que dicho porcentaje de asignación es real. El apéndice I muestra el gasto general de servicios públicos que maneja la empresa. Se hace necesario saber qué porcentaje de electricidad está usando actualmente la planta de producción en comparación con el edificio administrativo.

6.2.3.4 Administración. La empresa asigna un 5% a este elemento, en donde incluyen impuestos, depreciación y gastos administrativos, también asignan los costos fijos y variables. Los elementos de este costo asignado son impuestos, depreciación, personal administrativo, sistema de gestión, viajes, asesorías, costos y gastos fijos y variables de funcionamiento.

6.2.3.5 Depreciación. Se tiene un porcentaje de depreciación incluido dentro del actual CIF, sin embargo, al observarse los datos de depreciación suministrado por le empresa estos nos concuerdan con el porcentaje de costo que está involucrado en el actual sistema. La información sobre depreciación de maquinaria y equipo se puede observar en el apéndice J, en este se puede corroborar que la maquinaria no se encuentra completamente depreciada, por lo que se hace necesario hacer un análisis completo para añadir el costo real de la depreciación.

7.3 Requerimientos de la empresa

Conocer la forma de pensar de los encargados de los procesos será información directa y valiosa para el desarrollo de la fase diagnóstico, puesto que apoyaran lo descrito en el planteamiento del problema en cuanto a la poca planeación y control de los costos de los procesos productivos.

7.3.1 Entrevista a director de producción.

Practicante: ¿De qué forma realizan el coste de los productos que ofrece la empresa?

Director: Se cuenta con unas matrices de costeo modificables según el producto a tratar en formato Excel en la cual agregan algunos elementos de costo como mano de obra materiales y algunos CIF. El formato es del año 2018, sin embargo, se cambian los valores a lo que se requiere actualmente.

Practicante: ¿Todos los productos se encuentran en este formato de costeo?

Director: La gran mayoría de productos se encuentran en este formato de costeo, sin embargo, en el área de mantenimiento no se tienen costos, debido a que no se ha realizado un estudio de esta parte de la producción.

Practicante: ¿Podría darnos una explicación preliminar del formato de costos que manejan?

Director: Claro, se tiene un cuadro general en donde se muestra la materia prima especificada por material, la mano de obra general, se tiene un cuadro de servicios y otro como una especie de CIF. Los materiales dependen del precio del dólar, pero su precio oscila entre 3300 a 3600 pesos. La mano de obra posee su forma de costeo en otros cuadros en donde se incluyen los salarios del personal que influye directamente en la producción de las formaletas y los demás accesorios. En el rubro servicios se tomó un 2% sobre la suma de la materia prima y la mano de obra, sin embargo, este valor no se conoce realmente porque es un aproximado. Los otros rubros se hicieron una aproximación para dar un CIF, pero no se tiene certeza de que este sea el verdadero costo de cada producto.

Practicante: ¿Cuál es la necesidad urgente de la empresa dentro del área de costeo?

Director: Lograr costear el proceso de mantenimiento de la formaleta, puesto que no se tiene documentación clara sobre este proceso, así como realizar el diseño de un sistema de costeos robusto que permita tomar decisiones gerenciales, específicamente en las formaletas metálicas puesto que son el producto más movido de la empresa.

7.3.2 Entrevista al director contable

Practicante: ¿Qué tan necesario es la implementación de un sistema de costos para la planeación y control de las variables relacionadas con las operaciones de producción de la empresa?

Director: Considera muy importante la aplicación de un sistema para el manejo de los costos, para poder generar estrategias de producción y comercialización más eficaces y competitivas.

Practicante: ¿A qué se debe no haber dado el paso a la utilización de recursos informáticos para el costo de los productos y procesos productivos?

Director: Expresa que lleva poco tiempo en el puesto y que anteriormente venían manejando los costos de una manera empírica según la experiencia del anterior director.

Practicante: ¿Qué aspectos cree que se deben mejorar en cuanto la gestión de los costos de producción de la empresa?

Director: Se debe mejorar el método de agregación de los CIF a los productos, desde el consumo de insumos hasta la agregación de los gastos administrativos.

Se puede concluir que el actual director contador se encuentra en una posición positiva y optimista frente a la utilización de nuevos mecanismos para la gestión de los costos de producción que ayude a agilizar, calcular, generar estrategias y tomar decisiones más precisas con respecto a

la medición de las variaciones en el costo del producto terminado en cuanto a la utilización de insumos y gastos cuando fluctúen los precios y las cantidades de producción según las ordenes de producción generadas en un periodo de tiempo.

8 Diseño del sistema de costos

8.1 Elección del sistema de costeo

Para llevar a cabo la elección del sistema de costos se realizará un análisis multicriterio, siendo este un método efectivo para encontrar el sistema de costos que más se ajusta a las características y requerimientos de la empresa. Basado en el sistema multicriterio se evaluarán tres alternativas que pueden llegar a ajustarse a las necesidades de la empresa.

8.1.1 Análisis de alternativas

Se tienen en cuenta para la evaluación de la matriz multicriterio, el costeo por órdenes de producción y el costeo por proceso, que corresponden a los sistemas de costeos por proceso productivo. Además de estas dos alternativas se incluye el sistema de costeo por actividades ABC, dado que para los requerimientos de la empresa y la naturaleza de la producción puede ser una alternativa importante para la elección del sistema de costeo.

8.1.2 Identificación de criterios de decisión

En la tabla 18 se exponen los criterios que se han considerado necesarios para la correcta evaluación y elección del sistema de costos. Estos sirven para medir y evaluar cada una de las alternativas presentadas; por sugerencia de la administración se le otorgó peso en porcentaje con base en los requerimientos de la empresa.

Tabla 18

Lista de criterios

Criterios Establecidos	Peso
El sistema debe permitir conocer el costo de cada producto	20%
El sistema debe soportar la toma de decisiones estratégicas de la empresa	10%
El sistema debe ser congruente con la forma de operación de la empresa	10%
El sistema debe ser sencillo en su aplicación	10%
El sistema debe ser capaz de desglosar los elementos del costo del producto	10%
El sistema debe facilitar la asignación de los CIF	20%
El sistema debe ser capaz de separar los costos en procesos y actividades	10%

Continuación tabla 18

El sistema debe ser capaz de cambiar sus parámetros de forma sencilla	5%
El sistema debe permitir la integración con los sistemas de información de la empresa	5%

8.1.3 Selección de la alternativa

Se realiza la calificación de las alternativas con respecto a los criterios descritos, valorando con una escala de 1 a 5 (donde 1 no cumple con el criterio y 5 cumple con el criterio a cabalidad) la aplicabilidad según cada una de las alternativas de sistemas de costos; la tabla 19 muestra los resultados de la matriz de decisión.

Tabla 19*Matriz de criterio de decisión.*

Criterios Establecidos	Peso	Por procesos	Ordenes de Producción	Costos ABC
El sistema debe permitir conocer el costo de cada producto	20%	5	5	5
El sistema debe soportar la toma de decisiones estratégicas de la empresa	10%	4	4	5
El sistema debe ser congruente con la forma de operación de la empresa	10%	1	5	5
El sistema debe ser sencillo en su aplicación	10%	4	4	2
El sistema debe ser capaz de desglosar los elementos del costo del producto	10%	4	5	4
El sistema debe facilitar la asignación de los CIF	20%	3	3	5
El sistema debe ser capaz de separar los costos en procesos y actividades	10%	1	5	5
El sistema debe ser capaz de cambiar sus parámetros de forma sencilla	5%	4	3	4
El sistema debe permitir la integración con los sistemas de información de la empresa	5%	3	3	4
	100%	3,35	4,2	4,5

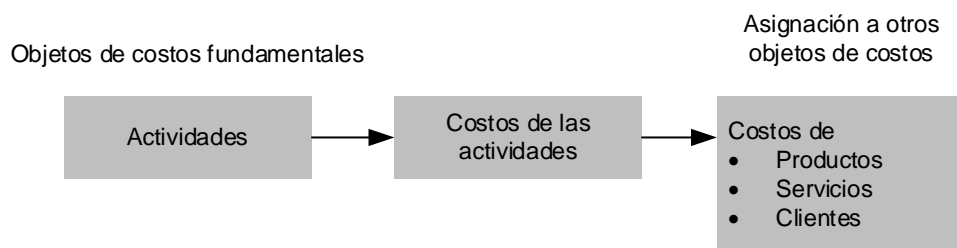
De acuerdo con los resultados de la matriz, el sistema de costos que mejor se adecua a los requerimientos de la empresa es el sistema de costos por actividades o costos ABC. Este resultado concuerda con el análisis del proceso productivo de la empresa, ya que, establece que los productos consumen actividades y estas a su vez consumen recursos.

8.1.4 Metodología del sistema seleccionado

La metodología para la implementación del costeo basado en actividades esta basada en los lineamientos explicados en *Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial* (p.146-), por C.T. Horngren et al., 2012, Pearson. Horngren (2012) afirma que “el costeo basado en actividades es una de las mejores herramientas para el mejoramiento de un sistema de costeo” y “los sistemas ABC identifican las actividades de todas las funciones de la cadena de valor, calculan los costos de las actividades individuales y asignan los costos a los objetos de costos”. (Ver figura 25).

Figura 25

Secuencia del costo basado en actividades



Nota. Tomado de *Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial* (p.146), por C.T. Horngren et al., 2012, Pearson.

7.1.4.1 Lineamientos para la implementación del sistema de costeo. Existen tres lineamientos principales para el mejoramiento de un sistema de costeo, esto se describe en la tabla 20.

Tabla 20

Lineamientos para la implementación de un sistema de costeo

Lineamiento	Descripción
Atribución de los costos directos	Se trata de identificar tantos costos directos como sea posible, su finalidad es reducir la cantidad de costos clasificados como indirectos.
Grupos comunes de costos indirectos	Encontrar grupos homogéneos de costos indirectos con respecto a un solo generador de costos que se usa como base de aplicación del costo.

Continuación tabla 20

Base de aplicación de los costos	Siempre que sea posible se debe usar el generador de costo (causa de los costos indirectos) como la base de asignación del costo para cada grupo común de costos indirectos homogéneos (efecto).
----------------------------------	---

7.1.4.2 Jerarquía de costos. Clasifica los diversos grupos comunes de costos al tomar como base los diferentes tipos de generadores de costos. Los sistemas ABC, por lo general, usan una jerarquía de costos de cuatro niveles que se describe en la tabla 21.

Tabla 21*Jerarquía de Costos*

Jerarquía	Descripción
Costos a nivel de unidades de producción	Son aquellos costos que se ejecutan sobre cada unidad individual de un producto o servicio. Dentro de estos costos se encuentra los costos de la energía, la depreciación y las reparaciones de maquinaria.
Costos a nivel de lote	Son aquellos costos relacionados con un grupo de unidades de un producto o servicio.
Costos de mantenimiento del producto	Son aquellos costos que se realizan para dar apoyo a productos o servicios individuales, indistintamente del número de unidades o lotes en los cuales se producen dichas unidades.
Costos de mantenimiento de las instalaciones	Son aquellos costos que no se pueden atribuir a productos o servicios individuales, pero que apoyan a la organización en su conjunto.

7.1.4.3 Implementación del sistema de costos ABC. Para aplicar el sistema de costeo ABC en Formadcol, se toma como guía el enfoque de siete pasos; Horngren (2012):

1. Identificar los productos que sean los objetos de costos elegidos.
2. Identificar los costos directos de los productos.
3. Seleccionar las actividades y las bases de aplicación de los costos que se deberán usar para asignar los costos indirectos a los productos.

4. Identificar los costos indirectos asociados con cada base de aplicación de los costos.
5. Calcular la tasa por unidad de cada base de aplicación de costos.
6. Calcular los costos indirectos asignados a los productos.
7. Calcular el costo total de los productos mediante la adición de todos los costos directos e indirectos asignados a los productos.

8.2 Desarrollo del sistema de costeo

Una vez seleccionado el sistema de costeo a implementar en Formadcol, se procede a realizar el diseño mediante la metodología planteada en el numeral 7.1.4.

8.2.1 Identificación de los objetos de costos

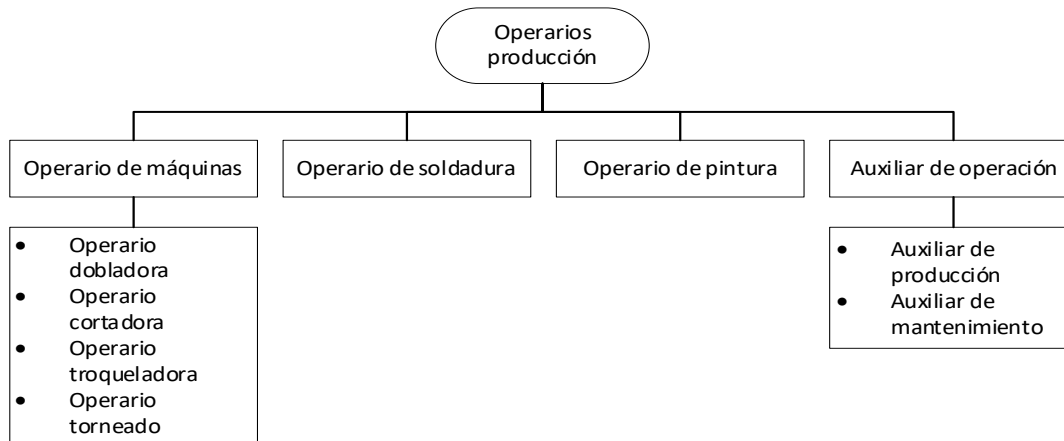
Los objetos del costo a ser evaluados por el sistema serán todos los productos que se producen en los procesos de fabricación y mantenimiento de Formadcol. Estos productos se pueden encontrar mencionados en el numeral 6.1.

8.2.2 Identificación de los costos directos de los productos

Se identificó en el proceso productivo de Formadcol como costos directos la mano de obra directa y la materia prima directa.

7.2.2.1 Materia prima directa. El detalle de la materia prima directa de los productos seleccionados para la prueba piloto del sistema se encuentra en el numeral 7.3.

7.2.2.2 Mano de obra directa. Para el cálculo de la mano de obra directa que intervienen en las actividades se analizaron los puestos que son ocupados en el proceso de producción, (ver figura 26). La tabla 22 muestra cómo se agruparon los diferentes operarios de la planta en estos puestos de trabajo y se promedió su salario mensual, esto debido a que algunos operarios reciben un salario más alto por antigüedad. Así mismo, se realizaron los cálculos para hallar el tiempo productivo real de un operario, con el cual se estableció, la base de asignación de minutos mensuales de producción.

Figura 26*Posiciones del personal directo de producción*

Para realizar los cálculos se tomó en cuenta lo siguiente:

- La operación normal en planta de lunes a viernes es de 7 a.m. a 5 p.m. y los días sábado de 7 a.m. a 10:00 a.m.
- Durante la operación semanal se tienen 2 horas diarias no productivas que corresponden a 1 hora de almuerzo, 30 minutos de descanso y 30 minutos de pausas activas. La operación del sábado tiene 30 minutos no productivos que corresponde a un descanso de 15 minutos y una pausa activa de 15 minutos.
- Para el cálculo no se tuvo en cuenta los días festivos ni los domingos por lo que se restaron de los días laborales anuales.
- Para el cálculo de las hora-año se tomó como base los 5 días de la semana multiplicado por las 8 horas productivas diariamente y el sábado multiplicado por 2.5 horas.

Los cálculos que se realizaron se muestran a continuación dando como base de asignación 10170 minutos productivos mensuales por hombre. Se aclara que las actividades de aserrado y rolado poseen una base de asignación o driver distinto, puesto que no se mide en cantidad del tiempo usado sino en cantidad de las unidades que pasan por dicha actividad. La planta opera a su máxima capacidad y la asignación de la tasa por actividad se realiza en el numeral 7.2.5.

$$\text{Días ordinarios disponibles por año} = 360 - (52 * 2) - 18 = 238 \quad (8)$$

$$\text{Horas disponibles año} = (238 \text{ días} * 8 \text{ h. o.} + 52 \text{ días} * 2.5 \text{ h. s.}) * 1 \text{ año} = 2034 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \quad (9)$$

$$\text{Minutos disponibles mensuales} = 2034 \frac{\text{horas}}{\text{año}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 10170 \frac{\text{min}}{\text{mes}} \quad (10)$$

Tabla 22*Salario promedio por puesto de producción*

Ocupación	Cant. Operario	Promedio	Total
Auxiliar De Mantenimiento	67	\$ 1.555.638,82	\$ 104.227.800,67
Auxiliar De Producción	9	\$ 1.691.622,83	\$ 15.224.605,47
Operario Cortadora	1	\$ 2.415.647,54	\$ 2.415.647,54
Operario Dobladora	1	\$ 2.420.168,04	\$ 2.420.168,04
Operario Maquinas	1	\$ 1.782.777,54	\$ 1.782.777,54
Operario Torno	1	\$ 2.340.305,87	\$ 2.340.305,87
Operario Troqueladora	1	\$ 2.257.430,04	\$ 2.257.430,04
Pintor	1	\$ 1.960.583,87	\$ 1.960.583,87
Soldador	15	\$ 1.951.412,77	\$ 29.271.191,54
Total, general	97	\$ 1.669.077,43	\$ 161.900.510,59

Las tablas de datos para la asignación de mano de obra directa e indirecta incluyendo nomina administrativa se pueden encontrar en el apéndice K.

8.2.3 Selección de actividades

Siguiendo la jerarquía de costos se identificaron las siguientes actividades mediante el análisis se los diagramas de operaciones y el diagrama de flujo de suministro (ver figura 13).

Tabla 23*Actividades por centro de costo*

Centro de costo	Actividad	Jerarquía	Clasificación
Fabricación	Corte	Unidad	Principal
Fabricación	Aserrar	Unidad	Principal
Fabricación	Recorte	Unidad	Principal
Fabricación	Corte por plasma	Unidad	Principal
Fabricación	Doblado	Unidad	Principal
Fabricación	Mecanizado	Unidad	Principal
Fabricación	Troquelado	Unidad	Principal
Fabricación	Fresar	Unidad	Principal
Fabricación	Perforar	Unidad	Principal
Fabricación	Ensamble	Unidad	Principal

Continuación tabla 23

Fabricación	Resolde	Unidad	Principal
Fabricación	Pulir	Unidad	Principal
Fabricación	Engrase	Unidad	Principal
Fabricación	Destijere	Unidad	Principal
Fabricación	Rolar encofrado	Unidad	Principal
Fabricación	Limpieza	Unidad	Principal
Fabricación	Pintura	Unidad	Principal
Mantenimiento	Verificación encofrado	Unidad	Principal
Mantenimiento	Remoción de concreto	Unidad	Principal
Mantenimiento	Enderezar laterales	Unidad	Principal
Mantenimiento	Taladrado de remoción	Unidad	Principal
Mantenimiento	Trozado	Unidad	Principal
Mantenimiento	Lijado	Unidad	Principal
Soporte y administración	Sandblasting	Lote	Auxiliar
	Transporte	Lote	Auxiliar
	Administración	M. Instalaciones	Principal
	Inventarios	M. Instalaciones	Auxiliar

En la tabla 23 se puede observar el desglose de actividades separadas por proceso. Si bien la organización por centros de costos permite identificar las actividades asociadas a dicho centro, se hace necesario realizar una separación de actividades por proceso productivo, dado que fabricación y mantenimiento comparten algunas actividades.

A continuación, se muestra la organización de las actividades por proceso productivo (ver figura 27), como se puede observar ambos procesos comparten las actividades de soporte a excepción de sandblasting que solo ocurre en mantenimiento. Para asignar los costos presupuestados de las actividades de soporte se hizo necesario asignar un porcentaje de participación por proceso con base en los m² producidos por cada uno.

Figura 27*Lista de actividades por proceso*

Proceso de Fabricación	Proceso de Mantenimiento
<i>Ingeniería</i>	<i>Ingeniería</i>
<i>Corte</i>	<i>Verificación encofrado</i>
<i>Aserrar</i>	<i>Remoción de concreto</i>
<i>Recorte</i>	<i>Enderezar lateral</i>
<i>Corte por plasma</i>	<i>Taladrado de remoción</i>
<i>Doblado</i>	<i>Tronzado</i>
<i>Mecanizado</i>	<i>Lijado</i>
<i>Troquelado</i>	<i>Mecanizado</i>
<i>Fresar</i>	<i>Resolde</i>
<i>Perforar</i>	<i>Pintura</i>
<i>Ensamble</i>	<i>Sandblasting</i>
<i>Resolde</i>	<i>Transporte</i>
<i>Pulir</i>	<i>Inventarios</i>
<i>Engrase</i>	<i>Administración</i>
<i>Destijere</i>	
<i>Rolar encofrado</i>	
<i>Limpieza</i>	
<i>Pintura</i>	
<i>Transporte</i>	
<i>Inventarios</i>	
<i>Administración</i>	

8.2.4 Selección de bases de asignación.

Las bases de asignación en el sistema de costeo ABC reciben el nombre de drivers o inductores del costo. Según la metodología adoptada se requieren drivers para los procesos, drivers para las actividades y drivers para el producto.

7.2.4.1 Drivers para los procesos. El criterio de asignación para distribuir los costos de soporte a los procesos serán los metros cuadrados (m²) de encofrado metálico que se producen al mes. Estos costos irán directamente a las actividades del centro de costos de soporte y administración.

7.2.4.2 Drivers para las actividades. Se establece un criterio de asignación directa enfocado en el control del uso de las maquinas en el apartado de electricidad, siendo este los minutos-máquina (min-maq) requerido en ciertas actividades y la mano de obra directa que se emplea para realizar dicha actividad expresada en minutos productivos por mes (min/mes). Adicionalmente, se establece un criterio de asignación indirecta relacionado con el tiempo productivo promedio que posee un empleado en un mes (min/mes), esto con el fin de asignar una proporción equitativa de

los costos que son difícilmente rastreables, o de aquellos que se tiene un valor global y se quiere que la actividad adquiera una parte de dicho valor, por último, se establece un criterio de asignación indirecta por unidades producidas por mes (ud. /mes) para aquellas actividades en las que se conoce su producción mensual.

7.2.4.3 Drivers para el producto. La materia prima directa se asigna de acuerdo con el costo identificable de esta (\$/kg) con cada unidad de producto.

Tabla 24

Base de asignación de drivers

Lineamiento	Driver	Clase	Descripción
Proceso	m ²	Indirecto	Se establece a los procesos por m ² producido por cada unidad de producción, se asignan a las actividades de soporte. (Ver numeral 7.2.5.2)
Actividad	min-maq	Directo	El costo de la electricidad usado por minuto en cada máquina de producción (Ver numeral 7.2.5.1.3)
Actividad	min/mes	Directo	El costo de mano de obra directo implementado en la actividad (Ver numeral 7.2.6.1)
Actividad	min/mes	Indirecto	Tiempo de producción disponible del operario asignado a las actividades en las que no interviene maquinaria, estas son: engrasar, limpiar, remover concreto y verificar encofrado.
Actividad	Min-maq	Indirecto	Tiempo de producción disponible de maquinaria asignado a las siguientes actividades: cortar, cortar en plasma, doblar, enderezar laterales, ensamblar, fresar, lijar, limpiar, mecanizar, perforar, pintar, pulir, recorte, Resoldar, taladrar, tronzar y troquelar.
Actividad	Ud./mes	Indirecto	Asigna el costo indirecto de fabricación que tiene el producir una unidad en dicha actividad. Las actividades con este driver son aserrar y rolar encofrado.
Producto	\$/kg	Directo	Materia prima requerida por cada producto en particular. (Ver numeral 7.3)

8.2.5 *Identificación de costos indirectos asociados a actividades*

Se identificaron como costos indirectos de fabricación los siguientes elementos:

- Materia prima indirecta
- Mano de obra indirecta
- Consumo eléctrico de las maquinas
- Depreciación de maquinaria y equipo
- Arriendo de planta
- Mantenimiento de equipos

Estos costos indirectos están aplicados a la gran mayoría de actividades, sin embargo, las actividades que pertenecen al centro de soporte poseen elementos que difieren de la organización normal de los CIF para las actividades.

Así mismo, las actividades de soporte se asignarán de forma equitativa entre las actividades de fabricación y de mantenimiento con base en los 7000 m² de encofrado metálico producidos mensualmente. Además, la actividad de administración que no pertenece al proceso productivo, por solicitud de la empresa se incluye dentro del sistema con la finalidad de realizar un análisis sobre cómo influyen en el precio de venta los gastos administrativos.

7.2.5.1 Asignación de costos indirectos de las actividades de producción y mantenimiento.

Dado que Formadcol no conoce los costos indirectos asociados a su fabricación, se realizó un análisis sobre cómo influyen y recaen los costos identificados en cada actividad seleccionada.

7.2.5.1.1 Materia prima indirecta. Para el análisis de la materia prima indirecta se tomó en cuenta todos los materiales indirectos usados. Dado que algunas actividades hacen uso de los mismos materiales esto dificulta el poder identificar la cantidad que se usa en cada actividad, debido a la complejidad del sistema productivo se decidió agrupar todos los materiales indirectos y distribuirlos uniformemente entre las actividades que hacen un uso similar de los mismos. La tabla 25 muestra los materiales indirectos encontrados dentro del proceso productivo, el presupuesto mensual se halló al analizar las órdenes de compra mensuales de estos elementos y realizar un promedio del presupuesto.

Tabla 25*Materiales indirectos*

Material	Presupuesto mensual	
Aceites	\$	137.830
Brocas	\$	26.200
Estopa	\$	218.500
Grasa	\$	8.500
Utensilios	\$	63.000

7.2.5.1.2 Mano de obra indirecta. En la asignación de la mano de obra indirecta se identificaron 10 posiciones que intervienen de forma indirecta en todo el proceso de fabricación. La tabla 26 muestra el total de MOI con el presupuesto a asignar a las diferentes actividades.

Para la asignación del presupuesto mensual a las actividades, se estableció que aquellos que pertenecen a la unidad de producción se dividen entre todas las actividades, los cargos que solo están en la unidad de fabricación se dividen en las actividades de fabricación y lo mismo para la unidad de mantenimiento.

Tabla 26*Asignación del presupuesto de la mano de obra indirecta*

Nombre	Unidad	Cargo	Total
Marlon Torres	Producción	Vigilante	\$ 2.771.104
Samuel Flórez	Producción	Almacenista	\$ 2.266.471
Víctor Landazábal	Fabricación	Jefe de producción	\$ 4.821.867
Adriana Pedraza Mendoza	Producción	Coordinador S.G.S.S.T.	\$ 4.520.500
Gabriel González	Producción	Director planta	\$ 6.027.333
Miguel Jerez Acuña	Mantenimiento	Andamios De Carga	\$ 2.659.251
Jorge Gómez	Producción	Asesor Técnico	\$ 2.422.197
Alonso Calderón	Producción	Asesor Técnico	\$ 2.473.791
Jesús Enrique Noriega	Producción	Jefe De Despachos	\$ 3.865.946
Robinson Puertas	Producción	Jefe De Mantenimiento	\$ 2.912.573
Ángel Rincón	Mantenimiento	Supervisor Mantenimiento	\$ 2.912.573

7.2.5.1.3 Electricidad de maquinaria. Para las actividades que hacen uso de maquinaria se halló el costo presupuestado por minuto de uso de las maquinas, esto con el fin de asignar el costo de electricidad de forma directa a cada una(ver tabla 27). Sin embargo, la planta posee un consumo energético con respecto a sus operaciones que no dependen de la maquinaria usada, ya que las oficinas administrativas poseen consumo eléctrico, por esto, se asignó a la actividad de administración un valor adicional de consumo eléctrico basado en el análisis histórico del pago de electricidad por parte de la empresa. Esto con el fin de que el consumo energético que se cargue el producto sea el real.

Para la maquinaria se halló la potencia eléctrica de cada una mediante su ficha técnica, asignando el driver min-maq de forma directa para el cálculo del costo por consumo eléctrico (ver ecuación 11).

$$Costo_{maq} \left[\frac{\$}{\text{min}} \right] = P[kW] * Costo_{elec} \left[\frac{\$}{kWh} \right] * \frac{1}{60} \left[\frac{h}{\text{min}} \right] \quad (11)$$

Al tener en cuenta que el costo por kWh ofrecido por la ESSA es de COP 530.38, se resumieron los resultados del costo eléctrico de cada máquina en la tabla 27. Cabe aclarar que para aquellas actividades que poseen dos o más máquinas, su costo por consumo eléctrico se promedió para la asignación del driver directo, esto dado que es difícil determinar la proporción de tiempo en que se usan las distintas máquinas. Este promedio no afecta el resultado final del costo del producto.

Tabla 27

Costo eléctrico por minuto de electricidad en maquinaria

Nombre	Actividad	Potencia	Costo
Cizalla mecánica barras alba crm35 s/m 70834	Aserrar	0,60 kW	\$ 5,30
Sierra sinfín sj-916 Everising	Aserrar	0,35 kW	\$ 3,09
Cizalla hidráulica Ermak hgs 2600-6	Corte	11,00 kW	\$ 97,24
Cizalla hidráulica Ermak hgs 3100 x 6	Corte	15,00 kW	\$ 132,60
Plegadora hidráulica Ermak ap 2600x80 sr	Doblado	7,50 kW	\$ 66,30
Soldador electrodo /Lincoln	Ensamble	7,00 kW	\$ 61,88
Taladro fresador modrill	Fresado	1,12 kW	\$ 9,90
Torno paralelo Winston 1640	Mecanizado	5,59 kW	\$ 49,41
Torno revolver cosen lht-42 s/n 940557	Mecanizado	7,46 kW	\$ 65,94
Torno paralelo imoturn jumbo 40b/1000	Mecanizado	5,59 kW	\$ 49,41
Torno leadwell y accesorios	Mecanizado	7,46 kW	\$ 65,94

Continuación tabla 27

Maquina corte cnc portátil Steel Taylor	Mecanizado	15,00 kW	\$ 132,60
Rectificadora hidráulica Yunnan	Mecanizado	5,60 kW	\$ 49,50
Equipo airless titán ref. 850 (maquina pintar)	Pintura	0,85 kW	\$ 7,51
Pulidora de 9" makita	Pulido	0,80 kW	\$ 7,07
Taladro dh 38yi	Punzonado	1,12 kW	\$ 9,90
Cizalla punzadora	Recorte	2,20 kW	\$ 19,45
Cizalla hidráulica punzonado geka hydracrop	Recorte	9,00 kW	\$ 79,56
Equipo de soldadura (1)	Resoldado	7,00 kW	\$ 61,88
Roladora 1.20 cms.	Rolado	7,50 kW	\$ 66,30
Tronzadora 14" makita	Tronzado	2,20 kW	\$ 19,45
Troqueladora Ariza 45 toneladas	Troquelado	10,20 kW	\$ 90,16

7.2.5.1.4 Depreciación de maquinaria y equipo. Para la asignación de la depreciación se solicitó la base de datos de los activos fijos que posee la empresa, (ver apéndice J), y se realizaron los cálculos de asignación del presupuesto de depreciación que carga a cada actividad.

El método de depreciación que se utilizó es el de línea recta (ver ecuación 12), cabe resaltar que actualmente no todos los activos de la empresa se están depreciando, puesto que algunos ya cumplieron con su ciclo de depreciación.

$$Dep_{men} \left[\frac{\$}{mes} \right] = \frac{Costo_{his}}{12 * \# \text{ Años}} \left[\frac{\$}{mes} \right] \quad (12)$$

7.2.5.1.5 Arriendo de planta. Para la asignación del arriendo a cada actividad se tomó el área que ocupa la actividad sobre el total de la planta. No obstante, la planta posee zonas (pasillos, baños, oficina producción) que no son ocupadas por actividad en particular, por lo cual el costo presupuestado de arrendamiento del área restante de la planta de producción se asignó equitativamente a todas las actividades involucradas en el proceso de producción.

Para hallar el área de producción que no pertenece a ninguna actividad se realizó la siguiente fórmula:

$$area_p [m^2] = area_{planta} - area_{admon} - area_{inv} - area_{act} \quad (13)$$

$$donde \text{ area}_{act} = \sum_{i=1}^n a_{act_i} \quad (14)$$

Según la tabla 28 el área a asignar a todas las actividades es de 1 964 m² ;dando como resultado que el área a asignar por actividad es $= \frac{1964}{23} = 89.39 \text{ m}^2$.

Tabla 28*Área de cada unidad en la planta*

Detalle	Área en m ²	Costo total
Área Planta	6.200 m ²	\$ 6.200.000
Área Producción	1.964 m ²	\$ 1.964.000
Área Inventarios	3.030 m ²	\$ 3.030.000
Área Actividades	956 m ²	\$ 956.000
Área Administración	250 m ²	\$ 250.000

7.2.5.1.6 Mantenimiento de maquinaria. Este costo se tomó del presupuesto anual que posee la empresa para el correcto mantenimiento de la maquinaria, debido a que las maquinas requieren un mantenimiento periódico se asignó de forma equitativa en las actividades que utilizan maquinaria.

7.2.5.2 Asignación de costos indirectos a las actividades de soporte. Formadcol desea conocer el porcentaje de los costos de las actividades de soporte en sus dos procesos productivos, para lo cual se tomó como base de asignación los m² promedio mensuales de encofrado metálico que produce la empresa en sus dos unidades de negocio para establecer el porcentaje a absorber por cada uno. Según información del área de producción se producen en promedio 1000 m² en fabricación y 6000 m² en mantenimiento, sin embargo, se decide realizar una prueba de hipótesis para verificar que la información suministrada sea la correcta, (ver tabla 29).

Tabla 29*Información estadística de cantidad de m² por mes de producción*

Información	Fabricación	Mantenimiento
Promedio	5996,09 m ²	923,32 m ²
Desviación estándar	1748,31 m ²	447,73 m ²
Valor Mínimo	2975,40 m ²	114,46 m ²
Valor Máximo	8982,11 m ²	1790,86 m ²
Coefficiente de variación	29,16%	48,49%

Primero se evaluó que los datos suministrados del promedio de producción de m² mensual de ambas unidades productivas siguieran una distribución normal, se realiza una prueba de bondad de ajuste siguiendo la siguiente hipótesis:

H_0 : El conjunto de datos de fabricación y mantenimiento en m² proviene de una población con distribución normal.

H_A : El conjunto de datos de fabricación y mantenimiento en m² no proviene de una población con distribución normal.

Criterio de decisión: Se rechaza la hipótesis Nula si el valor obtenido de la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado (porcentaje de confianza del 95%) para alguna de las dos poblaciones, es superior al Valor Crítico establecido para dicha prueba.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para ambas pruebas (tabla 30 y tabla 31):

Tabla 30

Prueba de bondad de ajuste para el mantenimiento de formaletas

LIF	LSC	FO	FRO	FE	((O-E) ² /E)
2975,40	3976,52	3	0.1304	1,88598725	0,65802375
3976,52	4977,63	5	0.2175	3,59006284	0,55372924
4977,63	5978,75	4	0.1739	4,96664206	0,18813453
5978,75	6979,87	4	0.1739	4,99415276	0,19789938
6979,87	7980,99	3	0.1304	3,65005686	0,11577187
7980,99	8982,11	4	0.1739	1,93881784	2,19126924
Observado					3,904
Crítico					7,815

Tabla 31

Prueba de bondad de ajuste para la fabricación de formaletas

LIF	LSC	FO	Esperado	((O-E) ²)
114,46	393,86	4	0.1739	1,91091968
393,86	673,26	2	0.0869	3,90432714
673,26	952,66	7	0.3043	5,47100950
952,66	1232,06	3	0.1304	5,25867957
1232,06	1511,46	4	0.1739	3,46709366
1511,46	1790,86	3	0.1304	1,56764415
Observado				6,001
Crítico				7,815

Conclusión: Debido a que, para ambos conjuntos de datos, el valor obtenido en la prueba Chi Cuadrado es menor a su valor crítico correspondiente. No existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo que ambos conjuntos de datos proceden de una distribución normal.

De esta forma se desea saber si es posible soportar que la producción mensual en el proceso de fabricación es de 1000 m² de encofrado metálico, por lo cual se presenta la siguiente hipótesis.

H_o : El proceso de fabricación posee una media de 1000 m² de producción mensual.

H_A : El proceso de fabricación no posee una media de 1000 m² de producción mensual.

Criterio de Decisión: Se rechaza la hipótesis nula si el estadístico obtenido está por fuera del rango de estadísticos de prueba, a un intervalo de confianza del 95%

Al hallar el estadístico de prueba se tiene que

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (15)$$

Donde

$$z = \frac{923,3 - 1000}{\frac{447,7}{\sqrt{23}}} = -0,8213$$

Conclusión: Debido a que el estadístico de prueba se encuentra dentro del rango de aceptación ($-1,96 \leq z \leq 1,96$), no se rechaza la hipótesis nula confirmando que el proceso de fabricación posee una media de producción de 1000 m² mensuales (ver figura 28).

Ahora se desea saber si es posible soportar que la producción mensual en el proceso de mantenimiento es de 6000 m² de encofrado metálico, por lo cual se presenta la siguiente hipótesis.

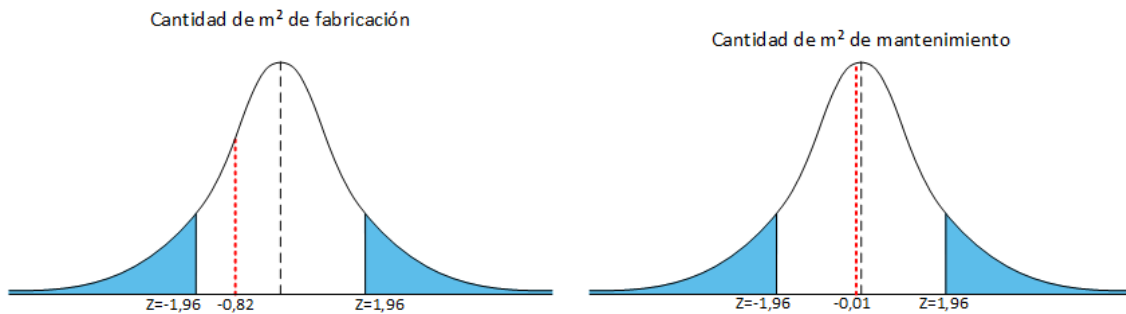
H_o : El proceso de fabricación posee una media de 6000 m² de producción mensual.

H_A : El proceso de fabricación no posee una media de 6000 m² de producción mensual.

Criterio de Decisión: Se rechaza la hipótesis nula si el estadístico obtenido está por fuera del rango de estadísticos de prueba, a un intervalo de confianza del 95%

$$z = \frac{5996,1 - 1000}{\frac{1748,31}{\sqrt{23}}} = -0,0107$$

Conclusión: Debido a que el estadístico de prueba se encuentra dentro del rango de aceptación ($-1,96 \leq z \leq 1,96$), no se rechaza la hipótesis nula confirmando que el proceso de mantenimiento posee una media de producción de 6000 m² mensuales (ver figura 28).

Figura 28*Representación gráfica de la prueba de hipótesis*

Una vez analizada la información anterior se concluye que efectivamente el promedio de producción de los procesos de fabricación y mantenimiento es de 1000 m² y 6000 m² respectivamente. La tabla 32 refleja la proporción de m² de encofrado metálico producidos en promedio en cada unidad, dando como resultado que tan solo el 14,29% de la producción pertenece al proceso de fabricación y el restante 85,71% al de mantenimiento. El apéndice L muestra los cálculos realizados en la prueba de hipótesis.

Tabla 32*Porcentaje de participación por unidad en la producción promedio de m² de encofrado*

Unidad	Promedio mensual	% Participación
Fabricación	1000 m ²	14,29%
Mantenimiento	6000 m ²	85,71%
Total	7000 m²	100,00%

La tabla 33 muestra los costos presupuestados de las actividades de soporte mencionadas a continuación:

1. **Costos indirectos de la actividad de transporte.** Esta actividad consiste en el transporte interno a través de los montacargas de los diferentes productos en proceso; el transporte logístico hasta el cliente no se toma en cuenta debido a que la administración manifestó que esta unidad se maneja de forma distinta a los procesos de la empresa, por lo cual se asignó al área de administración como un gasto. Los costos presupuestados de esta actividad son: el salario de los operarios de montacargas, el gasto en gasolina y la depreciación de los montacargas. El presupuesto total se distribuirá de acuerdo con el porcentaje de participación en la producción en m². (ver tabla 32).

2. **Costos indirectos de la actividad de sandblasting.** Esta actividad consiste en la limpieza del encofrado metálico por presión de arena, el costo de esta actividad incide únicamente en el proceso de mantenimiento. Dado que la identificación de los costos individuales de esta actividad es compleja y que es una actividad auxiliar de la que se puede prescindir en el área de mantenimiento, se toma el total del presupuesto asignado a dicha área y se asigna a la actividad de remoción de concreto.
3. **Costos indirectos de la actividad de administración.** En esta se definieron que los elementos del costo en que se incurre son aquellos que sirven como apoyo administrativo a todas las operaciones de la empresa, es así como se asigna el salario de los administrativos, los gastos de energía general no involucrados con la planta de producción, el gasto de arrendamiento de la oficina administrativa, los servicios públicos, el costo logístico y la amortización de los activos de la empresa. Esta actividad se utiliza para análisis financiero por parte de los directivos de la empresa, sin embargo, se asume como un gasto a distribuir entre los diferentes productos y su asignación se realiza en torno al porcentaje de m² de cada unidad productiva.
4. **Costos indirectos de la actividad de inventarios.** En esta actividad se gestiona el inventario que existe en la actualidad por parte de la empresa, los costos presupuestados son: el arrendamiento de la bodega y el salario de los encargados de dicha gestión. Este coste se distribuirá de acuerdo con el porcentaje de participación en la producción de m² mostrada en la tabla 32.

Tabla 33*Costo presupuestado total de las actividades de soporte*

Actividad	Presupuesto	Fabricación	Mantenimiento
Administración	\$ 175.398.456,29	\$ 25.056.922,33	\$ 150.341.533,96
Transporte	\$ 19.485.941,51	\$ 2.783.705,93	\$ 16.702.235,58
Sandblasting	\$ 14.987.530,64	\$ 0,00	\$ 14.987.530,64
Inventarios	\$ 9.219.145,62	\$ 1.317.020,80	\$ 7.902.124,82

8.2.6 Cálculo de la tasa por unidad de cada base de aplicación

7.2.6.1 Mano de obra directa. La tasa de asignación de la mano de obra directa se halló al tomar el presupuesto promedio por empleados de cada actividad y dividirlo entre el driver asignado respectivamente (ver tabla 34). La base de aplicación fue hallada en el numeral 7.2.2.2.

Tabla 34

Tasa de asignación de la MOD

Actividad	Driver	Presupuesto	Tasa asignación
Aserrar	2.430 ud./mes	\$ 1.691.622,83	\$ 696,14 ud.
Cortar en plasma	10.170 min/mes	\$ 1.782.777,54	\$ 175,30 min
Corte	10.170 min/mes	\$ 2.415.647,54	\$ 237,53 min
Destijerar	10.170 min/mes	\$ 1.691.622,83	\$ 166,33 min
Doblar	10.170 min/mes	\$ 2.420.168,04	\$ 237,97 min
Enderezar Laterales	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Engrasar	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Ensamblar	10.170 min/mes	\$ 1.951.412,77	\$ 191,88 min
Fresar	10.170 min/mes	\$ 1.691.622,83	\$ 166,33 min
Lijar	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Limpiar	10.170 min/mes	\$ 1.691.622,83	\$ 166,33 min
Mecanizar	10.170 min/mes	\$ 2.340.305,87	\$ 230,12 min
Perforar	10.170 min/mes	\$ 1.691.622,83	\$ 166,33 min
Pintar	10.170 min/mes	\$ 3.652.206,70	\$ 359,12 min
Pulir	10.170 min/mes	\$ 1.951.412,77	\$ 191,88 min
Recorte	10.170 min/mes	\$ 1.691.622,83	\$ 166,33 min
Remover concreto	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Resoldar	10.170 min/mes	\$ 1.951.412,77	\$ 191,88 min
Rolar encofrado	2.200 ud./mes	\$ 1.691.622,83	\$ 768,92 ud.
Taladrar para remoción	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Tronzar	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min
Troquelar	10.170 min/mes	\$ 2.257.430,04	\$ 221,97 min
Verificar Encofrado	10.170 min/mes	\$ 1.555.638,82	\$ 152,96 min

7.2.6.2 Costos indirectos de fabricación. Para hallar la tasa de asignación se estableció un presupuesto con base en el análisis de los elementos que conforman los CIF para cada actividad (ver tabla 35). El detalle completo presupuestal se puede encontrar en el apéndice N.

Tabla 35

Tasa de asignación de CIF por actividad

Actividad	Base asignación	Presupuesto	Tasa asignación
Aserrar	2.430 ud./mes	\$ 2.341.939	\$ 901,52
Cortar en plasma	10.170 min-máq	\$ 2.008.599	\$ 243,50
Corte	10.170 min-máq	\$ 2.759.161	\$ 370,34
Destijerar	20.340 min/mes	\$ 2.711.800	\$ 125,39
Doblar	20.340 min-máq	\$ 3.378.337	\$ 224,45
Enderezar Laterales	10.170 min-máq	\$ 2.109.982	\$ 273,77
Engrasar	10.170 min/mes	\$ 1.476.693	\$ 145,20
Ensamblar	30.510 min-máq	\$ 3.231.578	\$ 162,50
Fresar	30.510 min-máq	\$ 2.882.901	\$ 99,10
Lijar	10.170 min-máq	\$ 2.112.532	\$ 214,79
Limpiar	20.340 min/mes	\$ 2.092.111	\$ 94,92
Mecanizar	20.340 min-máq	\$ 6.234.147	\$ 367,36
Perforar	20.340 min-máq	\$ 2.031.416	\$ 101,84
Pintar	20.340 min/mes	\$ 3.368.073	\$ 165,16
Pulir	20.340 min/mes	\$ 1.962.932	\$ 95,64
Recorte	10.170 min/mes	\$ 2.467.494	\$ 276,25
Remover concreto	406.800 min/mes	\$ 66.899.172	\$ 101,61
Resoldar	40.680 min-máq	\$ 2.358.678	\$ 115,89
Rolar encofrado	2.200 ud./mes	\$ 2.295.732	\$ 1.036,42
Taladrar para remoción	10.170 min-máq	\$ 1.580.681	\$ 174,87
Tronzar	10.170 min-máq	\$ 2.131.210	\$ 229,01
Troquelar	40.680 min-máq	\$ 3.995.741	\$ 184,42
Verificar Encofrado	10.170 min/mes	\$ 2.296.049	\$ 225,77

8.2.7 Cálculo de los costos indirectos asignados a los productos y el costo total.

A manera de muestra para este numeral en la figura 29 se muestra el costo de la formaleta estándar de 1,2 x 0,6 m bajo el sistema de costos ABC. El cálculo del costo de producción para los principales productos se encuentra en el numeral 8.2.

Figura 29

Costo de producción de formaleta de 1,20 x 0,6 m

Producto:	Formaleta 1,2 x 0,6 m				
Descripción de costos					
Costos directos	\$ 172.092,72				
Materia prima directa	\$ 155.174,64				
Mano de obra directa	\$ 16.918,08				
Costos indirectos	\$ 13.032,58				
CIF	\$ 13.032,58				
Total	\$ 185.125,30				
Actividad	Tasa MOD	Tasa CIF	Unidad	Costo MOD	Costo CIF
Corte	\$ 237,53	\$ 386,22	3,31 min	\$ 786,21	\$ 1.278,39
Destijerar	\$ 166,33	\$ 133,32	0,36 min	\$ 59,88	\$ 48,00
Doblar	\$ 237,97	\$ 232,39	2,31 min	\$ 549,71	\$ 536,82
Ensamblar	\$ 191,88	\$ 167,80	17,69 min	\$ 3.394,35	\$ 2.968,32
Limpiar	\$ 166,33	\$ 102,86	26,11 min	\$ 4.343,00	\$ 2.685,60
Pintar	\$ 359,12	\$ 173,10	0,74 min	\$ 265,75	\$ 128,10
Pulir	\$ 191,88	\$ 103,58	7,56 min	\$ 1.450,61	\$ 783,05
Recorte	\$ 166,33	\$ 292,13	0,51 min	\$ 84,83	\$ 148,98
Resoldar	\$ 191,88	\$ 119,86	25,13 min	\$ 4.821,93	\$ 3.012,06
Rolar encofrado	\$ 768,92	\$ 1.109,81	1 ud.	\$ 768,92	\$ 1.109,81
Troquelar	\$ 221,97	\$ 188,39	1,77 min	\$ 392,89	\$ 333,45

8.3 Asignación de la materia prima directa

En el cálculo de materia prima directa se identifican los insumos necesarios para la fabricación de cada elemento que conforman el producto. Se identificarán en unidades de kilogramo, metros cuadrados o metros lineales según el material. En la siguiente tabla (ver tabla 36) se presenta un resumen del consumo de materia prima para los 3 productos seleccionados.

Tabla 36

Consumo de materia prima de productos estándar

Material	Unidad	Formaleta 120*60 cm	Rinconera 120*10*10 cm	Paral 3 m
Lámina aceitada y decapada 2,5 mm	Kg	16,4	5,563	
Lámina aceitada y decapada 3,0 mm	Kg	5,52	3,26	
Lámina aceitada y decapada 2 mm	Kg	4,434		
varilla corrugada 8,5 mm	m	0,6		
soldadura	kg	1,7343		
pintura	gl/Ud.	0,1375	0,0413	

Continuación tabla 36

desengrasante	lt/Ud.	0,0215	0,0066
tubo 2"	m		1,5
tubo 1 1/2"	m		1,5
tuerca	1 Ud.		
soldadura 035	Kg		
varilla lisa 12 mm	m		0,54
platina 12 cm x 12 cm x 1/4"	Ud.		2
grasa	Kg/Ud.		0,025

Algunos materiales que conforman los productos no se procesan, es decir se compran y se sueldan al producto, como ocurre en los parales con la tuerca y las platinas-

En el desarrollo de la formulación del consumo de materia prima, se estructuraron algunos parámetros especiales para cada uno de los productos puesto que algunas referencias de un producto en particular poseen diferente cantidad de elementos.

8.3.1 Consumo de materia prima de formaleta

Se fijan parámetros para calcular y controlar la cantidad de los elementos que conforman la formaleta. En donde X será el alto de la formaleta entre 5cm y 120 cm; donde Y es el ancho de la formaleta desde 5 cm a 60 cm:

Alto de la formaleta en metros:

$$0,05 \leq X \leq 1,2$$

Ancho de la formaleta en metros:

$$0,0 \leq Y \leq 0,6$$

7.3.1.1 Superficie de contacto. Se fabrica con lámina aceitada y decapada 2,5 mm de espesor. Sus dimensiones varían según el alto X y el ancho Y de la formaleta. Las formaletas poseen siempre una lámina de superficie de contacto. Su área es calculada con:

$$\text{Area superficie (m}^2\text{)} = \text{Alto superficie} * \text{Largo superficie} \quad (16)$$

Donde:

$$\text{Alto superficie contacto} = X \quad \text{Largo superficie contacto} = Y$$

Se tiene que:

$$\text{consumo superficie formaleta} = \text{Area de superficie} + \text{desperdicio} \quad (17)$$

7.3.1.2 Venas. Se fabrica con lámina aceitada y decapada 2 mm de espesor. Sus dimensiones varían según el alto X y el ancho Y de la formaleta descontando el espesor de las bandas cortas. Son cortadas siempre a un ancho de 0,08 metros.

$$\text{Area vena (m}^2\text{)} = (\text{Largo vena}) * 0,08 \quad (18)$$

El largo de las venas depende de las dimensiones de X de la formaleta y pueden tomar el valor en metros de:

$$0,4 \leq \text{largo vena} \leq 1,2$$

El número de columnas de venas dependen de X o Y de la formaleta, V1 para el valor que depende de X y V2 para el valor dependiente de Y. Como se muestran en las siguientes condiciones en metros:

Si X; V2:

$$0,05 \leq X \leq 0,4 : V1 = 0 \quad ; \quad 0,4 \leq X \leq 1,2 : V1 = 1$$

Si Y; V2:

$$0,5 \leq Y < 0,23 : V2 = 0 ;$$

$$0,23 \leq Y < 0,33 : V2 = 1;$$

$$0,33 \leq Y < 0,55 : V2 = 2;$$

$$0,55 \leq Y \leq 0,6 : V2 = 3$$

La cantidad total de venas ensambladas a una formaleta (X, Y) la da la siguiente ecuación:

$$\text{Numero de venas} = V1 * V2$$

Donde:

V1: Numero de columnas según X

V2: Numero de columnas según Y

El Consumo total de material para venas en una formaleta está dado por:

$$\text{Consumo total venas} = \text{Area de vena} + \text{desperdicio} \quad (19)$$

7.3.2.3 Refuerzo. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 2,5 mm de espesor, la formaleta posee dos tipos de refuerzo, recto y destijerado, este último es el mismo que el primero, pero con

un corte de esquina, pero su consumo es el mismo. Sus dimensiones varían según el alto X y el ancho Y de la formaleta descontando el ancho de las venas y bandas largas. Todos los refuerzos de la formaleta son cortados a un ancho de 5 centímetros. El área de un solo refuerzo es calculada así:

$$\text{Area refuerzo (m}^2\text{)} = \text{Largo refuerzo} * 0,05 \quad (20)$$

El largo del refuerzo depende de ancho de la formaleta Y, descontando el espesor de las 2 bandas y el espesor de todas las venas.

$$\text{Largo del refuerzo (m)} = Y. (2 * \text{Espesor banda larga}) - (\text{Espesor vena} * \text{Total venas})$$

El número de columnas (R1) de refuerzos en el eje Y de la formaleta depende del número de venas dada por la siguiente ecuación:

$$R1 = \text{Numero de venas} + 1$$

Donde:

$$R1 = \text{Numero de columnas de refuerzos según Y}$$

El número de filas (R2) de refuerzos en X de la formaleta dependen de las siguientes condiciones del alto X de la formaleta en metros:

Si X; R2:

$$(0 \leq X < 0,5): R2 = 0$$

$$(50 \leq X < 0,8): R2 = 1$$

$$(80 \leq X < 1,2): R2 = 2$$

$$(X = 1,2): R2 = 3$$

Donde:

$$R2: \text{Número de filas de refuerzos según X.}$$

El consumo total de material para refuerzos por formaleta está dado por:

$$\text{Consumo total refuerzos} = R2 * R1 * (\text{Área refuerzo} + \text{desperdicio}) \quad (22)$$

7.3.2.4 Seguros. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 3mm de espesor. Sus dimensiones son iguales para cualquier tipo de formaleta, para sus referencias la variación de consumo se da por el número de seguros que posee.

$$\text{Area seguro (m}^2\text{)} = 0,08 * 0,275$$

El número de columnas (S1) de seguros en el ancho Y de la formaleta dependen de las siguientes condiciones en metros:

Si Y; S1:

$$(0 \leq Y < 0,1): R2 = 0$$

$$(0,1 \leq Y < 0,12): R2 = 1$$

$$(0,12 \leq Y < 0,6): R2 = 2$$

Donde:

S1: Numero de columnas según Y.

El número de filas de seguros (S2) en el alto X de la formaleta dependen de las siguientes condiciones en metros:

Si X; S2:

$$(0 \leq X < 0,6) : S2 = 2$$

$$(0,6 \leq X < 1) : S2 = 3$$

$$(1 \leq X < 1,2) : S2 = 4$$

$$(X = 1,2) : S2 = 4$$

Donde:

S2: Numero de filas de seguros según X.

El consumo total de material para seguros para una formaleta está dado por:

$$\text{Consumo total seguros} = S2 * S1 * (\text{Área seguro} + \text{desperdicio}) \quad (23)$$

7.3.2.5 Varilla de Agarre. Se fabrican con varilla corrugada de 8,5 milímetros, su longitud cambia según la cantidad de venas presentes y a su vez desaparecen según las dimensiones de la formaleta.

El largo de la varilla cambia según el número de venas, cuando hay dos venas la longitud de la varilla es igual a la longitud calculada del refuerzo; cuando hay 3 venas la varilla debe atravesar una vena adicional y su longitud es el doble de la longitud del largo calculado del refuerzo en esa formaleta, en resumen, las restricciones quedan de la siguiente manera:

Cuando Numero venas = 2

$$\text{Longitud varilla} = \text{Longitud del refuerzo} \quad (24)$$

Cuando Numero venas = 3

$$\text{Longitud varilla} = (\text{Longitud del refuerzo} * 2) + \text{Espesor de vena} \quad (25)$$

El número de columnas de varilla de agarre (P1) en la formaleta dependen del número de venas en donde:

Si Numero de venas; P1:

$$(0 \leq \text{Numero de venas} < 2) : P1 = 0$$

$$(2 \leq \text{Numero de venas} \leq 3) : P1 = 1$$

Donde:

P1: Numero de varillas según Numero de Venas

El número filas de varillas de agarre (P2) en la formaleta dependen del alto X de la formaleta, donde:

Si X; P2:

$$(0,05 \leq X < 0,8) : P1 = 0$$

$$(0,8 \leq X \leq 1,2) : P1 = 2$$

El consumo total de material para varillas de agarre para la formaleta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Consumo total varilla} = P2 * P1 * (\text{Área varilla} + \text{desperdicio}).$$

7.3.2.6 Banda larga. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 3mm cortadas a un ancho 5,6 cm. Su longitud depende directamente del valor del ancho X de la formaleta calculando su área con:

$$\text{Area banda larga (m}^2\text{)} = X * 0,056 \quad (26)$$

La formaleta siempre posee dos bandas largas, calculando el consumo total con:

$$\text{Consumo total Banda larga} = 2 * (\text{Área banda larga} + \text{desperdicio}) \quad (27)$$

7.3.2.7 Banda corta. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 3mm de ancho 5,6 cm. Su longitud depende directamente del valor de Y de la formaleta descontando el valor del espesor de las bandas largas, calculando su área así:

$$\text{Area banda corta (m}^2\text{)} = (Y - (2 * \text{espesor banda larga})) * 0,056 \quad (28)$$

La formaleta Siempre lleva dos bandas cortas para todas sus referencias. Calculando el consumo total con:

$$\text{Consumo total Banda corta} = 2 * (\text{Área banda larga} + \text{desperdicio}) \quad (29)$$

8.3.2 Consumo de materia prima de rinconera

Se fijan parámetros para calcular y controlar la cantidad de los elementos que conforman la rinconera. En donde X será el alto entre 5cm y 120 cm; donde Y es el ancho desde 5 cm a 40 cm; donde Z es el largo desde 5cm a 40cm.

Alto rinconera X en metros:

$$0,05 \leq X \leq 1,2$$

Ancho rinconero Y en metros:

$$0,005 \leq Y \leq 0,4$$

Largo de la rinconera Z en metros:

$$0,005 \leq Z \leq 0,4$$

7.3.2.1 Superficie de contacto. Se fabrica con lámina aceitada y decapada 2,5 mm de espesor. Sus dimensiones varían según el alto X, el ancho Y y Z largo de la rinconera. Las rinconeras poseen siempre una lámina de superficie de contacto. Su área es calculada con:

$$\text{Área superficie contacto} = \text{Alto superficie contacto} * \text{Largo superficie contacto}$$

Donde:

$$\text{Alto superficie contacto} = X$$

$$\text{Largo superficie contacto} = Y + Z$$

$$\text{consumo superficie rinconera} = \text{Area de superficie} + \text{desperdicio}$$

7.3.2.2 Banda larga. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 3mm cortadas a un ancho 5,6 cm. Su longitud depende directamente del valor del ancho X de la rinconera calculando su área con:

$$\text{Area banda larga (m}^2\text{)} = X * 0,056 \quad (30)$$

La rinconera siempre posee dos bandas largas, calculando el consumo total con:

$$\text{Consumo total Banda larga} = 2 * (\text{Área banda larga} + \text{desperdicio}).$$

7.3.2.3 Refuerzos. Se fabrican con lámina aceitada y decapada 2,5 mm de espesor. Sus dimensiones varían según el ancho Y y largo Z de la formaleta descontando el ancho de las venas y bandas largas y el número de refuerzos depende del alto X. El área de un solo refuerzo es calculada así:

$$\text{Area refuerzo (m}^2\text{)} = \text{Largo refuerzo} * \text{Ancho del refuerzo} \quad (31)$$

El ancho del refuerzo depende del valor Y de la rinconera, descontando el espesor de una banda larga y el espesor de la superficie de contacto.

$$\text{Ancho del refuerzo} = Y - (\text{Espesor superficie contacto} + \text{Espesor banda larga}) \quad (32)$$

El largo del refuerzo depende del valor Z de la rinconera, descontando el espesor de la banda larga y el espesor de la superficie de contacto.

$$\text{Largo del refuerzo} = Z - (\text{Espesor superficie contacto} + \text{Espesor banda larga}) \quad (33)$$

El número de refuerzos (F) está fijado según el valor de X, aunque la rinconera, siempre lleva dos refuerzos en sus esquinas que se unen con la superficie y las bandas. Los otros dos refuerzos varían según la siguiente ecuación:

Si X; F:

$$0,05 \leq X < 0,5 : F = 2$$

$$0,5 \leq X < 0,8 : F = 3$$

$$0,8 \leq x \leq 120 : F = 4$$

Donde:

F: Número de refuerzos en la rinconera según X

$$\text{Consumo total refuerzo} = F * (\text{Área del refuerzo} + \text{desperdicios}) \quad (34)$$

8.3.3 Consumo de materia prima Paral

La empresa solo posee 8 referencias para el paral las cuales se muestran en la tabla 37.

Tabla 37

Referencias de paral

Tipo	Caña	flauta	
1		0,85	1
3		1,5	1,5
4		2	2
5		3	2
5 extra		3,5	2
4 a 5,5		4	2
4,5 a 6		4,5	2
7		6	2

Teniendo en cuenta la tabla 37 se calcula el consumo total de materia prima para la caña y la flauta, de la siguiente manera:

- Caña. La caña está fabricada por tubo 2 pulgadas con 2,5 milímetros de espesor. Cada paral solo posee una caña, el consumo de este está dado por:

$$\text{Consumo materia prima para caña} = \text{Largo caña} + \text{desperdicio}$$

- Flauta. La caña está fabricada por tubo 1,5 pulgadas con 2,5 milímetros de espesor. Cada paral solo posee una flauta, el consumo de este está dado por:

$$\text{Consumo materia prima para flauta} = \text{Largo flauta} + \text{desperdicio}$$

- Gancho. Cada paral poseen 1 solo gancho siempre de 34 centímetros de largo, el cual es producido a partir de la varilla lisa de 12 milímetros.

$$\text{Consumo materia prima para gancho (m)} = 0,34 + \text{desperdicio}$$

- Pin. El número de pines varía según el largo de la caña y son producidos a partir de la varilla lisa de 12 milímetros. El número de pines se muestra en la tabla 38.

Tabla 38

Consumo de caña y pin por paral

Tipo	Caña (m)	Pin (Ud.)	
1		0,85	0
3		1,5	4
4		2	4
5		3	4
5 extra		3,5	4
4 a 5,5		4	6
4,5 a 6		4,5	6
7		6	6

El Largo del pin es fabricados 5 centímetros de largo, calculando el consumo total para cada paral:

$$\text{Consumo materia prima pin (m)} = (0,05 + \text{desperdicio}) * \text{Numero de pines}$$

- **Platina:** Todos los parales poseen 2 platinas las cuales se suelda una a la caña y la segunda a la flauta. Las platinas no se fabrican, se compran para luego ser procesadas (pasan por taladro árbol) y ensambladas.

- **Tuerca:** Todos los paralelos consumen una tuerca, la cual está soldada a la caña. Las tuercas no se fabrican, se compran ya listas para ensamblar.

8.3.4 *Cálculo de desperdicios*

Los desperdicios o sobrantes son producidos cuando la materia prima pasa por algunas de las actividades, puesto que, por lote, se realizan cortes de ajuste para optimizar el número de cortes y unidades resultantes.

El prorrateo de desperdicios se realiza según las unidades resultantes al utilizar una unidad de materia prima o lote, es decir, para el caso de la superficie de la formaleta, una unidad de lámina aceitada y decapada de 2,5 mm con dimensiones 2,4384 de ancho y 1,219 de largo producen 4 láminas de superficie de 1,2 x 0,6 metros, y producen un desperdicio de cortes de ajuste de 0,0833 metros cuadrados, que en este caso no puede ser reutilizado, por ende se absorbe el costo de dicho sobrante, utilizando la fórmula 35.

$$\text{Desperdicio para agregar a una unidad} = \frac{\text{Area o longitud sobrante}}{\text{Unidades producidas lote}} \quad (35)$$

De acuerdo con la fórmula 35 los desperdicios se cargan a las unidades producidas por lote. Este principio se utiliza para calcular los desperdicios en la fabricación de la formaleta, rinconera y paral.

Algunos desperdicios se pueden reutilizar si cumplen unos parámetros iniciales. En el caso de la lámina aceitada y decapada de 2,5 mm de espesor con dimensiones de 2,4384 de ancho y 1,219 de alto utilizada para superficie, los sobrantes pueden reutilizarse para fabricar refuerzos, ya sea para formaleta o para rinconera, puesto que se fabrican con el mismo material. Por esto se agregan algunos condicionales, para el ejemplo anterior, si el sobrante después de los cortes de ajuste tiene al menos un ancho de 5 centímetros, dicho sobrante podrá ser reutilizado para hacer refuerzos de otras futuras formaletas, por ende no se le adiciona a la unidad producida. La tabla 39 muestra las configuraciones que se le realizaron al sistema para no adicionar desperdicios reutilizados.

Tabla 39*Modificación de desperdicios por materia prima*

Materia Prima	Parámetros reutilización y desperdicio
lámina aceitada y decapada 2,5 mm	Ancho mayor a 5 cm
lámina aceitada y decapada 3,0 mm	Ancho mayor a 2,75 cm
lámina aceitada y decapada 2 mm	Ancho mayor 8cm
varilla corrugada 8,5 mm	Largo mayor a 10,674 cm
tubo 2"	Largo mayor a 85cm
tubo 1 1/2"	Largo mayor a 1 cm
varilla lisa	Largo mayor a 4 centímetros

7.3.4.1 Consumo de soldadura. Se calcula el consumo de soldadura para los dos tipos 035 y 60-13. Existen diferentes métodos para soldar según Westarco (2015) en su manual de soldadura se destacó, para calcular los kilogramos de soldadura para estos productos se tendrán en cuenta los valores de las tablas de soldadura de filete horizontal (p. 166) y los valores de la tabla Unión de topes sin bisel soldadas a un solo lado” (p. 171).

Algunos cordones de soldadura se realizan a la altura del material a unir, por ende, se toma la longitud según el lado de las superficies unidas.

7.3.4.1.1 Cálculo de soldadura formaleta y rinconera. La formaleta y rinconera se calculan de forma similar para sus referencias utilizando únicamente soldadura 035.

Para el cálculo de soldadura se realizan pruebas de muestreo para estandarizar la longitud y ancho de las líneas de soldadura y con esto determinar el coeficiente de conversión (metros a kilogramos de soldadura) que mejor se ajuste teniendo en cuenta el tipo de soldadura a utilizar (soldadura 60-13 o 035).

Estandarización de cordones comunes de soldadura. Debido a que se evidencian diferencias en las longitudes soldadas, se realiza un muestreo probabilístico definiendo una población finita. El detalle del proceso de muestreo se encuentra en el apéndice M (ver apéndice M).

El cordón y el punto de soldadura están presentes en la formaleta y en la rinconera, se estandariza una cantidad de soldadura para los seguros de la formaleta. La tabla 40 muestra el resultado del muestreo realizado con el fin de definir la longitud los trazos de soldadura.

Tabla 40*Muestreo de soldadura para formaleta y rinconera*

Trazo	Suma (m)	Prom. (m)
Cordón	5,0773	0,0846217
Punto	0,8900	0,0148333
Seguro	2,701	0,0450167

Las demás líneas de soldadura se realizaban a la altura del material a unir, por ende, se toma la longitud según las superficies unidas.

Para el cálculo de soldadura de las diferentes referencias de los dos productos, en donde cabe aclarar que la empresa puede producir aproximadamente 276 tipos de formaleta, 8 tipos de paral y aproximadamente 192 tipos de formaleta en las cuales el tamaño y el número de elementos que lo conforman varían.

Para el cálculo de soldadura en las rinconeras y formaletas se clasifican cuáles de los elementos unidos son iguales para todas referencias y cuales varían identificando si su variación se debe al cambio de las dimensiones del elemento o por la cantidad de dichos elementos. Por ejemplo, las bandas largas de la formaleta o rinconera varían el consumo de soldadura en largo al unir la banda larga con la superficie, en la formaleta cada banda larga consume 10 cordones de soldadura estándar y 5 puntos para una banda de 1,2 metros de alto. Pero para una banda larga de una formaleta de 0,8 metros de alto, se utilizan 8 cordones de soldadura estándar y 4 puntos. En este caso se le denomina un consumo variable en el cálculo de la soldadura.

Pero si nos fijamos en la soldadura utilizada para unir la banda larga con la banda corta para la formaleta de 1,2 metros de alto se utilizan 4,5 centímetros de soldadura, y para la formaleta de 0,8 metros de soldadura también se utilizan 4,5 centímetros de soldadura, puesto que el ancho de la banda nunca cambia para ninguna de las presentaciones, a estas se le clasifican como soldaduras fijas. Estas últimas solo suelen cambiar cuando en dicho elemento cambia en cantidad.

Para aproximar con mejor exactitud el consumo de soldadura, se calcula una proporción midiendo el consumo de soldadura para unir esos elementos en los que varían sus dimensiones. Esto para cada uno de los elementos que varíen según la referencia. En donde aplicamos:

% soldadura en el elemento:

$$\%Soldadura = \frac{\text{longitud promedio fija}}{\text{longitud variable del lado}} \quad (36)$$

Para calcular el consumo de soldadura para los mismos elementos, pero con diferente longitud se aplica la fórmula 37:

Consumo de soldadura del elemento variable:

$$(\text{Longitud lado variable del elemento}) * (\% \text{ soldadura en el elemento}) \quad (37)$$

Se prosigue a calcular la soldadura consumida para cada elemento igual presente en el producto junto con la cantidad.

$$Total_{\text{soldadura}} = (Cfs + Cvs) * N \quad (38)$$

Donde:

Cfs: consumo fijo de soldadura

Cvs: consumo variable de soldadura

N: Número de elementos iguales

Para determinar el consumo de soldadura para todo el producto se suma el consumo de cada elemento que lo conforma.

Total, soldadura del producto = Σ Soldadura total consumida por cada elemento

Para poder costear la soldadura es necesario tener los valores de consumo en kilogramos, la conversión se realiza asignando un coeficiente de conversión (kg /m) extraído del manual de soldadura. Los kilogramos de soldadura son calculados según las tablas del Manual de soldadura, para el caso de la formaleta el método Soldadura de filete horizontal (p. 166) se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Kilogramos soldadura} = \text{coeficiente conversión} \times \text{Metros soldadura utilizada} \quad (39)$$

A través del muestreo del apéndice M se determina el ancho de la soldadura 035 utilizada en las formaletas y rinconeras determinando un coeficiente de conversión de es 0,282 kg/m.

7.3.4.1.2 Soldadura paral 3 metros. Para el cálculo de la soldadura consumida en el paral se basa en la ecuación de perímetro de un cilindro ($p = 2\pi r$), puesto que los trazos son realizados a nivel de perímetro de cilindro.

Los elementos del paral son ensamblados utilizando los dos tipos de soldadura, soldadura 035 para unir pines y platinas con método de “soldadura de filete horizontal” y soldadura 60-13 para la rosca utilizando método de soldadura “unión de topes sin bisel soldadas a un solo lado”. Para convertir metros de soldadura a kilogramos se toman los valores de las tablas del Manual de

soldadura de Westarco, para el caso de la soldadura 035 “soldadura de filete horizontal” se toman los valores de la tabla de la página 166 y para el cálculo de consumo de soldadura 60 13 aplicada para unir la rosca y la caña se toman los valores de la tabla “unión de topes sin bisel soldadas a un solo lado” pagina 171 anteriormente nombrados.

En el apéndice M se encuentra el muestreo realizado para definir el coeficiente de conversión de metros a kilogramos de soldadura, según el tipo de soldadura y método utilizado.

La soldadura 035 utilizada para unir las platinas y pines a la caña, se realizan en trazos curvos siendo el punto de finalización el mismo punto de partida calculado a partir de la fórmula de perímetro de cilindro.

$$Consumo_{soldadura} = P_{elemento} \quad (40)$$

Para convertir los metros de soldadura a kilogramos se utiliza la fórmula 40 junto con el coeficiente de conversión 0,282 kg/m dado según el ancho del filete y así obtener.

$$kg_{soldadura} = coef. conversión \times m_{soldadura} \quad (41)$$

La rosca y la caña son soldadas de manera diferente utilizando unión de tope sin bisel a un solo lado y con soldadura 60-13. Para hallar el coeficiente que mejor se ajuste a la actividad, se realizó un muestro probabilístico que se encuentra en el apéndice M con el fin de fijar W (ancho de la soldadura), S distancia entre la caña y la rosca en el momento de ser soldados, y T que es el espesor de los elementos soldados. Fijando de esta manera un factor de conversión de 0,447 kg/m. El perímetro soldado para unir estos dos elementos se encuentra de nuevo con la fórmula de cilindro anterior, para finalizar. Utilizando la fórmula 41, se convierten kilogramos de soldadura 60-13.

7.3.4.2 Consumo de pintura y desengrasante. La pintura que se utiliza en los productos, resulta de una mezcla entre Tinner y pintura anticorrosiva en una proporción 35% y 65% respectivamente, el desengrasante es aplicado tal cual como llega a la planta. Se realiza una mezcla de grasa y gasolina, en una proporción 60% y 40% respectivamente. La grasa es utilizada en parales, tensores entre otros productos y maquinas.

El consumo de pintura y desengrasante para los productos con referencias se calculan de manera similar en función del área de sus elementos, debido que para algunas referencias no todos sus elementos varían siguiendo los siguientes pasos

Realizar una prueba de consumo con el fin de hallar el consumo promedio o aproximado de una unidad de producto. Esto se realiza utilizando un galón de pintura con el fin de identificar cuantas

unidades de productos de referencias iguales se logran pintar. Para el caso del desengrasante se utilizan 250 mililitros de desengrasante. Los resultados de la prueba de consumos realizada a los tres productos estándar se encuentran en el apéndice M.

Donde:

C_p = Promedio consumo de una unidad de producto estándar.

C_g = Costo del galón de la materia prima a consumir.

C_u = Costo unitario de producto estándar por concepto de consumo de materia prima.

$$C_{up} = C_p * C_g \quad (42)$$

Se identifican los elementos que varían para cada referencia del producto, ya sea en dimensión o en cantidad. Después de identificarlos, se identifica el área que consume materia prima del producto. Para así calcular el área total de producto que consume la materia prima (pintura o desengrasante)

Donde:

i = elemento del producto

m = numero asignado los diferentes elemento que posee el producto

E_i = Area del elemento i del producto que consume materia prima

n_i = Cantidad del elemento i del producto que consume materia prima

Atc = Area total del producto que consume la materia prima

$$Atc = \sum_{i=1}^m E_i * n_i \quad (43)$$

Teniendo el área total del producto se aplica una relación de costo del costo unitario de producto estándar por concepto de consumo de materia prima C_{up} a los elementos que conforman el producto. Para calcular el costo unitario de cada elemento que consume materia prima:

Donde:

C_{uc_i} = costo unitario según el consumo del elemento i

$$C_{uc_i} = \frac{C_{up} * \frac{E_i * n_i}{Atc}}{n_i} \quad (44)$$

Teniendo el costo unitario del elemento se aplica una proporción variable para cuando este cambia de dimensión, es decir cuando cabía la referencia del producto, por ejemplo el área a pintar de la superficie de contacto para una formaleta 120 * 30 es de 0,36 metros cuadrados, y para la referencia de formaleta de 0,6 * 0,3 es de 0,18 metros cuadrados, habiendo calculado con las fórmulas anteriores que 0,36 metros cuadrados pintados de superficie de contacto cuestan 1.398,7 COP, se efectúa una relación de área para re calcular el costo de consumo de la superficie de la

formaleta de 0,6*0,3. Para esto se aplica para todos los elementos la siguiente ecuación para hallar la relación de área/costo, para cual el elemento cambia de dimensiones según las referencias del producto:

$$\text{Relación área} = \frac{En_{ij}}{Ei}$$

Calculando el costo unitario de los elementos con la anterior relación:

$$Cun_{ij} = Cuc_i * \frac{En_{ij}}{Ei} \quad (45)$$

Donde:

Cun_{ij} = Costo unitario del elemento i en la referencia j del producto

En_{ij} = Nueva area del elemento i en la referencia j del producto

Para terminar, se suman la relación de los costos de los elementos variables de toda la formaleta junto con sus respectivas cantidades para asignarle el costo total consumido por materia prima (pintura o desengrasante) para cada referencia.

$$Ct_j = \sum_{i=1}^m Cun_{ij} * n_j \quad (46)$$

9 Elaboración de la herramienta ofimática

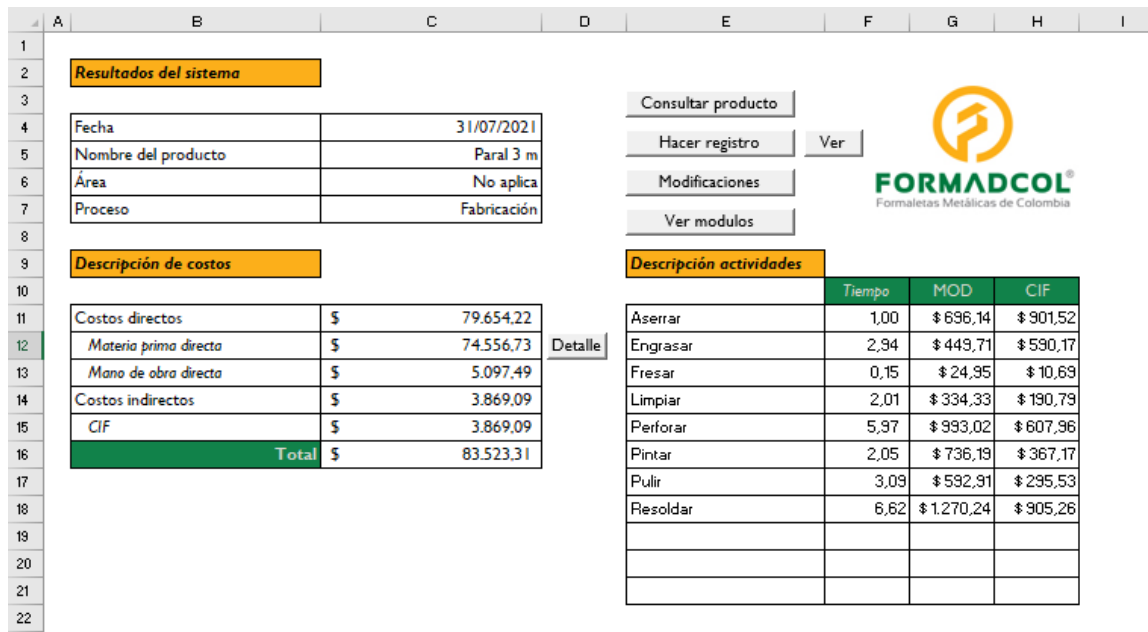
9.1 Interfaz del sistema de costos

Una vez realizado el diseño del sistema de costos se procede a desarrollar la herramienta ofimática, considerando las requisiciones de la empresa. La figura 30 muestra la interfaz principal de usuario, con tres módulos de entrada: consultar producto, hacer registro y modificaciones; y un módulo de salida, los cuales se explicarán más adelante.

La interfaz principal se muestra como módulo de salida y permite realizar un análisis sobre el producto evaluado al mostrar el costo total de la materia prima directa, la mano de obra directa y los CIF, así como, analizar en detalle los elementos del costo en cada actividad.

Figura 30

Interfaz principal de usuario



9.1.1 Módulo consultar un producto

El módulo consultar un producto permite a la empresa ingresar los datos para evaluar el costo de producir una unidad del producto deseado, como se muestra en la figura 31 se puede seleccionar la unidad de fabricación o mantenimiento. Al dar clic en producción o mantenimiento aparece el módulo de ingreso de datos que se muestra en la figura 32.

A manera de ejemplo se muestra el módulo de ingreso de datos para el cálculo del costo de formaleta. La interfaz mostrada solicita la información del producto que se va a evaluar, seguido a esto solicita las medidas del producto y el tiempo que requiere cada actividad como datos para realizar el costeo, al seleccionar costear imprime la respuesta en la interfaz principal del sistema.

La interfaz gráfica de este módulo es igual para los procesos de producción y mantenimiento, lo que se modifica son las actividades que posee cada producto.

Figura 31*Modulo consultar producto*

SISTEMA DE COSTOS ABC

BIENVENIDO AL SISTEMA DE COSTOS
PANELES ESTRUCTURALES S.A.S

A continuación seleccione el proceso a evaluar

Producción

Mantenimiento

Salir

Figura 32*Módulo de ingreso de datos para costeo*

INGRESO DE DATOS

Fecha: 20/07/2021

Producto: Formaleta

Atrás Siguiente

Fabricación de Formaleta

Medidas:
Medida 1 Medida 2

A continuación registre los tiempos para las actividades hallados en el estudio de tiempos.

Corte	<input type="text"/>	Ensamble	<input type="text"/>
Troquelado	<input type="text"/>	Resoldado	<input type="text"/>
Doblado	<input type="text"/>	Pulido	<input type="text"/>
Recorte	<input type="text"/>	Limpieza	<input type="text"/>
Destijero	<input type="text"/>	Pintura	<input type="text"/>

Usar tiempos estandar

Costear

Para el registro de tiempos de las actividades se da la opción de usar los tiempos estándar, o bien introducir los tiempos de forma manual en cada celda de actividad.

9.1.2 Modulo hacer registro

Después de ejecutar la opción de costeo, el panel principal registra la respuesta del costo del producto, el sistema posee un módulo especial para guardar la respuesta obtenida (en una hoja nueva) con el fin de que se pueda consultar a posteriori. La figura 33 muestra la hoja de registros que posee el sistema.

Figura 33

Hoja de registro de respuestas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	PROCESO	NOMBRE	AREA	MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA	CIF	TOTAL		Salir
3	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.4 m	0,48 m ²	\$ 110.923,48	\$ 16.918,07	\$ 13.032,56	\$ 140.874,11		
4	Mantenimiento	Formaleta 1.2 x 0.6 m	0,72 m ²	\$ 2.827,15	\$ 1.201,76	\$ 1.078,80	\$ 5.107,71		
5	Fabricación	Rinconera 1.2 x 0.1 x 0.1 m	1,212 m ²	\$ 50.324,83	\$ 5.932,92	\$ 4.989,83	\$ 61.247,58		
6	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.6 m	0,72 m ²	\$ 155.174,64	\$ 16.918,08	\$ 13.032,58	\$ 185.125,30		
7	Fabricación	Paral 3 m	No aplica	\$ 74.557,43	\$ 7.988,95	\$ 5.746,59	\$ 88.292,97		
8									

9.1.3 Modulo modificaciones

El módulo de modificaciones permite realizar cambios en los parámetros del costo de materia prima, el salario del personal, los costos presupuestados de los CIF fijos, y el tiempo estándar de las actividades tal como se muestra en la figura 34.

Figura 34

Módulo de modificaciones

Modificaciones

Seleccione el modulo a modificar

Materia Prima

Personal

CIF

Salir

9.1.4 Módulo de materia prima directa

El sistema posee un módulo de salida donde se especifica el uso de materia prima por producto, al seleccionar la opción detalle junto a la casilla que muestra el total de la materia prima, se redirigirá a una hoja en donde se guarda el análisis de la materia prima utilizada como se muestra en la figura 35.

Figura 35

Modulo detalle materia prima directa

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Elemento	Concepto	Costo Unitario (\$)	Unidades (ud.)		Costo Total (\$)	
3		Superficie		\$ 51,536.32		\$ 1,00	\$ 51,536.32	
4		Refuerzo		\$ 715.78	3	\$ 3,00	\$ 6,442.04	
5		Banda larga		\$ 7,424.50		\$ 2,00	\$ 14,849.00	
6		Banda corta		\$ 2,474.83		\$ 2,00	\$ 4,949.67	
7		Vena		\$ 8,720.35	1	\$ 2,00	\$ 17,440.70	
8		Seguro		\$ 241.86	6	\$ 2,00	\$ 2,902.30	
9		Varilla		\$ 408.70	1	\$ 2,00	\$ 817.39	
10		Soldadura 035	Refuerzo	\$ 296.00	3	\$ 3,00	\$ 2,664.04	
11			Banda larga	\$ 1,681.08		\$ 2,00	\$ 3,362.15	
12			Banda corta	\$ 516.05		\$ 2,00	\$ 1,032.10	
13			Vena	\$ -	1	\$ 2,00	\$ -	
14			Seguro-supe	\$ 120.65	6	\$ 2,00	\$ 1,447.84	
15			Varilla-vena	\$ 28.28	1	\$ 2,00	\$ 56.57	
16		Mezcla de pintur	Superficie	\$ 932.46		\$ 1,00	\$ 932.46	
17			Refuerzo	\$ 25.25	3	\$ 3,00	\$ 227.29	
18			Banda larga	\$ 261.09		\$ 2,00	\$ 522.18	
19			Banda corta	\$ 85.72		\$ 2,00	\$ 171.45	
20			Vena	\$ 371.12	1	\$ 2,00	\$ 742.24	
21			Seguro	\$ 8.55	6	\$ 2,00	\$ 102.57	
22			Varilla	6,765,261,53	1	\$ 2,00	\$ 13,53	
23		Desengrasante	Superficie	244,707,3908		1	\$ 244.71	
24			Refuerzo	6,627,491,834	3	3	\$ 59.65	
25			Banda larga	68,518,06,942		2	\$ 137.04	
26			Banda corta	22,496,76,613		2	\$ 44.99	
27			Vena	97,393,54,153	1	2	\$ 194.79	
28			Seguro	2,243,151,082	6	2	\$ 26.92	
29			Varilla	1,775,412,277	1	2	\$ 3.55	
30		Total					\$ 110,923.48	
31								
32								
33								
34								
35								

Salir

9.2 Estudio de tiempos

Debido a que el sistema se alimenta principalmente de los tiempos que emplean tanto la mano de obra como la maquinaria en las diferentes actividades, se realizó un estudio de tiempos para los productos estándar de tal forma que este pueda alimentar los requerimientos de información que solicita el sistema de costos. La metodología con la cual se desarrolló el estudio se describe a continuación:

9.2.1 Selección de las actividades

El primer paso fue la selección de las actividades que necesitan alimentar el driver con tiempo, estableciendo que 21 de las 23 actividades encontradas dentro del proceso productivo requerían de tiempos.

9.2.2 Selección del número de observaciones

Debido a la variabilidad del tiempo empleado en la realización de las actividades, se hizo necesario encontrar una cantidad adecuada de observaciones que permitiera modelar el tiempo empleado para las diferentes actividades, por este motivo se tomó como referencia la tabla sugerida por la Organización Internacional de Trabajo (OIT) (ver tabla 41).

9.2.3 Selección del sistema de medición de tiempos

Se seleccionó el sistema de medición por cronometraje con vuelta a cero, puesto que este permite conocer fácilmente el tiempo empleado en una actividad de forma específica. Además, no necesita asignar una única persona a la tarea de medir los tiempos y toma en cuenta las consideraciones establecidas por la OIT.

Tabla 41

Número de observaciones recomendadas por la OIT

Tiempo del ciclo	Numero de repeticiones
Hasta 0,1	200
Hasta 0,25	100
Hasta 0,5	60
Hasta 0,75	40
Hasta 1	30
Hasta 2	20
Hasta 5	15
Hasta 10	10
Hasta 20	8
Hasta 40	5
Más de 40	3

9.2.4 Registro de datos

Se agrega toda la información posible al estudio de tiempos efectuado, con el fin de poder realizar una comparativa de estudios futuros, la figura 36 muestra el formato que se empleó para

el estudio de tiempos de las diferentes actividades. Para efectos prácticos se muestra el ejemplo de toma de tiempos para la actividad de remoción de concreto en el mantenimiento de formaletas (ver tabla 42).

Figura 36

Formato de estudio de tiempos

	A	B	C	D	E	F
1	ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE					
2	PROCESO:	ACTIVIDAD:			FECHA:	
3	MAQUINARIA:				ESTUDIO No.	
4	HERRAMIENTAS:				HOJA No.	
6	INICIO:		FIN:		DURACIÓN:	
8	PRODUCTO:				OPERARIO:	
9	OBSERVADO POR:				AUTORIZADO POR:	
11		CICLO	VALORACION	TIEMPO OBSERVADO	TIEMPO NORMAL	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						

Tabla 42

Toma de tiempos realizada a la actividad de remoción de concreto en formaleta

CICLO	VALORACION	TIEMPO OBSERVADO	TIEMPO NORMAL
1	100%	0:28:32	0:28:32
2	110%	0:22:41	0:24:57
3	80%	0:46:51	0:37:29
4	70%	0:52:32	0:36:46
5	80%	0:43:28	0:34:46
6	100%	0:31:43	0:31:43
7	80%	0:39:52	0:31:54
8	90%	0:35:23	0:31:51

Con los datos registrados en la tabla 42 se procede a realizar el cálculo del tiempo normalizado promedio por la actividad, siendo de 32:15[min: seg].

9.2.5 Asignación de suplementos y tiempo asignado

Los suplementos son porcentajes que se asignan a las diferentes actividades de acuerdo con las condiciones particulares de cada una, con el propósito de obtener un margen de confianza mayor. La figura 37 muestra los suplementos asignados a cada actividad del proceso productivo.

Figura 37

Tabla de suplementos asignados a actividades

Actividad	SUPLEMENTOS												Total
	CONS		VARIABLES										
	A	B	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Asestrar	5	4	2	0	3	0	0	2	2	1	0	0	19
Cortar en plasma	5	4	2	0	3	2	0	2	2	1	0	0	21
Corte	5	4	2	0	3	0	0	2	5	1	1	0	23
Destijerar	5	4	2	0	0	0	0	2	2	1	1	0	17
Doblar	5	4	2	0	0	2	0	2	2	1	0	0	18
Enderezar Laterales	5	4	2	0	0	0	0	2	2	1	0	0	16
Engrasar	5	4	2	0	3	0	0	2	0	1	0	0	17
Ensamblar	5	4	2	2	8	2	0	2	5	1	1	0	32
Fresar	5	4	0	2	3	0	0	2	2	1	0	0	19
Lijar	5	4	2	2	3	0	0	0	2	1	0	0	19
Limpiar	5	4	2	0	8	0	0	0	2	1	0	0	22
Mecanizar	5	4	2	0	0	0	0	2	5	1	1	0	20
Perforar	5	4	2	0	3	0	0	2	2	1	0	0	19
Pintar	5	4	2	0	8	0	0	0	2	1	1	0	23
Pulir	5	4	2	0	8	0	0	0	5	1	0	0	25
Recorte	5	4	2	0	0	0	0	2	2	1	0	0	16
Remover concreto	5	4	2	2	10	0	0	0	5	1	1	0	30
Resoldar	5	4	2	0	8	0	0	5	2	4	1	0	31
Rolar encofrado	5	4	2	0	8	0	0	0	2	1	0	0	22
Taladrar para remoción	5	4	2	0	3	0	0	0	5	1	0	0	20
Tronzar	5	4	2	0	3	0	0	0	2	1	0	0	17
Troquelar	5	4	2	0	3	2	0	2	2	1	0	0	21
Verificar Encofrado	5	4	2	0	8	0	0	0	2	1	0	0	22

Con los suplementos asignados anteriormente se puede hallar el tiempo para cada actividad con la formula $Tt = Tn*(1+Suplemento)$, el tiempo asignado para la actividad ejemplo sería igual a $Tt = 32:15 * (1 + 0,3) = 41:52$ [min: seg].

El registro completo de tiempos se encuentra en el apéndice O.

9.3 Prueba piloto

Se muestra los resultados que se obtuvieron al realizar una prueba piloto para los principales productos de la empresa (ver figura 38). Se confirma que el sistema se encuentra en capacidad de costear cualquier referencia de formaleta, rinconera o paral para ambos procesos de producción. También se ratifica que el sistema tiene la capacidad de costear los accesorios del encofrado metálico en ambos procesos. Los resultados de la prueba piloto se guardaron en una base de datos con el fin de realizar un análisis comparativo con el precio de venta actual de los diversos productos.

Figura 38

Resultados prueba piloto

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	PROCESO	NOMBRE	AREA	MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA	CIF	TOTAL		Salir
3	Fabricación	Alineador ML	No aplica	\$ 22.125,89	\$ 3.667,55	\$ 1.972,12	\$ 27.765,56		
4	Fabricación	Angulo 1,2 m	No aplica	\$ 14.022,68	\$ 1.259,99	\$ 1.134,41	\$ 16.417,08		
5	Fabricación	Corbata 0.2 m	No aplica	\$ 1.044,73	\$ 57,36	\$ 68,41	\$ 1.170,50		
6	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.35 m	0,42 m ²	\$ 101.637,28	\$ 16.088,08	\$ 9.403,82	\$ 127.129,18		
7	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.375 m	0,45 m ²	\$ 105.990,68	\$ 16.146,08	\$ 9.703,82	\$ 131.840,58		
8	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.4 m	0,48 m ²	\$ 110.923,49	\$ 16.184,08	\$ 10.003,82	\$ 137.111,39		
9	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.4 m	0,48 m ²	\$ 110.923,48	\$ 16.918,07	\$ 13.032,56	\$ 140.874,11		
10	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.425 m	0,51 m ²	\$ 115.106,17	\$ 16.206,08	\$ 10.303,82	\$ 141.616,07		
11	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.45 m	0,54 m ²	\$ 119.025,03	\$ 16.240,08	\$ 10.603,82	\$ 145.868,93		
12	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.475 m	0,57 m ²	\$ 122.984,62	\$ 16.284,08	\$ 10.903,82	\$ 150.172,52		
13	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.525 m	0,63 m ²	\$ 131.850,60	\$ 16.300,44	\$ 11.309,54	\$ 159.460,58		
14	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.55 m	0,66 m ²	\$ 145.857,64	\$ 16.342,44	\$ 11.609,54	\$ 173.809,62		
15	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.575 m	0,69 m ²	\$ 149.871,80	\$ 16.386,34	\$ 12.094,79	\$ 178.352,93		
16	Fabricación	Formaleta 1.2 x 0.6 m	0,72 m ²	\$ 155.174,64	\$ 16.918,08	\$ 12.403,82	\$ 184.496,54		
17	Fabricación	Paral 3 m	No aplica	\$ 74.557,43	\$ 7.988,95	\$ 5.746,59	\$ 88.292,97		
18	Fabricación	Rinconera 0.6 x 0.1 x 0.1 m	0,606 m ²	\$ 26.566,81	\$ 6.022,91	\$ 4.866,41	\$ 37.456,13		
19	Fabricación	Rinconera 1.2 x 0.1 x 0.1 m	1,212 m ²	\$ 50.324,83	\$ 5.932,92	\$ 4.989,83	\$ 61.247,58		
20	Fabricación	Tapamuro 1,2 x 0,1 m	0,12 m ²	\$ 21.800,23	\$ 631,25	\$ 392,12	\$ 22.823,60		
21	Fabricación	Tensor	No aplica	\$ 4.138,06	\$ 1.083,82	\$ 906,69	\$ 6.128,57		
22	Mantenimiento	Alineador ML	No aplica	\$ 176,16	\$ 4.554,83	\$ 3.019,89	\$ 7.750,88		
23	Mantenimiento	Angulo 1,2 m	No aplica	\$ -	\$ 382,41	\$ 254,03	\$ 636,44		
24	Mantenimiento	Corbata 0.2 m	No aplica	\$ 70,60	\$ 526,19	\$ 349,54	\$ 946,33		
25	Mantenimiento	Formaleta 1.2 x 0.6 m	0,72 m ²	\$ 2.827,15	\$ 6.581,10	\$ 4.415,30	\$ 13.823,55		
26	Mantenimiento	Paral 3 m	No aplica	\$ 665,75	\$ 2.192,00	\$ 1.790,13	\$ 4.647,88		
27	Mantenimiento	Rinconera 1.2 x 0.1 x 0.1 m	1,212 m ²	\$ 1.574,28	\$ 2.715,11	\$ 1.859,65	\$ 6.149,04		
28	Mantenimiento	Tapamuro 1,2 x 0,1 m	0,12 m ²	\$ 181,12	\$ 2.682,84	\$ 1.786,32	\$ 4.650,28		
29	Mantenimiento	Tensor	No aplica	\$ 70,60	\$ 960,57	\$ 832,86	\$ 1.864,03		

10 Implementación y análisis del sistema de costos

10.1 Validación del sistema

Para la validación del sistema se realizó una lista con los requerimientos establecidos para el cumplimiento de los objetivos y el funcionamiento de la herramienta.

Tabla 43*Cumplimiento de los requerimientos del sistema*

Información obtenida por el sistema de costeo	Cumple
El sistema arroja el costo unitario los productos seleccionados para los procesos fabricación o mantenimiento.	x
El sistema calcula el costo de los procesos y actividades necesarias para la fabricación o mantenimiento del producto	x
Requerimientos de información	
El sistema muestra una interfaz fácil de entender y manipular.	x
El sistema se basa en los parámetros sugeridos por la empresa	x
El sistema provee un módulo de toma de tiempos para las actividades de producción y mantenimiento	x
El sistema provee un módulo para la actualización de la materia prima y mano de obra.	x
El sistema se puede modificar con facilidad, sin alterar su estructura.	x
El sistema discrimina la materia prima que consume cada producto.	x

10.2 Evaluación de los resultados del sistema de costos

Para el análisis de los resultados del sistema de costos, se evaluaron por separado los dos procesos de producción de Formadcol. Los resultados obtenidos son los siguientes:

10.2.1 Proceso de fabricación

La tabla 43 muestra los resultados generales de la comparativa entre el antiguo y el nuevo sistema de costos.

Tabla 44*Comparativa de sistemas de costos*

Nuevo sistema de costos	Antiguo sistema de costos
Un sistema de costeo para todos los productos de la empresa.	Costeo de productos por separado, sin manejo de una regla estándar.
Actualización del costo de los productos en base a la variación del costo de materia prima y de tiempos empleados en producción.	Actualización del costo de los productos y referencias uno por uno, según cambio de valor de la materia prima, mano de obra y otros costos.
Estudio de tiempo para productos estándar.	No se disponía de un estudio de tiempos confiable en base a normas

Continuación tabla 44

Absorción de los CIF basado en actividades.	Porcentaje adicionado de CIF según el costo de la materia prima.
Menor tiempo de actualización de datos	Mayor tiempo de actualización de datos

Para evaluar los resultados obtenidos con el nuevo sistema de costos implementado, se procede a calcular la utilidad anual de la empresa para la formaleta de 120 x 60, la rinconera 120x10x10 y el paral de 3 metros. La tabla 44 muestra el margen de utilidad basado en el nuevo sistema de costos, y en la tabla 45 se muestra el margen de utilidad que la empresa creía tener sobre dichos productos. Para el cálculo del margen operacional se usó la siguiente formula:

$$\text{Margen utilidad operacional} = \frac{\text{Utilidad operacional periodo}}{\text{ingresos totales en ventas}} \quad (47)$$

Tabla 45*Margen de utilidad bruta por Costeo ABC*

Detalle	Formaleta 120*60	Rinconera 120*10*10	Paral 3m
Unidades producidas	5930	1953	892
Costo unitario	\$ 190.368	\$ 67.126	\$ 83.523
Precio de venta	\$ 201.482	\$ 71.500	\$ 94.533
utilidad unitaria	\$ 11.114	\$ 4.374	\$ 11.010
Costo de ventas	\$ 1.128.884.419	\$ 131.096.776	\$ 74.502.792
Ventas	\$ 1.194.788.260	\$ 139.639.500	\$ 84.323.436
Utilidad bruta	\$ 65.903.841	\$ 8.542.724	\$ 9.820.644
Margen utilidad bruta	5,52%	6,12%	11,65%

Tabla 46*Margen de utilidad bruta según el anterior sistema de costos*

Anual	Formaleta 120*60	Rinconera 120*10*10	Paral 3m
Unidades producidas	5930	1953	892
Costo unitario	\$ 120.889	\$ 42.900	\$ 56.720
Precio de venta	\$ 201.482	\$ 71.500	\$ 94.533
Utilidad bruta unitaria	\$ 80.593	\$ 28.600	\$ 37.813
Costo de ventas	\$ 716.872.956	\$ 83.783.700	\$ 50.594.062
Ventas	\$ 1.194.788.260	\$ 139.639.500	\$ 84.323.436

Continuación tabla 46

Utilidad bruta	\$ 477.915.304	\$ 55.855.800	\$ 33.729.374
Margen utilidad bruta	40%	40%	40%

Según los datos suministrados se puede identificar que los productos se estaban vendiendo por encima de los costos de fabricación, contrario a lo que se creía. Aunque no se evidencian pérdidas operativamente si se destaca que no se cumple el porcentaje de margen deseado por parte de la administración de la empresa, el cuál había sido fijado en un 40%. Al implementar el sistema de costos ABC (ver tabla 44) el margen bruto es de 5,52 % para la formaleta 120*60; de 6,12 % para la rinconera 120*10*10 y 11,65 % para el paral de 3 metros.

El precio de venta fue fijado anteriormente para obtener un margen de utilidad bruta del 40%, pero dicho precio no fue actualizado en el transcurso de los años y los costos de fabricación aumentaron considerablemente por el aumento del precio de las materias primas y de la mano de obra, lo anterior condujo a una reducción significativa del margen de utilidad bruta. Para calcular la variación del margen de utilidad bruta entre el anterior y el nuevo sistema de costos, se utilizó la siguiente fórmula:

Una variación se calcula contrastando (Valor final – Valor inicial) / Valor inicial

Ósea que la fórmula para calcular el porcentaje variación con respecto a la utilidad bruta es:

$$\frac{\text{Utilidad Bruta nuevo sistema} - \text{Utilidad Bruta sistema anterior}}{\text{Utilidad bruta del sistema anterior}} \times 100 \quad (48)$$

Tabla 47

Porcentaje de variación de utilidad bruta unitaria del sistema anterior vs utilidad bruta unitaria por Costeo ABC

Producto	Utilidad bruta unitaria del sistema anterior	Utilidad bruta unitaria por costeo ABC	Variación
Formaleta 1,2 x 0,6 m	\$ 80.593	\$ 11.114	-86,2097 %
Rinconera 1,2 x 0,1 x 0,1 m	\$ 28.600	\$ 4.374	-84,7062 %
Paral 3 m	\$ 37.813	\$ 11.010	-70,8830 %

Se calcula en la tabla 46 el porcentaje de variación de la utilidad unitaria bruta para los productos. La Formaleta 120*60 presenta una reducción -86,2097 %, la Rinconera 120*10*10 se reduce en un 84,7062 % y el Paral 3m 70,8830 %.

10.2.2 Proceso de mantenimiento

Dado que la empresa Formadcol no conocía los costos de mantenimiento para el servicio de alquiler, no se tienen datos suficientes para realizar una comparación con el sistema de costeo anterior. Por lo tanto, para la evaluación del nuevo sistema de costos se seleccionaron los 5 productos más importantes del área de mantenimiento: formaleta de 120x60, rinconera 120x10x10, paral de 3 metros, tensor y corbata y se calcula el margen de utilidad bruta del proceso de mantenimiento por costeo ABC (ver tabla 47)

Tabla 48

Utilidad del proceso de mantenimiento

Costo unitario mantenimiento	Formaleta 120*60	Rinconera 120*10*10	Paral 3m	Tensor	Corbata
Costo mantenimiento unitario	\$ 14.432,65	\$ 6.154,74	\$ 4.135,07	\$ 2.148,60	\$ 951,10
Unidades	74.874	27.747	8.879	84.352	12.684
Costo por mantenimientos	\$ 1.080.629.869	\$ 170.775.618	\$ 36.715.306	\$ 181.239.036	\$ 12.063.802
Ingresos por alquiler	\$ 3.241.217.062	\$ 400.385.637	\$ 129.168.805	\$ 492.250.965	\$ 37.604.746
Utilidad bruta	\$ 2.160.587.193	\$ 229.610.019	\$ 92.453.499	\$ 311.011.929	\$ 25.540.944
Margen utilidad bruta	66,66%	57,35%	71,58%	63,18%	67,92%

Según los datos resultantes al implementar el sistema de costos ABC se puede identificar que los productos seleccionados para la evaluación tienen un alto margen de utilidad bruta. Además, en la tabla 47 se muestra la utilidad operativa anual para los productos seleccionados valor que era desconocido para la administración de la empresa.

De acuerdo con lo anterior la implementación del sistema basado en costos ABC en Paneles estructurales SAS genera una ventaja competitiva y un mayor control sobre los costos directos e indirectos de la producción.

10.3 Análisis de información

10.3.1 Proceso de fabricación

Observar cada uno de los elementos de costeo en cada producto permite analizar posibles mejoras con el fin de darle tratamiento a los puntos críticos que afectan en mayor medida su fabricación.

La disminución del margen de rentabilidad operativo se atribuye a la desactualización del costo de los recursos utilizados en los productos y procesos. Las mejoras que la empresa realice para disminuir los costos se deben enfocar principalmente en la compra de materia prima directa.

Puesto que dicha materia prima representa en mayor medida el costo total del producto, una variación alta del precio de la materia prima puede afectar o beneficiar significativamente el costo del producto. En las siguientes tablas 48, 49 y 50, se muestra la composición del paral, formaleta y rinconera respectivamente según los elementos del costo.

Tabla 49

Detalle de elementos del costo del paral 3 metros

Costos directos	Costo	Composición
<i>Materia prima directa</i>	\$ 74.556,73	81,51%
<i>Mano de obra directa</i>	\$ 5.097,49	9,70%
Costos indirectos		
<i>CIF</i>	\$ 3.869,09	8,79%
Total	\$ 83.523,31	100,00%

Tabla 50

Detalle de elementos del costo de formaleta 120 x 60

Costos directos	Costo de material	Composición
<i>Materia prima directa</i>	\$ 155.174,64	81,51%
<i>Mano de obra directa</i>	\$ 18.468,43	9,70%
Costos indirectos		
<i>CIF</i>	\$ 16.725,30	8,79%
Total	\$ 190.368,37	100,00%

Tabla 51*Detalle de elementos del costo de rinconera 120x10x10*

Costos directos	Costo de material	Composición
<i>Materia prima directa</i>	\$ 50.324,83	81,51%
<i>Mano de obra directa</i>	\$ 8.892,64	9,70%
Costos indirectos		
<i>CIF</i>	\$ 7.908,38	8,79%
Total	\$ 67.125,85	100,00%

A continuación, se analiza el valor promedio mensual de los elementos del CIF globales. El costo más alto es el de mano de obra indirecta, el cuál poseen un rubro de 37.369.968,35 incurrido por supervisores, directores y auxiliares de planta. El Segundo costo más alto es el de transporte interno, producido por las grúas de carga para el transporte de materias primas, los productos en proceso y los productos terminados. En la tabla 51 se muestran los valores mensuales que componen los costos indirectos de fabricación.

Tabla 52*Detalle de los elementos presupuestados del CIF*

Mano de obra indirecta	Mantenimiento de maquinas	Inventarios	Transporte	Sandblasting	Total, presupuesto
\$ 37.369.968,35	\$ 1.828.291,67	\$ 9.219.145,62	\$ 19.485.941,51	\$ 14.987.530,64	\$ 96.579.493,56

-Los precios de venta basados en el sistema de costos antiguo fueron fijados para obtener un 40% de margen de utilidad bruta el cual no ha sido actualizado ni modificado según el aumento de los costos de fabricación y mantenimiento. La gerencia decide aplicar un margen de utilidad bruta del 15% apoyado en la herramienta entregada, con el fin de no elevar tanto el precio de venta de los productos. En la tabla 52 se presentan los precios de venta.

La ecuación utilizada para calcular el precio de venta es:

$$\text{Precio venta} = \frac{\text{Costo unitario}}{1 - \text{margen bruto}} \quad (49)$$

Tabla 53*Precio de venta propuesto*

15% margen bruto	Paral 3 m	Formaleta 120*60 cm	Rinconera120*10*10 cm
Costo	\$ 83.523	\$ 190.368	\$ 67.126
Precio venta	\$ 98.262	\$ 223.962	\$ 78.972

Se realiza un análisis de variación del precio anterior de la formaleta, rinconera y paral con el nuevo precio calculado en base al sistema de costeo ABC (ver tabla 53).

El porcentaje de variación se calcula con la ecuación:

$$\frac{\text{Precio de venta nuevo} - \text{Precio de venta anterior}}{\text{Precio de venta anterior}} \times 100 \quad (50)$$

Tabla 54*Variación de precios de venta*

	Formaleta 120*60	Rinconera 120*10*10	Paral 3m
Precio de venta antiguo	\$ 201.482	\$ 71.500	\$ 94.533
Precio de venta nuevo	\$ 223.962	\$ 78.972	\$ 98.262
Variación del precio de venta	10,04%	9,46%	3,80%

Del precio de venta antiguo y el nuevo precio de venta, se observa que la variación de los precios de los productos es 10,04 % para la formaleta y 9,46 % para la rinconera. El Paral presenta una variación relativamente menor con un 3,8 %. Conociendo esto, se concluye que el incremento del precio de venta no es drástico, lo cual permite ser competitivo en el mercado.

10.3.2 Proceso de mantenimiento

Para el análisis del proceso de alquiler, se tiene en cuenta la recuperación del costo de mantenimiento para los productos seleccionados, la gerencia desea mantener los precios del alquiler actual. Dependiendo de la cantidad de días a alquilar, se plantean nuevas restricciones para hacer que el negocio de alquiler sea rentable, todo esto teniendo en cuenta un margen de utilidad bruta del 15%.

En la tabla 54 se fijan los días mínimos que se deben alquilar los productos seleccionados para recuperar el costo por mantenimiento, manteniendo los precios de alquiler sugeridos por la empresa.

Tabla 55

Días mínimos de Stand by al precio de alquiler actual

	Costo Mant. Ud.	Margen bruto 15%	Precio Alquiler día	Stand by sin aumento de costos
Formaleta 120*60	\$ 14.432,65	\$ 16.979,58	\$ 347,00	48,93
Rinconera 120*10*10	\$ 6.154,74	\$ 7.240,87	\$ 230,00	31,48
Paral 3m	\$ 4.135,07	\$ 4.864,79	\$ 100,00	48,65
Tensor	\$ 2.148,60	\$ 2.527,77	\$ 88,00	28,72
Corbata	\$ 951,10	\$ 1.118,95	\$ 28,00	39,96

Estos días mínimos de alquiler, serán de vital importancia al realizar el alquiler de los productos, siendo estos los días mínimos en los cuales se recupera el costo de mantenimiento para cada producto manteniendo el precio de alquiler diario sugerido por la empresa.

A pesar del alto margen de utilidad bruta en el alquiler de los productos estándar se puede inferir que todos los alquileres con menores días a los establecidos en la tabla 54 produjeron pérdidas, sin embargo, no es posible calcular estos datos puesto que se carece de información suficiente debido al modelo de software que trabaja la empresa. Cabe resaltar, que estas pérdidas están siendo suplidas por las ganancias de los demás productos y contratos de alquiler de largo plazo que posee la empresa.

Para dar manejo a lo anterior, la gerencia sugiere modificar los precios para los alquileres de ventanilla, los cuales requieren material por pocos días. La organización plantea unos días mínimos de alquiler para los productos (standby), con este valor se recalcula el nuevo precio de alquiler para los productos cuando sean para pocos días con el fin de recuperar el costo de mantenimiento del producto.

Tabla 56*Precio para alquiler de Standby*

	Standby actual	Costo mantenimiento unitario	Margen bruto 15%	Costo alquiler día
Formaleta 120*60	6 días	\$ 13.823,55	\$ 16.263,00	\$ 2.829,9
Rinconera 120*10*10	6 días	\$ 6.149,04	\$ 7.234,16	\$1.206,8
Paral 3m	10 días	\$ 4.647,88	\$ 5.468,09	\$ 486,5
Tensor	6 días	\$ 1.864,03	\$ 2.192,98	\$ 421,3
Corbata	6 días	\$ 946,33	\$ 1.113,33	\$ 186,5

Manteniendo los días mínimos de Standby para cada producto en particular, el costo de alquiler diario se presenta en la Tabla 55. Esto con el fin de recuperar el costo de mantenimiento.

11 Conclusiones

Entre las Principales fallas del sistema de costos para proceso de fabricación se encontraban en el cálculo y tratamiento de los costos indirectos de fabricación en el cuál añadían un porcentaje del (5%) del producto como costo indirecto de fabricación, dicho porcentaje era un número no calculado inferido por uno de los ingenieros, entendiendo que solo enfocaron en medir el consumo de materia prima directa y mano de obra directa. Con el sistema de costeo por ABC se logra incorporar a los productos los elementos del CIF como mano de obra indirecta, mantenimientos, transporte interno, Sandblasting lo cual significaba un gasto aproximado de 96 millones de pesos que fueron incorporados a los procesos de fabricación y mantenimiento. Con esto se logra calcular el costo de fabricación unitario de cada producto seleccionado con el fin de actualizar el precio de venta, en donde se encontraron otros errores, estos debido a la desactualización de los precios de la materia prima, los cuales en los últimos años han ido aumentando, evidenciando que de un 40% de margen bruto que se planteó obtener en los años anteriores este se habría reducido entre 70% y 86% para cada uno de los productos, como en el caso de la formaleta de 120*60 en donde se evidenció un margen bruto de apenas del 5,52 %.

El proceso de mantenimiento era aún más crítico, los precios de venta se habían fijado sin tener en cuenta lo que costaba el proceso de mantenimiento para cada producto, puesto que no existía ningún documento calificado en donde la empresa hubiese realizado algún tipo de costeo de los procesos de mantenimiento, entendiendo que los precios de alquiler de los productos fueron fijados según los precios de la competencia. Con el sistema de costeo por ABC se logra calcular el costo de mantenimiento de cada producto seleccionado para luego establecer los días mínimos de alquiler en los cuales se recuperan lo invertido en el mantenimiento, manteniendo a petición de la empresa los precios de alquiler por día. Aunque los márgenes de utilidad bruta de dichos productos alquilados en el año anterior fueran mayores al 57% , se observa que algunos contratos de alquiler dejaron utilidades negativas, por ejemplo, para recuperar la inversión en mantenimiento de una formaleta, se debe alquilar mínimo por 49 días a un precio de 347 pesos el día, sin embargo se encontraron contratos de alquiler menores a los 49 días, incluso para los alquileres de ventanilla (clientes que alquilaban unos cuantos productos por un stand by establecido de 6 días aproximadamente) se puede inferir que no dieron ninguna utilidad y que los contratos de alquiler de grandes volúmenes a gran cantidad de días han estado cubriendo las pérdidas de dichos contratos de corta duración.

El diseño del sistema de costos ABC logra asignar un costo más preciso a los productos seleccionados, facilitando la identificación de consumo, utilidad y margen bruto de cada producto; esto permite a la empresa desarrollar estrategias comerciales y mejora la toma de decisiones gerenciales.

Identificar los problemas es un factor crucial para tener una visión clara de lo que necesita la empresa y de cuáles son las posibles soluciones que se pueden proponer para obtener resultados justos, coherentes y útiles. Es por esto que se diseña la herramienta ofimática, abarcando los requisitos de: Fijar los costos indirectos de fabricación con una base teórica y confiable en el proceso productivo; modificar la herramienta de acuerdo a los cambios que se generen a futuro, como el cambio de costo de la materia prima, cambios en el personal y todo de manera sencilla y rápida; sistema que apoye la actualización de precios de venta y las estrategias comerciales de los vendedores; absorber los desperdicios producidos por la empresa. La identificación de estos requisitos permite diseñar una herramienta que solucione y favorezca el proceso de toma de decisiones.

EL estudio de tiempos permite estandarizar los tiempos dentro de la cadena productiva en cada una de sus etapas. A partir de ella se observan puntos críticos y posibilidades de mejora con el fin de aumentar el rendimiento y desempeño de los operarios, pues entre actividades similares se encontraban variaciones atípicas en la toma de tiempos.

En el proceso de costeo del sistema anterior para producción, no se tenían en cuenta costos como los de mantenimiento y otras actividades de soporte, debido a que su asignación era compleja, lo cual influía de manera negativa a la fijación de los precios de venta y la rentabilidad del negocio.

Determinar las etapas del proceso productivo, facilitó el diseño del sistema de costos, identificando también ciclos productivos de los procesos, con el fin de a futuro, aplicar indicadores de producción.

Identificar los centros de costos y aplicar inductores a cada actividad, permitió establecer un presupuesto de planeación más exacto y actualizado, permitiendo conocer los costos de los productos más influyentes para el proceso de venta y alquiler y desarrollar estrategias de venta más competitivas sin afectar la rentabilidad del negocio lo cual se verá reflejado en el crecimiento financiero de la empresa.

La herramienta ofimática entregada a Paneles estructurales SAS, permite realizar actualización de datos para los productos y procesos de manera sencilla y ágil, realizar seguimiento a las actividades productivas en medida que se vaya mejorando el ritmo de las actividades.

Con la implementación del sistema se logra la estandarización de los procesos productivos y sus actividades, así como su documentación; disminuir reprocesos, absorber los desperdicios de material e incluir costos que anteriormente no se tenían en cuenta como los de mantenimiento.

Finalmente, se comprueba el cumplimiento de los objetivos y requisitos propuestos para la herramienta a entregar, se realiza una comparación del estado de costeo anterior con el nuevo con los productos escogidos. Se deja claro que el objetivo del proyecto no es resaltar la carencia de bases teóricas, sino buscar la forma más adecuada de mejorarlos.

12 Recomendaciones

Se plantean las siguientes recomendaciones para el mejoramiento continuo de la empresa. La actual distribución de planta de la empresa supone un aumento de los tiempos de desplazamiento de producto en proceso. Se recomienda a la empresa Paneles estructurales SAS, el desarrollo de un estudio de distribución de planta de producción y mantenimiento con el objetivo de minimizar los tiempos de desplazamiento, lo que con lleva a la disminución de consumo de recursos y al aumento de la producción.

Se recomienda a la empresa diseñar un programa de seguimiento y actualización de la materia prima de los productos en la herramienta ofimática, con el fin de actualizar los costos de producción, puesto que los insumos y materia prima han variado considerablemente en su costo.

Se recomienda realizar una valoración del ritmo de trabajo de los operarios en las actividades, guiado por el estudio de tiempos realizado o por un nuevo estudio de tiempos si así se requiere, con el fin de estandarizar los tiempos de ejecución, generar indicadores de producción, y generar estrategias o incentivos por eficiencia con el fin de cumplir los objetivos. Todo esto influirá positivamente en los trabajadores, en la productividad y en la rentabilidad de la organización

Implementar un sistema trazabilidad de la materia prima con el fin de evaluar la calidad de los productos y los proveedores de la materia prima. Con el fin de disminuir los reprocesos, defectos en los productos, con esto aumentando su vida útil.

Aunque en el proyecto presente se realizó estudio de tiempos, no significa que los tiempos han sido estandarizados. Se estima que los tiempos de producción pueden reducirse puesto que cada operario realiza las mismas actividades, pero de manera diferente unas siendo más ineficientes que otras, para esto se debe hacer una aplicación de un estudio de métodos de tiempos y movimientos, el cuál optimiza y estandariza los movimientos mínimos requeridos por cada actividad, después de esto, se debe actualizar los nuevos tiempos estándar en la herramienta entregada. Este estudio reduciría la inversión de recursos necesarios y de reprocesos lo que conlleva aumentar la producción.

Referencias bibliográficas

- Araujo Ruano, L. M. (2020). Diseño de un sistema de costos para la empresa industrias plásticas Jaerplast. Bucaramanga.
- Correa Atehortua, L. M. Yérmanos Fontal, E. (2011). Contabilidad administrativa un enfoque gerencial de costos. Santiago de Cali: Icesi.
- Goldratt, E. (2010). La meta (3 ed.). México D. F: Ediciones Granica.
- Horngren, C. T. Datar, S. M. Rajan, M. V. (2012). Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial. (14 ed.). México D. F: Pearson.
- Joya Rodríguez, J. S. (2016). Diseño de un sistema de costos para la empresa industrial de accesorios Ltda. Bucaramanga.
- Lazo Palacios, M. (2013). Contabilidad de costos I. (1 ed.). Lima: Imprenta Unión.
- Manríquez, M. R. (2014). Método de diagnóstico para determinar el sistema de costes de una Pyme. Un caso de estudio. RIGC – Vol. XII, 24.
- Martínez Rodríguez, M. G. (2016). Diseño de un sistema de costos ABC para la empresa Rapifritos MAC. Bucaramanga.
- Pabón, H. (2010). Fundamentos de costos. Bucaramanga: Editorial Alfaomega.
- Ramírez Padilla, D. N. (2008). Contabilidad administrativa. (8 ed.). México D. F: McGraw Hill Co.
- Vallejos, H. M. Chliquinga, M. P. (2017). Costos: modalidad de órdenes de producción. Ibarra: Publicaciones Facae.
- Westarco. (2015). *Manual de soldadura*.
<https://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentation/upload/manual-de-soldadura-2015v2.pdf>